

**Релейная защита  
и автоматика  
в электрических сетях**

Москва 2012

ББК 31.232.3

УДК 621.311.1+621.316.1.3.6.62.65.66(031)

Под общей редакцией Дрозда В.В.

Релейная защита и автоматика в электрических сетях. / – М.:  
«Издательство «Альвис», 2012. – 632 с.

ISBN 978–5–904098–21–6

Эта книга содержит информацию по релейной защите и автоматике в электрических сетях.

Первые 10 глав разработаны автором Гавриловым К.Л. имеющем большой практический опыт работы в этой области.

В данной книге также размещены руководящие документы необходимые при выполнении работ по монтажу, ремонту и обслуживанию релейной защиты и автоматики в электрических сетях..

Книга предназначена для работников предприятий энергосистем, обслуживающих электросети 0,4–35 кВ и 110–1150 кВ, энергетиков промышленных предприятий и предприятий коммунальной энергетики, энергетиков сельскохозяйственного производства, студентов университетов и колледжей электротехнических специальностей, учащихся производственно-технических училищ электротехнического профиля, а также для энергетиков других предприятий, связанных с потреблением и распределением электроэнергии.

## РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Под общей редакцией Дрозда В.В.

Редактор Гаврилов К.Л.

Компьютерная верстка Тарасова Л.А.

Подписано в печать 28.05.2012 г.

Формат 60/84 1/16. Бумага офсетная. Офсетная печать.

Печ. листов 40

Заказ № 75/12 от 22.05.12г.

Тираж 1000 экз.

«Издательство «Альвис»

117638, г. Москва, ул. Криворожская, д. 11, оф. 69

Факс: (495) 694-3535

E-mail: admin@alvissbook.ru

Интернет-магазин: www.alvissbook.ru

© «Издательство «Альвис», 2012



## **Глава 1. Назначение автоматики и релейной защиты в электрических сетях**

### ***1.1. Общие сведения об установках, передающих, распределяющих и потребляющих электроэнергию***

Совокупность электроустановок, которые предназначены для обеспечения потребителей электрической энергией, называется системой электроснабжения. Потребителями электрической энергии обычно являются электроприемник (агрегат, аппарат, или механизм, который предназначен для преобразования электрической энергии в другой вид энергии), либо группа электроприемников.

Энергетическая система это совокупность электрических станций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и тепла, причем под общим управлением этой системы.

Следует отметить, что обычно компании по производству электроэнергии передают ее межрегиональным сетевым компаниям, осуществляющим ее продажу компаниям по сбыту электроэнергии для продажи ее потребителям.

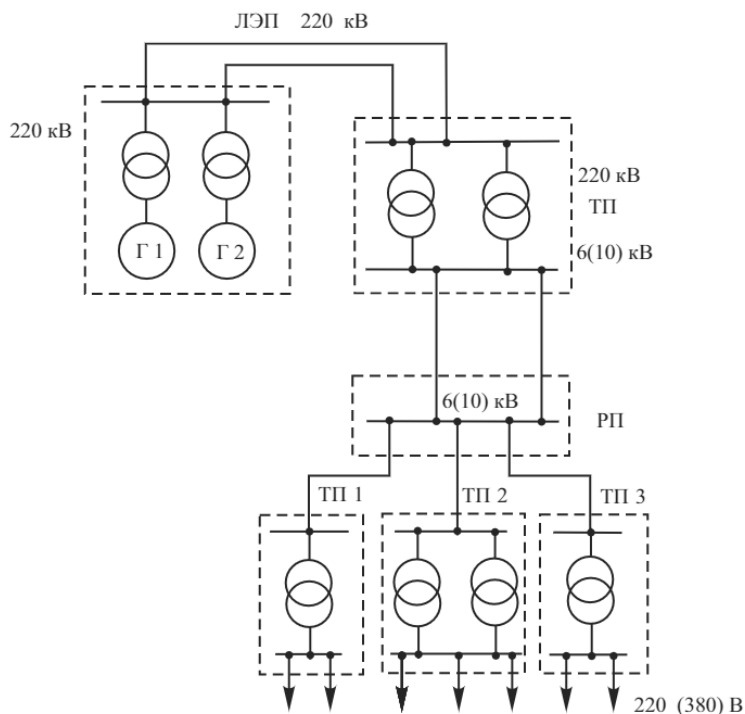
Вырабатываемая электростанциями электрическая энергия поступает к потребителям через систему взаимосвязанных передающих, распределяющих и преобразующих электроустановок.

Электрическая энергия, которая вырабатывается электростанциями, передается по воздушным и кабельным линиям электропередач к центрам потребления где трансформируется на подстанциях в потребительское напряжение, а затем она распределяется через распределительные пункты (устройства) среди потребителей и потребляется их электроприемниками (нагрузкой).

Передача электроэнергии происходит по воздушным сетям (линиям электропередачи) с напряжением 35, 110, 150, 220 кВ и до 1150 кВ по шкале номинальных напряжений, которая утверждена ГОСТом. Пример принципиальной схемы передачи и распределения электроэнергии в электрических сетях показан на рис. 1.1.

Электрическая энергия, которая вырабатывается генераторами электростанции, обычно имеющими номинальное напряжение 10–15 кВ,

далее поступает в трансформаторы, где ее напряжение повышается обычно до 220 кВ. После этого электрическая энергия поступает на сборные шины открытой подстанции этой электростанции.



**Рис. 1.1.** Принципиальная схема передачи и распределения  
электроэнергии в электрических сетях  
ТП — трансформаторные подстанции; Г1, Г2 — генераторы;  
РП — распределительный пункт

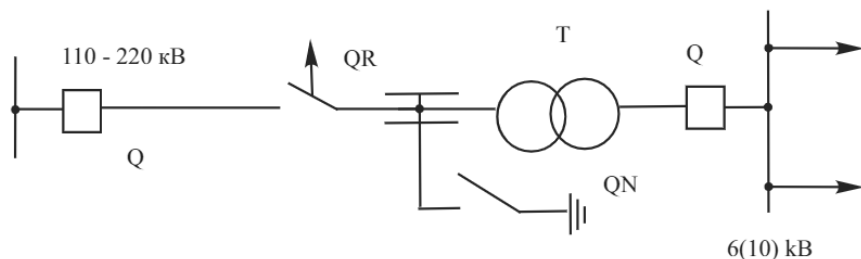
Необходимо отметить, что с целью снижения потерь электроэнергии, она передается при повышенном напряжении, так как потери обратно пропорциональны квадрату напряжения.

В случае, если электроэнергия передается на большие расстояния, то обычно дополнительно используются шунтирующие реакторы. Это индуктивности, которые компенсируют емкостное сопротивление ЛЭП, причем они подключаются к концам ЛЭП сверхвысокого напряжения.

Обычно используются идуктивности с отбором мощности, имеющие вторичные обмотки либо ответвления от основной обмотки, применяемые для подключения нагрузки.

При помощи ЛЭП, обычно напряжением 220 кВ, электрическая энергия поступает далее на шины 220 кВ понижающей подстанции, которая может быть связана с помощью ЛЭП также и с другими электростанциями. На понижающей подстанции (ТП) с помощью трансформаторов напряжение электрической энергии обычно понижается с 220 кВ до 6 или 10 кВ, причем с этим напряжением электрическая энергия поступает далее к распределительным пунктам.

Возможен при этом вариант осуществления электроснабжения по схеме глубокого ввода. Пример однолинейной схемы глубокого ввода показан на рис. 1.2. Необходимо отметить, что при этом со стороны высшего напряжения трансформатора Т обычно имеется отделитель QR с короткозамыкателем QN, выключатели Q, предохранитель или открытая плавкая вставка.



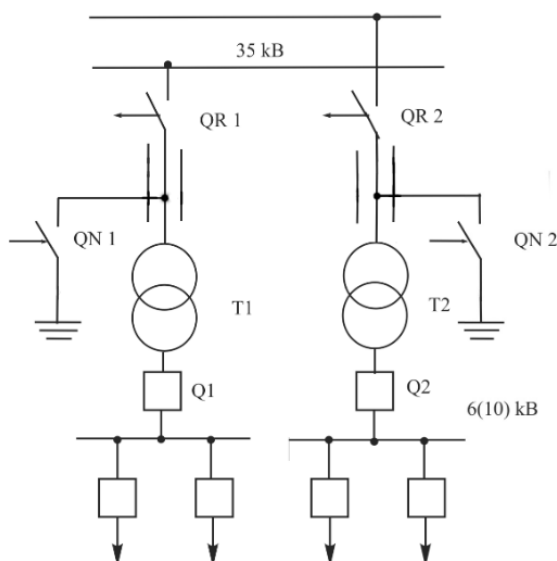
**Рис. 1.2.** Однолинейная схема глубокого ввода.

Q — выключатель; QR — отделитель; QN — короткозамыкатель; Т — трансформатор

От распределительного пункта электрическая энергия поступает к подстанциям (ТП1, ТП2, ТП3) с силовыми трансформаторами, которые понижают напряжение обычно до 380 или 220 В, а далее эта электроэнергия поступает к потребителям.

Потребители электрической энергии в промышленности, сельском хозяйстве, в системе электроснабжения городов обычно рассчитаны на работу при напряжениях до 1 кВ. Вблизи них размещаются трансформаторные подстанции, которые связаны линиями с напряжением 6 или 10 кВ с понижающими подстанциями или с распределительными пунктами. Пример однолинейной схемы понижающей подстанции представлен на рис. 1.3.

Электроустановки — сочетания электрооборудования в пределах данного пространства. Они различаются по назначению (генерирующие, преобразовательно-распределительные, потребительские), по роду тока (постоянный и переменный), по номинальному напряжению для электросетей переменного тока частотой 50 Гц (междуфазное напряжение: 12; 24; 36; 42; 127; 220; 380 В, а также 3; 6; 10; 20; 35; 110; 150; 220; 330; 500; 750; 1150 кВ), по номинальному напряжению электросетей постоянного тока (напряжение между землей и проводом с потенциалом: 12; 24; 36; 48; 60; 110; 220; 440; 660; 825; 3000 В и выше).



**Рис. 1.3.** Однолинейная схема понижающей подстанции  
*Q1, Q2* — выключатели; *QR1, QR2* — отделители; *QN1, QN2* — короткозамыкатели; *ТП1, ТП2* — трансформаторы

### Основные элементы электроустановок

Система сборных шин — устройство, которое представляет собой систему проводников, состоящую из шин, установленных на опорах из изолирующего материала, проходящую в коробах или каналах. Она имеет секции, которые являются частью системы сборных шин и отделены друг от друга с помощью коммутационных аппаратов.

Ячейка — часть подстанции или распределительного пункта (устройства), которая содержит всю или часть коммутационной или другой аппаратуры, причем одного присоединения.

Камера — помещение, которое предназначено для установки аппаратов, трансформаторов, шин. Это может быть коммутационная и защитная аппаратура: выключатели; трансформаторы тока; трансформаторы напряжения; разъединители; приборы защиты и другие приборы.

Центр питания — подключенные к распределительным сетям распределительные устройства, которые распределяют электрическую энергию, вырабатываемую генераторами электростанции, либо распределительные устройства, которые распределяют вторичное напряжение в понижающих подстанциях с помощью регулятора напряжения. От центров питания в распределительную сеть электрическая энергия поступает на шины ТП, либо через шины распределительных пунктов.

Распределительный пункт — подстанция промышленного предприятия или городской электрической сети, которая предназначена для приема и распределения электрической энергии без ее преобразования (с одним напряжением).

Распределительная линия — линия, которая обеспечивает электропитание подстанций от центра питания или распределительного пункта, или выводы к электроустановкам потребителей.

Подстанция — электрическая установка, предназначенная для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов либо других преобразователей электрической энергии, распределительных устройств напряжением до 1000 В и выше, аппаратов управления, аккумуляторных батарей, и вспомогательных сооружений. Снабжение электроэнергией потребителей (промышленных, городских, сельских) обеспечивается от трансформаторных подстанций. В трансформаторной подстанции основным элементом является трансформатор, который может быть как повышающим, так и понижающим, и который преобразует электроэнергию одного напряжения в электрическую энергию другого напряжения.

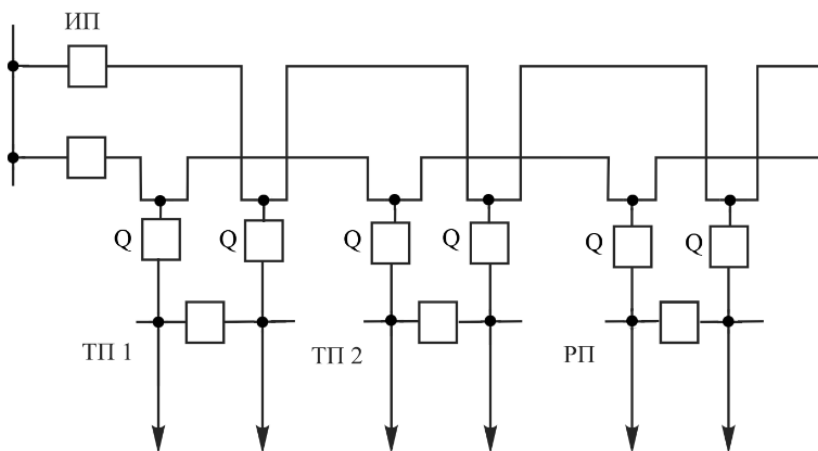
В подстанции обычно имеются несколько распределительных устройств разных ступеней напряжения, которые соединены между собой трансформаторной связью.

Подстанции могут быть: встроенными, которые занимают часть здания; пристроенными, которые примыкают к основному зданию промышленного предприятия или электростанции; внутрицеховыми, которые расположены внутри цеха открыто с ограждением, либо в отдельном помещении. Существуют комплектные трансформаторные подстанции, в которых вся высоковольтная и низковольтная аппаратура монтируется

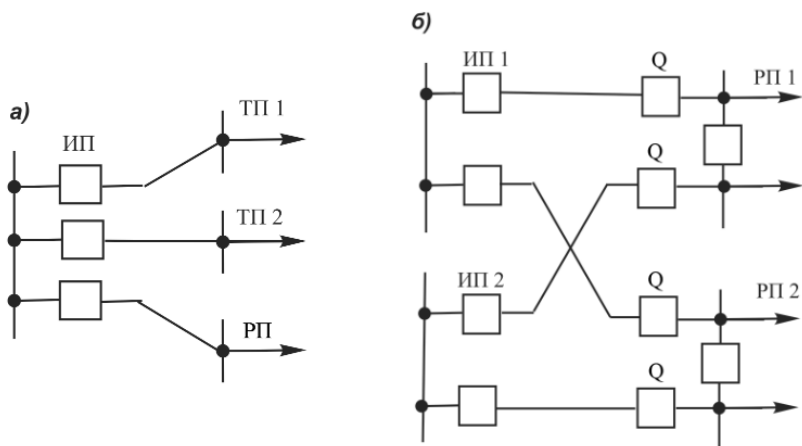
производителем, а КТП поступает на объект в готовом виде. Обычно КТП состоит из блока ввода высокого напряжения, силового трансформатора, распределительного устройства 0,4 кВ, защитной коммутационной аппаратуры, приборов измерения, устройств сигнализации, устройств учета, электроэнергии. Они могут быть тупикового типа (для электроснабжения, например, сельскохозяйственных потребителей или населенных пунктов), проходного типа, (включаемых в рассечку высоковольтных линий). Существуют мачтовые трансформаторные подстанции в которых обычно имеются: разъединитель; предохранители; разрядники; однофазный трансформатор мощностью 10 кВа; распределительный щит 0,4 кВ, причем все электрооборудование которой обычно установлено на высоте и имеет площадку для обслуживания на высоте (не менее 3,5м).

Тяговая подстанция — является приемным пунктом в схемах электроснабжения электротранспорта (электровозы, электропоезда, троллейбус, трамвай) и производит преобразование и распределение электрической энергии между участками контактной сети. Для целей электрификации железных дорог обычно применяется система однофазного переменного тока промышленной частоты с напряжением в контактной (распределительной) сети 25 кВ. Электровозы и электропоезда имеют выпрямительные установки и тяговые электродвигатели постоянного тока. Для целей электрификации остального электротранспорта обычно применяется система постоянного тока с напряжением контактной сети 0,75 — 3 кВ. При этом обычно для преобразования переменного тока в постоянный ток на тяговых подстанциях применяются выпрямительные установки, которые состоят из трансформатора и полупроводникового преобразователя.

Распределительные сети — совокупность подключенных к источникам питания центров питания, распределительных пунктов, распределительных линий. Распределительные сети по структуре построения существуют магистральные, радиальные и смешанные, причем они могут быть как с односторонним, так и с двухсторонним питанием (возможностью питания от двух независимых источников питания). Пример однолинейной магистральной схемы распределительных сетей представлен на рис. 1.4. При наличии такой магистральной схемы в случае повреждения одной из магистралей отключается половина электроустановок потребителей, но на время, которое необходимо для переключения их на другую магистраль. Пример однолинейных радиальных схем распределительных сетей представлен на рис. 1.5. При наличии радиальной схемы от шин источников питания отходят отдельные линии к каждой трансформаторной подстанции или распределительному пункту.



**Рис. 1.4.** Пример однолинейной магистральной схемы распределительных сетей  
 ИП — источник питания; ТП1, ТП2 — трансформаторные подстанции;  
 РП — распределительный пункт; Q — коммутационный аппарат



**Рис. 1.5.** Пример однолинейных радиальных схем распределительных сетей  
 ИП1, ИП2 — источники питания; ТП1, ТП2 — трансформаторные подстанции;  
 РП1, РП2 — распределительные пункты; Q — коммутационный аппарат

Электроприемники (потребители электрической энергии) подразделяются на следующие категории:

1. Электроприемники первой категории. Эти электроприемники должны обеспечиваться электрической энергией от двух независимых источников питания. Для электроприемников первой категории не допускается перерыва в их электроснабжении, так как это может повлечь за собой опасность для жизни людей, повреждение оборудования также может вызвать нанесение значительного материального ущерба. В случае отключения одного из двух независимых источников питания перерыв в электроснабжении допускается лишь на время, необходимое для автоматического подключения электроприемников к другому независимому источнику питания. Необходимо отметить, что к первой категории относятся также и особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых требуется для предотвращения пожаров и взрывов.

2. Электроприемники второй категории. Эти электроприемники должны обеспечиваться электрической энергией от двух независимых источников питания. Для электроприемников второй категории допускается перерыв в их электроснабжении, но только на время, которое необходимо для включения резервного питания дежурным персоналом либо выездной бригадой. Это связано с тем, что перерыв в электроснабжении электроприемников второй категории может привести к простоям транспорта, массовому недоотпуску продукции, нарушению нормальной деятельности большого количества городских и сельских жителей.

3. Электроприемники третьей категории. Эти электроприемники должны обеспечиваться электрической энергией от одного источника питания при условии, что перерывы в их электроснабжении, например, в случае аварии не превышают одних суток. Необходимо отметить, что к третьей категории относятся электроприемники, которые не входят в вышеуказанные электроприемники первой и второй категории.

### ***1.2. Общие сведения об электрических сетях переменного тока***

В большинстве электрических сетей применяется переменный ток в связи с его существенными преимуществами перед постоянным током. Основные преимущества это отсутствие необходимости его выпрямления, так как генераторы вырабатывают переменный ток, а также легкость преобразования напряжения в другую величину с помощью трансформаторов. В электрических сетях переменного тока возможно использовать



для передачи электрической энергии высокие напряжения, благодаря которым уменьшаются потери энергии, а у потребителей можно использовать низкое напряжение при котором электрооборудование становится проще и дешевле.

На рис. 1.6 приведена кривая изменения переменного тока во времени. Ток сначала растет от нуля (при  $=0^\circ$ ) до максимального положительного значения  $+I_{\max}$  (при  $=90^\circ$ ), а затем убывает и переходит через нуль (при  $=180^\circ$ ), и достигает максимального отрицательного значения  $-I_{\max}$  (при  $=270^\circ$ ) и возвращается к нулю (при  $=360^\circ$ ). После этого цикл изменения тока повторяется снова. Время  $T$  в течении которого происходит полный цикл изменения тока, соответствующий изменению угла на  $360^\circ$ , называется периодом переменного тока. Число периодов за одну секунду  $\nu$  называется частотой переменного тока. В промышленных установках и в быту обычно используется переменный ток частотой 50 Гц. Этот ток 50 раз в секунду принимает положительное и отрицательное направление. Кривая изменения переменного тока во времени называется синусоидой. При наличии трехфазной сети каждая фаза имеет определенное смещение по отношению к другой фазе.

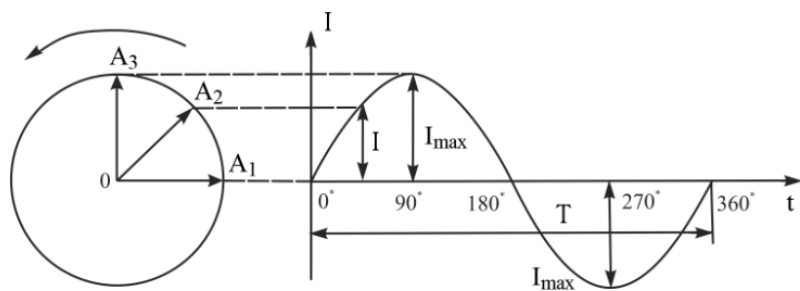


Рис. 1.6. Кривая изменения переменного тока во времени

Электрические сети переменного тока могут быть однофазные и трехфазные. *Однофазные* электрические сети состоят из двух проводов (прямого и обратного провода). *Трехфазная* электрическая сеть состоит из трех проводов и таким образом обратный провод отсутствует. Причина в том, что в трехфазной симметричной электрической сети сумма токов трех фаз равна нулю, а поэтому нет необходимости в обратном проводе. Так происходит если нагрузка симметричная. Но если трехфазная электрическая сеть используется для питания однофазных электроприемников, то нагрузка по фазам может быть неодинакова и появляется необходимость в обратном проводе.

Это четырехпроводная электрическая сеть переменного тока, например, электрическая сеть 0,4 кВ бытового назначения. Величина напряжения измеряется между фазами (линейное напряжение).

Электрические сети разделяются на сети с *изолированной нейтралью* и на сети с *заземленной нейтралью*. Трехфазные электрические сети имеют четвертую точку, которая может существовать физически или условно. Эта точка называется нейтралью. Трехфазное электрооборудование, например, электродвигатели может иметь обмотки, которые соединяются между собой в звезду, причем концы этих обмоток соединяются в одну точку (нейтраль). Если обмотки электрооборудования соединяются в треугольник, тогда каждая обмотка подключается к двум фазам, и такая точка (нейтраль) физически отсутствует, однако она существует, причем это земля, относительно которой и измеряются фазные напряжения. Напряжение между двумя фазами называется *линейным*, а напряжение между фазой и землей называется *фазным*.

Защитное заземление — применяется для защиты людей от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции электрооборудования. Для этого металлические нетокопроводящие части электрооборудования заземляются. Защитное заземление применяется во всех электрических сетях с изолированной нейтралью, а также в электрических сетях с напряжением свыше 1000 В с заземленной нейтралью. В системах электроснабжения существуют сети с наглухо заземленными нейтралями (сети с напряжением 110 кВ и выше, а также четырехпроводные сети с напряжением до 1 кВ), и сети с изолированными или заземленными через дугогасящие реакторы нейтралями (сети с напряжением до 35 кВ). Наглухо заземленной нейтралью называется, например, нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно, либо через небольшое сопротивление. Городские электрические сети напряжением свыше 1000 В обычно выполняются трехфазными с изолированной нейтралью, но могут применяться сети с напряжением 220/127 В с изолированной нейтралью, в которых применяются пробивные предохранители, а также могут применяться электрические сети с напряжением 380/220 В с заземленной нейтралью. Распространены электрические сети, в которых заземление нейтрали осуществляется через резистор. При этом уменьшаются перенапряжения в сети при КЗ.

Защитное зануление — зануление, применяемое в электроустановках с напряжением 220/380 В, причем обычно применяется электрическое соединение металлических нетокопроводящих частей электрооборудования не с землей, а с заземленной нейтралью источника электрической энергии. Такое соединение называется *защитным за-*

нулением и выполняется через нулевой провод сети (нулевой рабочий провод), либо через специальный нулевой защитный провод. При защитном занулении замыкание токопроводящих частей электрооборудования на его зануленный корпус является коротким замыканием (КЗ), при котором с помощью защитной аппаратуры поврежденный участок электрической сети отключается.

Нулевые рабочие проводники (нейтральные) обозначаются буквой N и голубым цветом, нулевые защитные проводники выравнивания потенциалов обозначаются буквой PE и чередующимися продольными и поперечными полосами желтого и зеленого цветов, а совмещенные проводники обозначаются буквой PEN, голубым цветом по всей длине и желто-зелеными полосами на его концах. Нулевой рабочий проводник нейтральный (N) и нулевой защитный проводник выравнивания потенциалов (PE) могут быть совмещены в одном PEN проводнике, например, от источника питания до потребителя используется PEN проводник, а у потребителя используются уже два проводника PE и N.

Системы заземления подразделяются на пять типов. При этом первая буква в их обозначении характеризует состояние нейтрали источника питания относительно земли, а вторая буква в их обозначении характеризует состояние корпуса (потребителя) или иначе открытых проводящих частей электрооборудования — корпусов, кожухов, которые могут при повреждении, например, изоляции оказаться под напряжением.

Система TN-C (рис. 1.7). В этой системе нейтраль источника электроснабжения (генератора) глухо заземлена, а все корпуса (потребители) связаны с ней посредством PEN-проводников.

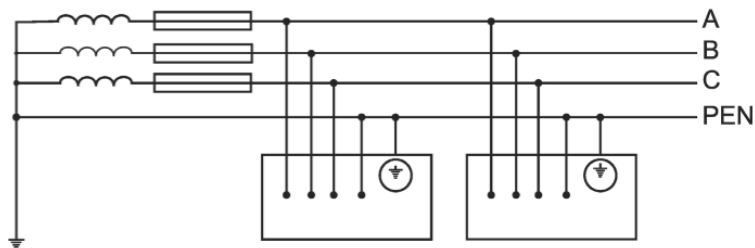
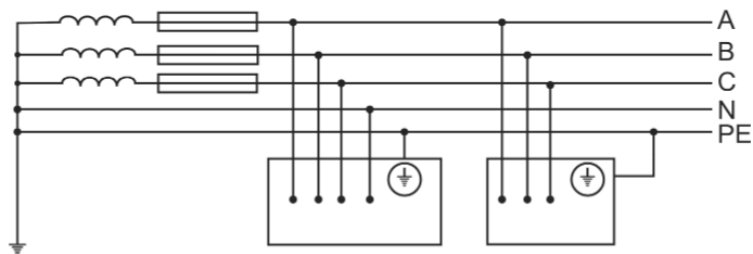


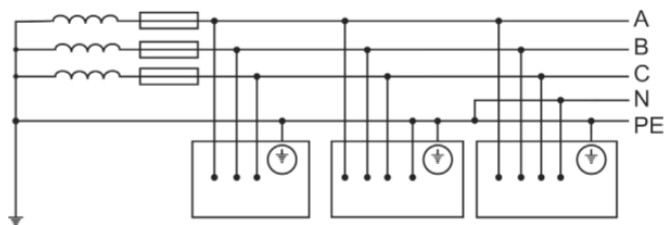
Рис. 1.7. Фрагмент электрической сети системы заземления TN-C

Система TN-S (рис. 1.8). В этой системе нулевой рабочий и нулевой защитный проводник выравнивания потенциалов разделены на всем ее протяжении.



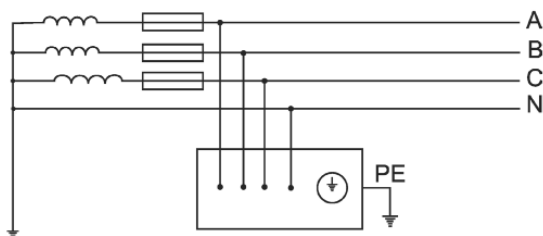
**Рис. 1.8.** Фрагмент электрической сети системы заземления TN-S

Система TN-CS (рис. 1.9). В этой системе нулевой рабочий и нулевой защитный проводник выравнивания потенциалов совмещены в одной точке электроустановки, а, например, в жилом доме, либо в цехе PEN-проводник разделяется на два. Такой точкой, например, может быть вводный зажим PE распределительного щитка.



**Рис. 1.9.** Фрагмент электрической сети системы заземления TN-CS

Система TT (рис. 1.10). На рис. 1.10 показан фрагмент электрической сети, в которой используется непосредственное заземление нулевой точки (нейтрали). В нем также выполнено непосредственное заземление корпуса (потребителя).



**Рис. 1.10.** Фрагмент электрической сети системы заземления TT

Система IT (рис. 1.11). На рис. 1.11 показан фрагмент электрической сети, в которой нейтраль источника энергоснабжения связана с землей через большое сопротивление, а корпуса (потребители) соединены с нулевой точкой.

На рис. 1.12 показан фрагмент электрической сети, в которой используется изолированная (не заземленная) нулевая точка (нейтраль).

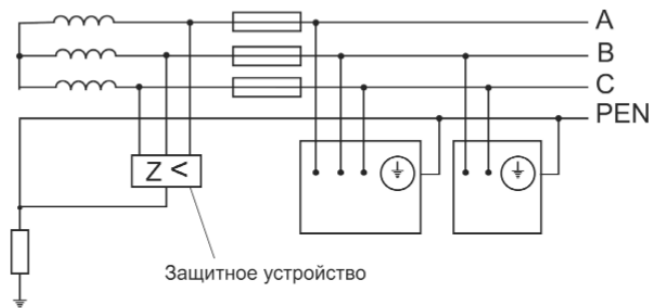


Рис. 1.11. Фрагмент электрической сети системы заземления IT

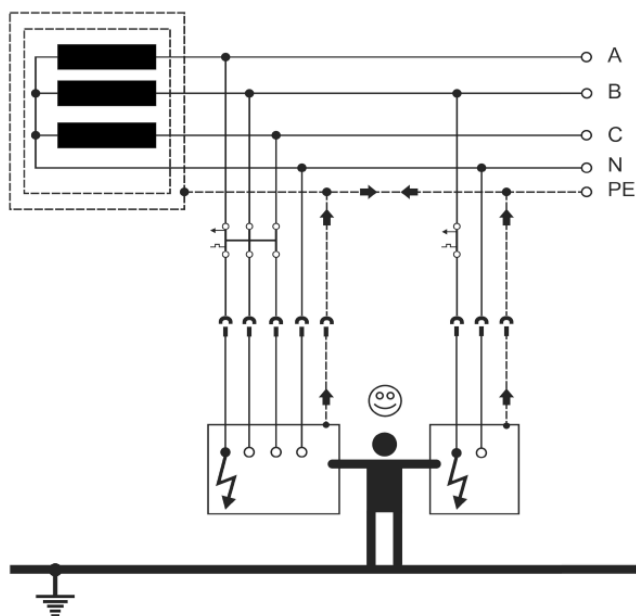


Рис. 1.12. Фрагмент электрической сети с изолированной нейтралью

В нем также выполнено соединение корпусов (потребителей) с нулевой точкой (нейтралью) посредством проводов.

Необходимо отметить, что при появлении напряжения на корпусах (потребителях) они будут отключены устройствами защиты.

### ***1.3. Основное назначение автоматики и релейной защиты в электрических сетях***

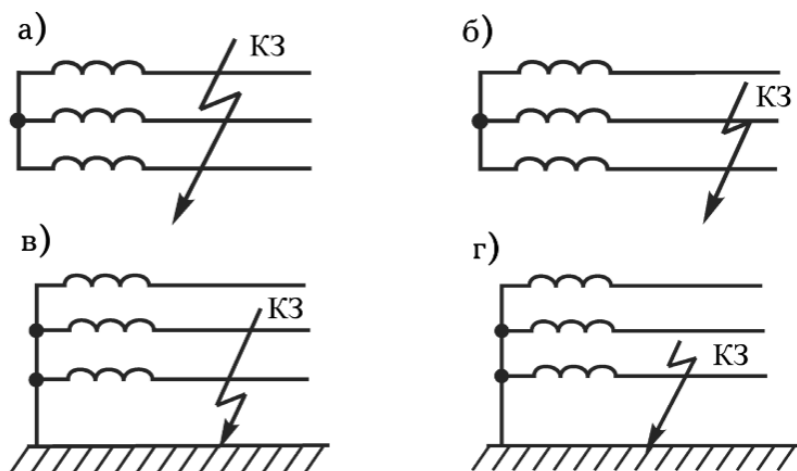
Электрический ток протекает по электрическим сетям (передающим, распределяющим и преобразующим электроустановкам, электрическим машинам, аппаратам и другим электроприемникам), в которых в процессе эксплуатации могут возникать повреждения, приводящие к коротким замыканиям (КЗ), а также понижение напряжения — потеря устойчивости.

Кроме того, в электрических сетях могут возникать ненормальные режимы работы. Это отклонение напряжения, тока и частоты. Так же это перегрузка оборудования, вызывающая нагрев изоляции и ее ускоренный износ. Необходимо отметить, что к ненормальным режимам работы электрических сетей относятся и «качания» — выход из синхронизма параллельно работающих генераторов на электростанциях. При этом ток колеблется от нуля до максимального, превосходящего номинальную величину, значения. К ненормальным режимам также относится повышение напряжения, вызванное внезапным отключением нагрузки.

Короткие замыкания возникают из-за пробоя изоляции, обрывов проводов, ошибочных действий персонала (включения под напряжение заземленного оборудования, отключения под нагрузкой разъединителей), а также вследствие выхода из строя трансформаторов тока и напряжения, расположенных между выключателями и шинами, перекрытия шинных изоляторов и выводов выключателей, выхода из строя изоляторов, выключателей, разъединителей, отказа в срабатывании реле тока и других причин. Обычно в месте КЗ возникает электрическая дуга с высокой температурой, приводящая к разрушениям токоведущих частей, изоляторов, электрических машин и электрических аппаратов. При КЗ к месту повреждения подходят большие токи (токи короткого замыкания), которые перегревают неповрежденные токоведущие части и могут вызвать повреждения, а затем происходит развитие аварии. При этом в сети, связанной электрически с местом повреждения, обычно происходит значительное снижение напряжения, что может привести, например, к остановке электрических машин

(снижению устойчивости параллельной работы генераторов) и отказу электроприемников. Примеры основных видов коротких замыканий на линиях электропередачи показаны на рис. 1.13.

Следует отметить, что обычно в системах «собственных нужд» электростанций может возникнуть короткое замыкание на землю одной фазы (сеть с изолированной нейтралью). Ток при этом невелик и составляет примерно несколько десятков ампер, но при этом возникает перенапряжение, которое может перерасти в междуфазное замыкание.



**Рис. 1.13.** Основные виды коротких замыканий на линиях электропередачи  
 а — трехфазное; б — двухфазное; в — двухфазное на землю; г — однофазное

Основными причинами, вызывающими повреждения на линиях электропередачи, являются перекрытия изоляции во время грозы, схлестывания и обрыв проводов при гололеде, ошибки персонала и другие причины. Однофазные КЗ могут происходить только в сетях с заземленной нейтралью.

Следует отметить, что КЗ на шинах могут вызывать отключение, например, подстанции или даже электростанции. Повреждения и развитие аварий может быть предотвращены быстрым отключением поврежденного участка электрической установки или сети от неповрежденной части при помощи специальных автоматических устройств, получивших название релейная защита.

Кроме того, релейная защита должна выявлять место КЗ. Также к функциям релейной защиты относятся: выявление нарушений нормального режима работы электрической сети и подача предупредительных сигналов, либо проведение операций, необходимых для восстановления нормального режима. К функциям относится и связь РЗ с автоматикой (АПВ, АВР, АЧР и др.)

*Назначение автоматики и релейной защиты в электрических сетях следующее:*

1. Выявление места возникновения КЗ и быстрое автоматическое отключение выключателей поврежденного оборудования или участка сети от остальной неповрежденной части электрической установки или сети.

Следует отметить, что для уменьшения размеров повреждений и для того, чтобы не нарушался нормальный режим работы электрических сетей по нормативам время отключения поврежденных участков сетей не должно превышать 0,06 с.

При отключении выключателей гаснет электрическая дуга в месте КЗ, прекращается прохождение тока КЗ и восстанавливается нормальное напряжение на неповрежденной части электрической установки или сети. Благодаря этому сокращаются размеры или даже совсем предотвращаются повреждения оборудования, на котором возникло КЗ, а также восстанавливается нормальная работа неповрежденного оборудования.

Кроме повреждений электрического оборудования могут возникать такие нарушения нормальных режимов работы, как перегрузка, замыкание на землю одной фазы в сети с изолированной нейтралью, выделение газа в результате разложения масла в трансформаторе или понижение уровня масла в его расширителе и другие нарушения. В этих случаях нет необходимости немедленного отключения оборудования, так как эти явления не представляют непосредственной опасности для оборудования и могут самоустраниться. При нарушении нормального режима работы на подстанциях с постоянным обслуживающим персоналом, обычно достаточно дать предупредительный сигнал персоналу подстанции. На подстанциях без постоянного обслуживающего персонала и в отдельных случаях на подстанциях с постоянным обслуживающим персоналом должно производиться отключение оборудования, в случае его ненормального режима работы, который может привести к его повреждению но обязательно с выдержкой времени.

2. Автоматическое повторное включение (АПВ) и при необходимости автоматическое включение резервного источника питания (оборудования АВР — автоматический ввод резерва (АВР).



3. Выявление нарушений нормальных режимов работы электрооборудования, их фиксация (с помощью, например, регистраторов аварийных событий) и подача предупредительных сигналов обслуживающему персоналу, либо отключение оборудования, но обязательно с выдержкой времени, а также устранение возникших аварийных режимов.

Подача сигнала должна обеспечиваться устройствами РЗИА при возникновении ненормального режима работы электрооборудования, но при условии, что этот ненормальный режим в течение продолжительного времени не может привести к повреждению этого электрооборудования

Необходимо отметить, что для потребителя электрической энергии важно не только бесперебойное снабжение его электрической энергией, но и качество поставляемой электрической энергии. К показателям качества поставляемой электрической энергии в первую очередь относятся: отклонения напряжения и частоты электрической энергии от заданных номинальных значений; несинусоидальность формы кривой напряжения; несимметричность трехфазной системы напряжения (напряжения сети по фазам различны). Более подробно вопросы качества электроэнергии рассмотрены далее в главе 10 книги. Допускаются колебания частоты тока не более 0,2 Гц/с., причем для поддержания постоянной частоты тока применяется включение с помощью автоматики и релейной защиты в работу дополнительных генераторов или разгрузка электрической сети с помощью ограничения использования электроэнергии для некоторых потребителей. Допускаются отклонения напряжения от номинального для ламп 2,5–5%, для электродвигателей 5–0 %, и для остальных потребителей 5%, причем для ограничения колебаний напряжения применяется переключение с помощью автоматики и релейной защиты ступеней напряжения силовых трансформаторов на подстанциях, включение на параллельную работу резервных трансформаторов, а также использование электрической энергии от других станций. Причиной снижения напряжения в сети может являться увеличение тока нагрузки потребителей, причем в том числе и сверх допустимого. Потребители электрической энергии являющиеся только активной нагрузкой (лампы и подобные им приборы) обычно имеют  $\cos \varphi = 1$ , и их суммарная мощность определяется путем простого сложения мощностей потребителей, а потребители имеющие индуктивную составляющую мощности (электродвигатели и т.п.) потребляют большой ток при пуске и имеют  $\cos \varphi$  меньше 1, и их суммарная мощность обычно определяется с запасом.

4. Автоматическое регулирование возбуждения (АРВ).

5. Автоматическое регулирование напряжения.

6. Автоматическое регулирование реактивной мощностью.

7. Автоматическое противоаварийное управление, оно включает следующее:

- автоматическое предотвращение нарушения устойчивости (АПНУ);
- автоматическую ликвидацию асинхронного режима (АЛАР);
- автоматическое ограничение снижения частоты (АОСЧ);
- автоматическая частотная разгрузка;
- автоматическое ограничение повышения частоты (АОПЧ);
- автоматическое ограничение снижения напряжения (АОСН);
- автоматическое ограничение повышения напряжения (АОПН);
- автоматическую разгрузку по напряжению;
- автоматическую разгрузку по току;
- автоматическую разгрузку оборудования (ограничение перегрузки).

8. Автоматическое включение потребителей, отключенных действием АЧР, после восстановления частоты.

9. Автоматическое регулирование частоты и активной мощности.

10. Обеспечение по команде эксплуатационного персонала, следующих операций регулирования:

- автоматическое регулирование возбуждения генераторов и синхронных электродвигателей;
- автоматическое регулирование положения переключателя силового трансформатора;
- автоматическая настройка дугогасящих катушек компенсации емкостного тока замыкания на землю в сети 6-35 кВ;
- автоматическая регулировка батареи статических конденсаторов;
- автоматическая регулировка охлаждения силовых трансформаторов;
- автоматическая синхронизация генераторов;
- определение места повреждения линий электропередачи.

## Глава 2. Основные требования к релейной защите и автоматике в электрических сетях

**Быстродействие.** Быстродействие это главное условие для сохранения синхронизма параллельной работы генераторов. При этом уменьшается время снижения напряжения у потребителей, повышается эффективность АПВ.

Быстрое отключение поврежденного электрооборудования сохраняет нормальную работу неповрежденной части электрооборудования и предотвращает или уменьшает размеры повреждений. Кроме того, предотвращается термический перегрев электрооборудования из-за протекания по нему тока короткого замыкания.

Допустимое время протекания тока через оборудование, не вызывающее его повреждения, указывается в ГОСТах на оборудование. Для обеспечения устойчивости параллельной работы генераторы, трансформаторы, линии электропередачи, по которым осуществляется параллельная работа и все другие части электрической сети должны оснащаться быстродействующей релейной защитой.

Критерий быстродействия:

$$t_{\text{откл}} = t_3 + t_B,$$

где  $t_3$  — время действия и защиты;

$t_B$  — время действия выключателя, которое находится в диапазоне 0,15–0,06 с.

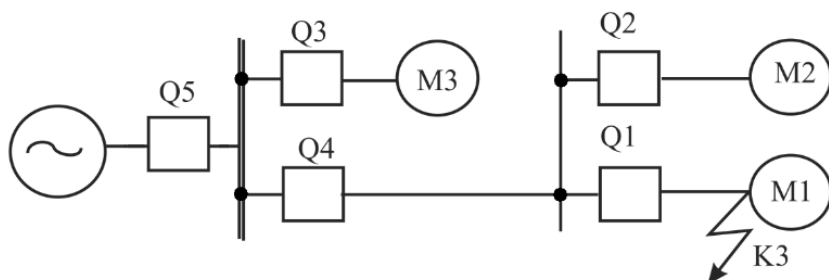
Быстродействующей считается защита, которая имеет диапазон срабатывания 0,1–0,2 с, а самая быстродействующая защита 0,02–0,04 с.

Обычно для номинального напряжения 300–500 кВ время действия защиты должно составлять 0,1–0,12, а для номинального напряжения 6–10 кВ время действия защиты должно составлять 1,5–3 с.

**Селективность.** Селективностью называется способность релейной защиты и автоматики выявлять место повреждения и отключать его только ближайшими к нему выключателями. При повреждении какого-либо элемента должен отключаться только этот поврежденный элемент. Пример для пояснения принципа селективности релейной защиты и автоматики в электрических сетях представлен рис. 2.1.

При коротком замыкании (КЗ) в точке К1 для соответствующей ликвидации аварии должна сработать защита только на выключателе

Q1 и при этом должен отключиться этот выключатель. Остальная неповрежденная часть электрической установки должна продолжать работу. Такое избирательное действие защиты называется селективным.



**Рис. 2.1.** Принцип селективности релейной защиты и автоматики.

Если же при K3 в точке K1 раньше защиты выключателя Q1, либо одновременно с ней сработает защита выключателя Q4 и при этом отключится и этот выключатель, то ликвидация аварии будет несоответствующей, так как, кроме поврежденного электродвигателя M1, также останется без напряжения и неповрежденный электродвигатель M2. Такое действие защиты называется неселективным.

Необходимо отметить, что в случае, если при K3 в точке K1 сработает также и защита выключателя Q5 и при этом отключится и этот выключатель, то ликвидация аварии будет несоответствующей, а последствия такого неселективного действия будут еще более тяжелыми.

Распространен способ обеспечения селективности по времени (ступенчатость защиты). Выдержка времени каждой предшествующей защиты на ступень больше, чем последующая. Например, выдержка времени выключателя Q5 больше, чем выдержка времени выключателя Q4, а у выключателя Q1 выдержка еще меньше времени, чем у выключателя Q4. Поэтому при коротком замыкании (K3) в точке K1 сработает защита только на выключателе Q1 и при этом должен отключиться только этот выключатель, а выключатели Q4 и Q5 выключиться не должны. Этот принцип наиболее прост и обеспечивает соответствующую ликвидацию аварии, но имеет недостаток, который заключается в том, что выдержка времени растет по мере приближения к источнику питания, а это приводит к термическому перегреву электрооборудования из-за протекания по нему тока короткого замыкания. Величина ступени определяется точностью защиты, быстродействием примененного выключателя, и для микропроцессорных защит составляет примерно 0,2–0,3 с.

Применяются и другие способы обеспечения селективности: селективность по чувствительности, при которой ток срабатывания выбирается таким образом, чтобы защита не срабатывала при коротком замыкании на смежной линии; селективность по принципу действия, при которой защита не срабатывает при коротком замыкании вне зоны действия, например, входящих в ее конструкцию трансформаторов тока.

В ряде случаев одновременное выполнение требований селективности и быстродействия требует усложнения конструкции защиты. При этом при проектировании в первую очередь должно обеспечиваться выполнение того из требований, которое в конкретных условиях является определяющим.

**Чувствительность.** Релейная защита и автоматика должна обладать оптимальной чувствительностью к тем видам повреждений и нарушений нормального режима работы в данной электрической установке или электрической сети, на которые она рассчитана. Должно быть обеспечено ее действие в самом начале возникновения повреждения, чем сокращаются размеры повреждения оборудования в месте КЗ.

Чувствительность защиты должна также обеспечивать ее действие при повреждениях на смежных участках. Так, например, если при коротком замыкании в точке К1 по какой-либо причине не отключится выключатель Q1, то должна сработать защита следующего к источнику питания выключателя Q4 и отключить и этот выключатель. Такое действие защиты иногда называется дальним резервированием следующего участка. При этом ток срабатывания должен быть меньше тока короткого замыкания на величину называемую коэффициентом чувствительности ( $K_{\text{ч}}$ ).

Коэффициент чувствительности определяется следующим образом: где  $I_{\text{к.мин.}}$  — минимальный ток КЗ;

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{с.з}}}$$

$I_{\text{с.з.}}$  — ток срабатывания защиты.

Необходимо отметить, что коэффициент чувствительности должен учитывать погрешность реле и автоматики, влияние переходного сопротивления и электрической дуги в месте КЗ. Коэффициенты чувствительности нормируются в правилах устройства электроустановок (ПУЭ).

**Надежность.** Требование надежности состоит в том, что релейная защита и автоматика должны обеспечивать соответствующее отключение выключателей в данной электрической установке или электрической сети при всех возможных повреждениях и нарушениях нор-

мального режима работы. При этом релейная защита и автоматика не должны «ложно» срабатывать при повреждениях электрической установки или электрической сети, при которых действие данной защиты не предусмотрено, а должна срабатывать другая защита. Требование надежности обеспечивается совершенством конструкции аппаратуры, качеством комплектующих, а также высоким уровнем эксплуатации, и в первую очередь регламентными работами. Обычно у микропроцессорных устройств защиты существуют системы диагностики, которые позволяют быстро выявить дефекты.

Следует отметить, что для повышения надежности применяется ближнее и дальнее резервирование. Резервная защита воздействует на отключение тех же выключателей, что и основная защита.

*Ближним резервированием* называется резервирование отключения короткого замыкания с использованием для этой цели кроме основной релейной защиты, также и резервного комплекта защиты, причем резервная защита действует на отключение тех же выключателей, что и основная защита. В систему ближнего резервирования могут входить и устройства резервирования отказа выключателей (УРОВ). Ближнее резервирование обеспечивается установкой на данном присоединении второй резервной защиты, например, для резервирования отказа выключателя установкой специального устройства резервирования отказа выключателя. При этом в случае отказа выключателя устройство резервирования отказа выключателя отключит соседние с поврежденным выключатели, обеспечив тем самым отделение места повреждения от неповрежденной части энергосистемы. Для этой же цели могут использоваться резервные защиты питающих элементов, например, линий, трансформаторов, генераторов.

*Дальним резервированием* называется резервирование отключения короткого замыкания с использованием для этой цели резервного действия защит соседних элементов. При дальнем резервировании отказ выключателя резервируется с помощью резервной защиты на предшествующем элементе. Дальнее резервирование обеспечить в некоторых случаях сложно, или невозможно, и поэтому в правилах устройства электроустановок (ПУЭ) допускается отказ от дальнего резервирования защитами вводов питающих фидера, отходящие от шин подстанций. При отсутствии такого резервирования, последствия отказа нерезервируемых защит приводят к значительным повреждениям: к выгоранию секций шин и трансформаторов на питающих подстанциях; к выгоранию отходящей линии на большом протяжении. Следует стремиться к применению ближнего и дальнего резервирования, и отказываться от этого только при отсутствии технической возможности.

---

### Глава 3. Особенности технологической автоматики в электрических сетях

**Автоматическое регулирование возбуждения генераторов.** Управление величиной тока возбуждения с помощью воздействия на аппарат, называемый возбудителем, который управляет током ротора генератора, осуществляет система автоматического регулирования возбуждения генератора. Измерительные элементы системы автоматического регулирования возбуждения генератора контролируют напряжение и ток генератора и поддерживают напряжение на выводах генератора в соответствии с принятым при разработке системы законом регулирования. Для обеспечения быстрого подъема напряжения при его снижении, например, при коротких замыканиях, в состав системы автоматического регулирования возбуждения генератора, входят элементы, которые включают форсировку тока возбуждения, в результате чего быстро поднимается напряжение на выводах генератора.

**Автоматическое регулирование положения переключателя регулятора под нагрузкой силового трансформатора.** Эта система автоматического регулирования устанавливается на силовых трансформаторах оснащенных регулятором под нагрузкой. Система автоматического регулирования обеспечивает регулирование уровня напряжения на шинах трансформатора с помощью переключения количества витков на стороне высокого напряжения силового трансформатора. Силовой трансформатор обычно имеет большое количество ответвлений, которые можно переключать под нагрузкой. Количество ответвлений меняется на стороне высокого напряжения. Переключение ответвлений производится с помощью контакторов расположенных в специальном отсеке. Этот отсек обычно герметически изолирован от масла в баке трансформатора и имеет специальную газовую защиту на случай повреждения расположенных в нем элементов.

**Автоматическое регулирование индуктивности дугогасящих катушек компенсации емкостного тока замыкания на землю.** Катушка компенсации емкостного тока замыкания на землю включается в нейтраль трансформатора, подключенного к шинам. Индуктивность катушки изменяется с помощью переключателя, который обеспечивает ступенчатое или плавное перемещение плунжера в магнитном зазоре сердечника дугогасящей катушки. При этом производится регулирование индуктивности дугогасящих катушек. При регулировании

используется то явление, что при настройке в резонанс контура из индуктивности и емкости его сопротивление наибольшее, а значит и наибольшее смещение нейтрали в сети.

**Автоматическое регулирование батареи конденсаторов.** Эта система автоматического регулирования устанавливается для регулирования напряжения на шинах. При пониженном напряжении на шинах включается группа (батарея) конденсаторов, которая это напряжение повышает. В состав этой системы обычно входят два реле напряжения, причем реле обеспечивающее повышение напряжения включает группу конденсаторов, а реле, обеспечивающее понижение напряжения ее наоборот отключает. Кроме регулирования напряжения эта система автоматического регулирования может с помощью подключения регулируемой группы конденсаторов обеспечивать удержание коэффициента мощности ( $\cos \varphi = 0,95$ ) в электроустановках потребителей, для регулирования коэффициента мощности

**Автоматическое регулирование охлаждения силовых трансформаторов.** Эта система автоматического регулирования устанавливается для управления либо вентиляторами системы охлаждения силовых трансформаторов, которые подают воздух на силовые трансформаторы, либо для управления масляными насосами, с помощью которых масло прокачивается через охладители. Вентиляторы включаются, если ток в силовом трансформаторе достигает номинального значения независимо от температуры масла, или температура верхних слоев масла достигает  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Автоматическое регулирование точной синхронизации.** Эта система автоматического регулирования, называемая автосинхронизатором, обеспечивает точную синхронизацию вводимых в работу генераторов. На автосинхронизатор подается сигнал для выполнения регулирования напряжения системы и генератора. Вводимый в работу генератор включается в энергосистему только при приближении частоты вырабатываемого им напряжения к номинальной, что обычно контролируется с помощью реле для определения разности частот, и его выходного напряжения к номинальному напряжению на шинах энергосистемы. Кроме того, команда на включение генератора в энергосистему подается таким образом, чтобы момент его включения совпал с моментом совпадения фаз (энергосистемы и вводимого генератора), что также обеспечивается этой системой регулирования.

**Автоматический частотный пуск гидрогенераторов.** Гидрогенераторы способны быстро включаться в энергосистему и нагружаться в отличие от паровых турбогенераторов, включение которых в энергосистему и набор мощности требует значительного времени,



которое необходимо для прогрева турбины. Это отличие гидрогенераторов используется для их автоматического пуска, получившего название автоматический частотный пуск гидрогенераторов. Система автоматического регулирования частотным пуском гидрогенераторов при снижении частоты вырабатываемого ими напряжения до величины 49,0–49,3 Гц, поочередно разворачивает гидрогенераторы, и включает их в систему, а также нагружает эти гидрогенераторы до заданной величины.

#### **Определение места повреждения линии электропередачи.**

Поиск места повреждения на линии электропередачи затруднен из-за значительной длины линии и бездорожья в тех местах, где она обычно проходит. Поэтому все линии электропередачи напряжением 110 кВ и выше, и длиной свыше 20 км обычно оснащаются системами автоматического определения места КЗ или иного их повреждения. Такие системы используются и для линий меньшего напряжения и длины. Определение места короткого замыкания обычно производится по его электрическим параметрам: току; напряжению; сопротивлению. Эти параметры изменяются при переносе точки КЗ вдоль линии. Параметры короткого замыкания запоминаются специальными фиксирующими приборами, а затем, по полученным данным, производится расчет расположения места КЗ, причем непосредственно в километрах.

**Автоматическое включение резерва.** Предназначено для того, чтобы при авариях, когда пропадает напряжение, например, на одной секции сборных шин, автоматически восстановить электроснабжение потребителей от резервного источника (трансформаторов, смежных секций сборных шин, линий). При этом резервный источник питания обычно получает это питание от других источников.

**Автоматическая частотная разгрузка.** При снижении частоты напряжения в энергосистеме ниже заданного уровня система автоматического управления частотной разгрузкой начинает ступеньками отключать потребителей до тех пор, пока частота не достигнет длительно допустимого уровня. При включении, например, дополнительных генераторов в энергосистему, либо при другом способе повышения частоты она начинает повышаться, причем это повышение частоты фиксируется измерительными органами системы автоматического управления повторным включением после автоматической частотной разгрузки. Начинается включение потребителей также ступеньками пока частота не выйдет за уставку системы управления автоматическим повторным включением после автоматической частотной разгрузки, что означает исчерпание появившегося резерва мощности.

Нарушение изоляции высокого напряжения в электросетях обычно бывает кратковременным, и восстановление таких неустойчивых дефектов обеспечивается АПВ. Время срабатывания автоматического повторного включения зависит от восстановления отключающей способности выключателей (готовности их привода к работе на включение), обеспечения возврата реле в исходное положение, и от времени, необходимого для деионизации среды в месте повреждения. Положительный результат работы системы АПВ обычно обеспечивается при увеличении выдержки времени до нескольких секунд, а также при наличии синхронизма (момента совпадения фаз напряжений и величины их при АПВ).

**Автоматическое регулирование частоты и мощности.** Все генераторы, работающие в энергосистеме, оснащены средствами регулирования оборотов, а значит и частоты. При наличии тепловых турбин или гидротурбин, в случае понижения частоты система автоматического регулирования частоты и мощности воздействует на соответствующие приводы, которые увеличивают расход пара в тепловой турбине или воды гидротурбине и таким образом происходит регулирование их мощности, а значит и частоты. При наличии тепловых турбин регулирование мощности осуществляется с помощью подачи дополнительного пара на турбину, причем, этот дополнительный пар нужно еще выработать в котле, а при наличии гидрогенераторов регулирование мощности осуществляется с помощью управления направляющим аппаратом турбины. При отсутствии необходимого регулировочного диапазона у тепловых турбин или гидротурбин, система автоматического регулирования частоты и мощности производит регулирование оборотов генераторов или включение дополнительных генераторов в работу, ориентируясь на заранее рассчитанный график мощности.

**Дополнительная автоматическая разгрузка по напряжению.** При резком снижении напряжения в энергосистеме ниже заданного уровня система автоматического управления разгрузкой по напряжению начинает отключать фидера (менее важных потребителей) до тех пор, пока напряжение в энергосистеме не достигнет допустимого уровня. Необходимо отметить, что снижение напряжения у потребителя менее, чем минимально допустимое может привести к нарушению производства или повреждению оборудования, так как электродвигатели при понижении напряжения начинают потреблять больший ток из сети, что приводит к их перегрузке по току и повреждению.

**Автоматическое повторное включение.** Нарушение изоляции высокого напряжения в электросетях обычно бывает кратковременным и восстановление таких не устойчивых дефектов обеспечивается

АПВ. Время срабатывания системы автоматического повторного включения зависит от восстановления отключающей способности выключателей (готовности их привода к работе на включение), обеспечение возврата реле в исходное положение, и от времени, необходимого для деионизации среды в месте повреждения. Положительный результат работы системы АПВ обычно обеспечивается при увеличении выдержки времени до нескольких секунд, а также при наличии синхронизма (момент совпадения фаз напряжений и величин их при АПВ).

Это обычно автоматическое включение под напряжение ранее отключенного с помощью аварийной автоматики, либо по ошибке, участка электрической сети. Повреждения электрической сети могут быть устойчивыми (повреждение участков линий, электрических аппаратов и др.), которые требуют вмешательства оперативного персонала и аварийной бригады. Повреждения электрической сети могут быть неустойчивыми (способными самоустраняться за некоторое время). Например, при схлестывании проводов электрическая цепь сразу «обесточивается» (отключается) аварийной автоматикой. При этом должна сработать система электрического АПВ. По типу защищаемого электрооборудования АПВ бывают следующие: АПВ линий; АПВ шин; АПВ электродвигателей; АПВ трансформаторов. Необходимо отметить, что АПВ не должно срабатывать при оперативных переключениях, а также важно то, что АПВ должно срабатывать с заданной выдержкой времени от 0,5 с до нескольких секунд. Причем обычно однократно. В соответствии с требованиями ПУЭ устройствами АПВ должны снабжаться все кабельно-воздушные, ВЛ линии напряжением от 1 кВ и выше, трансформаторы, сборные шины подстанций.

## Глава 4. Основные элементы релейной защиты и автоматики в электрических сетях

### 4.1. Общие вопросы построения защит в электрических сетях

#### 4.1.1. Элементы защиты

*Пусковые органы* — непосредственно и непрерывно контролируют состояние и режим работы защищаемого оборудования и реагируют на возникновение КЗ и нарушение нормального режима работы.

*Логические органы* — воспринимают команды пусковых органов и в зависимости от их сочетания, по заданной программе производят заранее предусмотренные операции. Реле — автоматические устройства, срабатывающие при определенном значении воздействующей на него величины. Реле также подразделяются на основные и вспомогательные.

*Типы основных реле:*

- тока;
- напряжения;
- сопротивления;
- мощности (определяющие величину и направление (знак)).

Реле бывают максимальными — действующие при возрастании контролируемой величины, и минимальными — при снижении этой величины.

*Специальные реле:*

- частоты;
- тепловые.

*Типы вспомогательных реле:*

- времени;
- указательные (для сигнализации);
- промежуточные (передающие действие основных защит на отключение выключателей).

Каждое реле конструктивно можно подразделить на две части — *воспринимающую* и *исполнительную*.

*Воспринимающая часть* представляет собой обмотку, питающуюся током или напряжением.

*Исполнительная часть* — это механическая система, воздействующая на контактные реле, заставляя их замыкаться или размыкаться.

#### 4.1.2. Принципы выполнения устройств релейной защиты

Различают два способа включения реле на ток и напряжение сети.

*Первичные реле* — включены непосредственно (рис. 4.1).

*Вторичные реле* — через измерительные трансформаторы тока и напряжения (рис. 4.2).

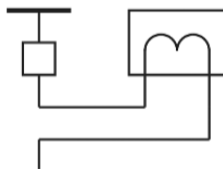


Рис. 4.1. Включение первичного реле

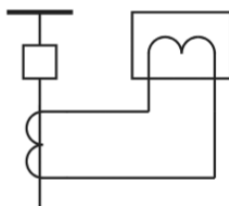


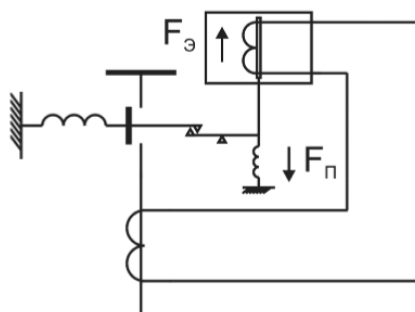
Рис. 4.2. Включение вторичного реле

К достоинствам вторичных реле следует отнести: их изолированность от цепей высокого напряжения; удобство обслуживания; возможность выполнения их стандартными на одни и те же токи (5 или 1 А) и напряжение (100 В).

Достоинство первичных состоит в отсутствии измерительных трансформаторов тока и напряжения, источников оперативного тока и контрольного кабеля. Первичные реле широко используются в цепях низкого напряжения.

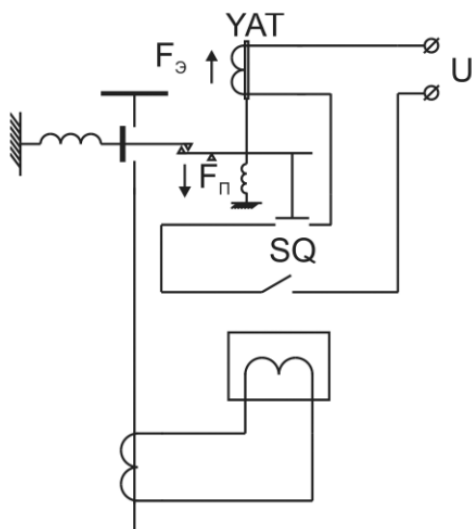
Различают два способа воздействия защит на выключатель: *прямой* и *косвенный*.

*Прямой* — защите не требуется оперативный ток, однако реле должны развивать большие усилия, поэтому не могут быть очень точными (рис. 4.3).



**Рис. 4.3.** Прямой способ воздействия защиты на выключатель  
 $F_э$  — электромагнитная сила;  $F_п$  — сила противодействующей пружины

*Косвенный* — отличаются большой точностью. Причем, проще осуществляется взаимодействие между реле (рис. 4.4). Однако для реле косвенного действия необходим источник оперативного тока.



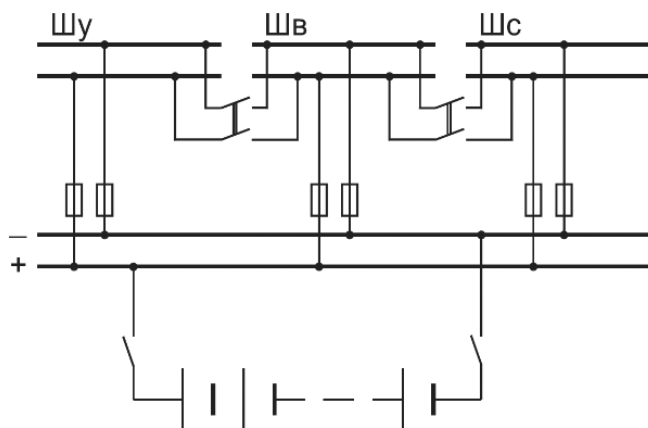
**Рис. 4.4.** Пример косвенного способа воздействия защиты на выключатель.  
 $F_э$  — электромагнитная сила;  $F_п$  — сила противодействующей пружины;  
 $YAT$  — электромагнит отключения;  $SQ$  — блок-контакты

### 4.1.3. Источники оперативного тока

*Оперативный ток* — питает цепи дистанционного управления выключателями, оперативные цепи релейной защиты, и автоматики.

Основное требование к источникам оперативного тока — надежность при КЗ и ненормальных режимах напряжение источников оперативного тока и их мощность должны иметь достаточную величину как для действия релейной защиты, так и для отключения выключателей.

*Постоянный оперативный ток.* Источниками данного тока являются аккумуляторные батареи напряжением 110...220 В. Для повышения надежности сеть постоянного тока секционируется (рис. 4.5). Аккумуляторные батареи обеспечивают питание независимо от состояния основной сети и являются самым надежным источником питания. К недостаткам можно отнести высокую стоимость, необходимость в зарядных агрегатах, сложную сеть постоянного тока.



**Рис. 4.5.** Схема включения шин.

*Шу* — шины управления, РЗ и А и катушки отключения; *Шв* — шины катушек включения (400 — 500 А); *Шс* — шины сигнализации

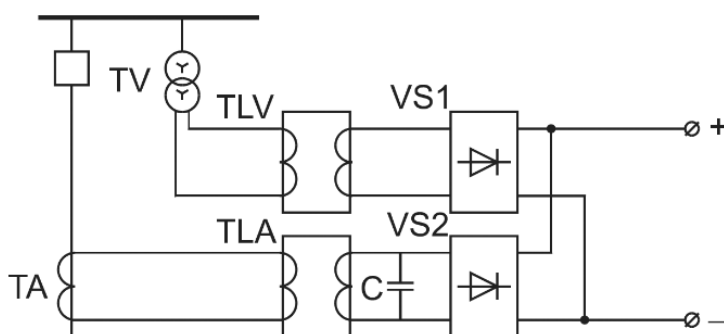
*Переменный оперативный ток.* Источниками служат измерительные трансформаторы тока и напряжения, а также трансформаторы собственных нужд, подключаемые на ток и напряжение самой сети.

Трансформаторы напряжения и трансформаторы собственных нужд не пригодны для питания цепей релейной защиты при КЗ — так

как напряжение в сети при этом резко снижается. Могут использоваться при ненормальных режимах: перегрузка, замыкание на землю.

Трансформаторы тока надежны для защит от КЗ — ток при этом увеличивается, мощность достаточна для питания оперативных цепей. Однако трансформаторы тока не обеспечивают необходимой мощности при повреждениях и ненормальных режимах, не сопровождающихся резким увеличением тока.

Чаще всего используется комбинированное питание от трансформаторов тока и напряжения. Пример принципиальной схемы блоков питания представлен на рис. 4.6.



**Рис. 4.6.** Принципиальная схема блоков питания.

*TLV, TLA* — промежуточные насыщающиеся трансформаторы напряжения и тока; *VS1, VS2* — выпрямительные мосты; *C* — конденсатор для сглаживания кривой вторичного напряжения

#### 4.1.4. Распространенные виды защит

1. *Максимальная токовая защита.* Применяется для защиты сетей с односторонним электропитанием.

Реагирует на возрастание тока в электрической сети, когда ток резко увеличивается и становится значительно больше нагрузки. Защита эта устанавливается обычно со стороны источника электропитания и обеспечивает отключение выключателя. Максимальная токовая защита может быть выполнена в виде токовой отсечки, которая срабатывает не с выдержкой времени (селективно), а мгновенно она различается по току срабатывания.

2. *Максимальная токовая направленная защита.* В отличие от максимальной токовой защиты, применяется для защиты сетей с двух-



сторонним электропитанием. Реагирует на возрастание тока в электрической сети и его направление. Такие защиты устанавливаются обычно с каждой стороны защищаемой линии.

3. *Токовая направленная защита нулевой последовательности.* В электрических сетях с заземленной нейтралью для защиты могут использоваться элементы, которые реагируют на составляющие тока нулевой последовательности.

Необходимо отметить, что ток нулевой последовательности можно получить соединением вторичных обмоток трансформаторов тока в фильтр токов нулевой последовательности.

При этом ток в реле равен геометрической сумме токов трех фаз. При трехфазном КЗ ток равен нулю, а при однофазном или двухфазном КЗ появляется ток. Нейтрали трансформаторов и автотрансформаторов являются источниками токов нулевой последовательности.

4. *Продольная дифференциальная защита.* Реагирует на взаимное изменение значений и фаз тока в начале и в конце линии. При продольной дифференциальной защите один измерительный трансформатор устанавливается в начале линии, а другой в конце линии. Эта защита реагирует на полный ток короткого замыкания, причем в комплексе этой защиты применяется также устройство для контроля целостности соединительных проводов.

5. *Поперечная дифференциальная токовая направленная защита.* Применяется для защиты сетей с односторонним электропитанием. Эта защита основана на сравнении токов, протекающих в одноименных фазах параллельных цепей (линий) с незначительно отличающимися параметрами, причем обычно она устанавливается на приемном конце этих линий.

6. *Дифференциально-фазная высокочастотная защита.* Работа защиты основана на сравнении токов, которые направлены от шин в линию. В случае, если эти токи совпадают по фазе, то защитой обеспечивается отключение выключателей шин. Фазы токов сравниваются с помощью высокочастотных сигналов, которые передаются по защищаемым линиям (от генератора высокой частоты). ГВЧ генерирует импульсы тока ВЧ только при положительной полуволне, проходящего по линии тока. Если на входе приемника сигнал ВЧ прерывистый, то реле сравнения фаз отключает выключатель.

Необходимо отметить, что до последнего времени все органы релейной защиты выполнялись только с помощью электромеханических реле. Необходимые выдержки времени создавались в логической части защит такого исполнения посредством часовых механизмов, управляемых электромагнитными устройствами. Наряду с часовыми меха-

низмами для той же цели могут применять электромагнитные реле с магнитной задержкой «отпадания» якоря. Для получения реле с зависимой характеристикой выдержки времени могут использоваться механические системы с приводом, действующим на индукционном принципе. Скорость движения таких механизмов зависит от значения проходящего по ним тока.

Электромеханическая аппаратура устарела и нуждается в замене. Она не обеспечивает высокой точности, быстроедействие, и не позволяет выполнить сложные характеристики. Для поддержания рабочего состояния защиты требуются значительные трудозатраты на техническое обслуживание. Аппаратура занимает много места и требует большого количества электротехнических материалов. Значительное потребление энергии требует мощных источников питания оперативным током, а также большой мощности измерительных трансформаторов тока и напряжения. Нередко новые требования к релейной защите не могут быть удовлетворены из-за несовершенства аппаратуры, содержащей электромеханические устройства. Стало очевидным, что использование электромеханических устройств в релейной аппаратуре задерживает дальнейшее развитие техники релейной защиты, как в качественном, так и в количественном отношении. Проблема сейчас решена благодаря наличию больших интегральных микросхем универсального назначения и микропроцессорам, которые и стали основой для создания нового поколения релейной защиты.

*Пример условных буквенных обозначений, в схемах релейной защиты показан в табл. 9.1. (стр. 167).*

#### ***4.2. Особенности плавких предохранителей, электротепловых реле и температурных реле***

**Плавкие предохранители.** Основным элементом плавкого предохранителя является плавкая вставка. Защита электрических сетей с помощью плавких предохранителей должна обеспечиваться таким образом, чтобы плавкая вставка расплавлялась до того, как температура защищаемого элемента системы электроснабжения повысится сверх допустимого уровня. Плавкий предохранитель является устройством защиты и коммутации.

При перегрузке электрической сети, а также в случае возникновения короткого замыкания в ней через плавкий предохранитель будут протекать токи, которые значительно больше номинального тока, на который он рассчитан. В результате плавкая вставка перегорает и

плавкий предохранитель отключает поврежденный участок электрической сети от остальной электрической сети. Обычно применяются следующие характеристики для предохранителей. Это преддуговое время, которым является интервал времени между началом возникновения повреждения защищаемого предохранителем элемента и моментом возникновения дуги. Также это время дуги, которое является промежутком времени между моментом появления дуги и моментом ее прекращения. Кроме того, это время срабатывания плавкого предохранителя, которое состоит из преддугового времени и времени дуги.

В электрических сетях применяются плавкие предохранители многократного действия с плавкими вставками из жидкого металла, в которых при коротком замыкании в электрической сети происходит испарение жидкого металла с взрывообразным повышением давления в дугогасительной камере предохранителя. В результате того, что пары металла обладают высоким сопротивлением, аварийный ток резко ограничивается и возникающая дуга гасится. После конденсации паров металла плавкий предохранитель этой конструкции за 2–4 мс самовосстанавливается. Поэтому обычно плавкие предохранители многократного действия с плавкими вставками из жидкого металла используются в паре с другим коммутационным устройством, отключающим поврежденный участок электрической сети при срабатывании такого предохранителя.

**Управляемые плавкие предохранители.** Конструкции управляемых плавких предохранителей обычно включают в себя контактное устройство, разрывающее электрическую цепь и отключающее поврежденный участок электрической сети от остальной электрической сети под воздействием привода при срабатывании релейной защиты. В конструкцию также входит плавкий предохранитель, включенный обычно последовательно с контактным устройством, который при коротком замыкании перегорает ранее, чем срабатывает релейная защита.

**Электротепловые реле.** Работа электротепловых реле основана на явлении выделения теплоты при протекании через их измерительную часть, которой обычно является биметаллический элемент, электрического тока. Электротепловые реле имеют недостаточное быстродействие. Следует отметить, что в связи с тем, что в случае короткого замыкания в электрической сети, биметаллический элемент или иной нагревательный элемент в электротепловых реле может сгореть до того, как сработает само тепловое реле. Для защиты электротеплового реле может, например, применяться включенный последовательно с ним плавкий предохранитель.

**Температурные реле.** Работа температурных реле основана на явлении выделения теплоты при протекании тока через их измерительную часть, которой обычно является датчик, преобразующий температуру нагрева, например, обмотки электродвигателя в аналоговый сигнал, биметаллический элемент, либо терморезистор. Необходимо отметить, что сопротивление терморезисторов при определенной повышенной температуре резко изменяется.

### 4.3. Особенности трансформаторов тока и трансформаторов напряжения, датчиков тока и напряжения

#### 4.3.1. Трансформаторы тока и схемы их соединений

Трансформатор тока — важный элемент релейной защиты (рис. 4.7). Он питает цепи защиты током сети и выполняет роль датчика, через который поступает информация к измерительным органам устройств релейной защиты.

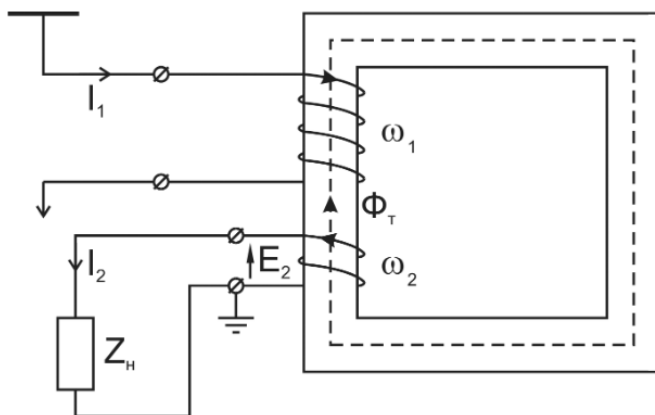


Рис. 4.7. Трансформатор тока

В электрических сетях применяются помимо измерительных трансформаторов тока для контроля токов короткого замыкания также маг-

нитные трансформаторы тока. Пример магнитного трансформатора тока представлен на рис. 4.8. Его вторичная обмотка подключена к измерительным реле.

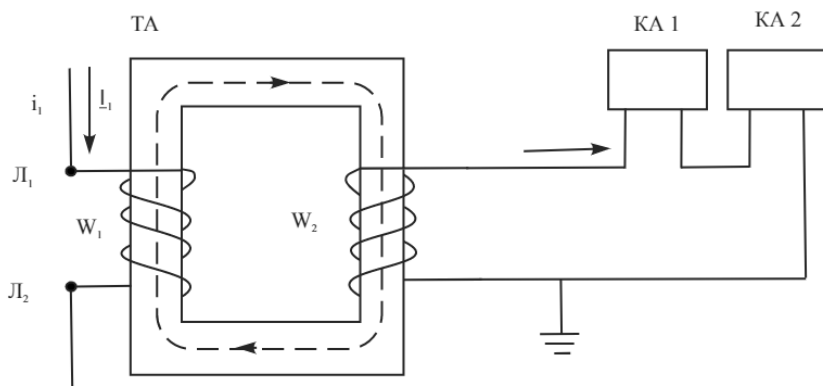


Рис. 4.8. Магнитный трансформатор тока

#### 4.3.2. Принцип действия трансформаторов тока

Первичная обмотка трансформатора тока включается последовательно в силовую цепь. Вторичная обмотка замыкается на сопротивление нагрузки  $Z_H$  — последовательно включенные реле и приборы.

Ток  $I_1$ , протекая по обмотке, создает магнитный поток  $\Phi_1 = I_1 \omega_1$ . Под воздействием этого потока во вторичной обмотке наводится ЭДС  $E_2$ . По обмотке протекает ток  $I_2$ .

В заводских материалах на трансформаторы тока указывают номинальный коэффициент трансформации  $n_T = \frac{I_{1ном}}{I_{2ном}}$ . Если не учитывать потери, то  $n_s = n_T$ .

$$I_2 = -\frac{(I_1 - I_{нам})}{v_2} = (-I_1 + I_{нам}) \frac{\omega_1}{\omega_2},$$

$$\underbrace{I_2 \omega_2}_{\Phi_2} = \underbrace{-I_1 \omega_1}_{-\Phi_1} + \underbrace{I_{нам} \omega_1}_{\Phi_v}.$$

В действительности же  $I_2$  отличается от расчетного значения. Часть тока  $I_1$  тратится на создание намагничивающего потока:

Если разомкнуть вторичную обмотку, магнитный поток в магнитопроводе резко возрастет. Магнитопровод быстро расплавится. Кроме того на вторичной разомкнутой обмотке появится высокое напряжение, достигающее десятков киловольт. *Вторичная обмотка обязательно должна быть заземлена* — если произойдет пробой изоляции, то при заземленной вторичной обмотке получится короткое замыкание, защитная аппаратура отключит поврежденный трансформатор, заземление вторичной обмотке делается прежде всего для обеспечения техники безопасности.

Причиной погрешностей в работе трансформаторов тока является ток намагничивания. Чрезмерно большие погрешности могут вызвать неправильные действия релейной защиты, поэтому стараются уменьшить ток намагничивания.

#### 4.3.3. Схемы соединений трансформаторов тока

##### Соединение трансформаторов тока и обмоток реле в полную звезду

Схема соединения представлена на рис. 4.9, векторные диаграммы иллюстрирующие работу схемы на рис. 4.10, 4.11, 4.12.

В нормальном режиме (если он симметричный)  $I_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 0$ . Практически из-за погрешностей трансформаторов тока проходит небольшой ток — ток небаланса.

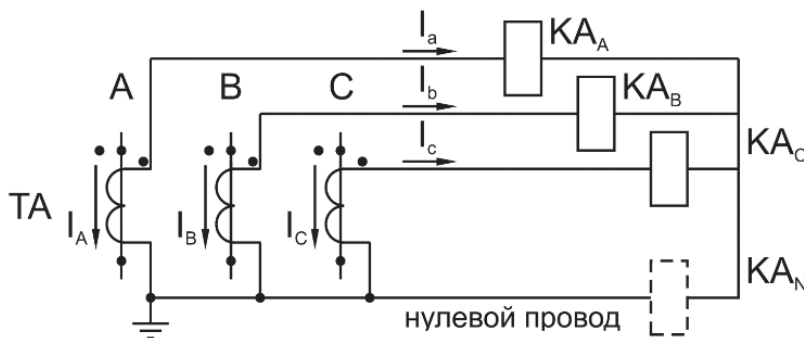


Рис. 4.9. Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле в полную звезду

$$I_N = \frac{1}{3}(I_A + I_B + I_C) = 0$$

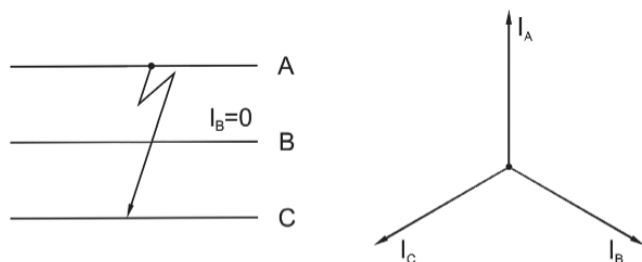


Рис. 4.10. Векторная диаграмма схемы при трехфазном КЗ

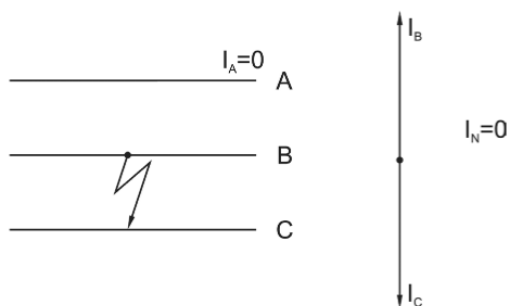


Рис. 4.11. Векторная диаграмма схемы при двухфазном КЗ

$$I_N = \frac{1}{3} I_A \neq 0$$

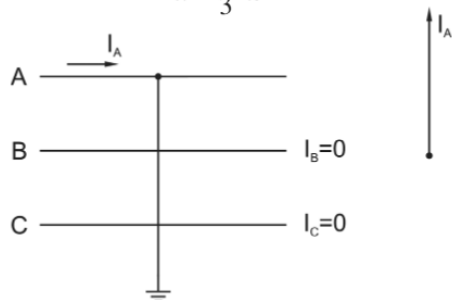


Рис. 4.12. Векторная диаграммы схемы при однофазном КЗ

Схема применяется для включения защиты от всех видов однофазных и междуфазных КЗ.

Для каждой схемы соединений можно определить отношение тока в реле  $I_p$  к току в фазе  $I_\phi$ , это отношение называется коэффициентом схемы  $k_{сх} = \frac{I_p}{I_\phi}$ , для данной схемы  $k_{сх}=1$ .

### Соединение трансформаторов тока и обмоток реле в неполную звезду

Схема соединения представлена на рис. 4.13, а векторные диаграммы иллюстрирующие работу схемы на рис. 4.14, 4.15, 4.16.

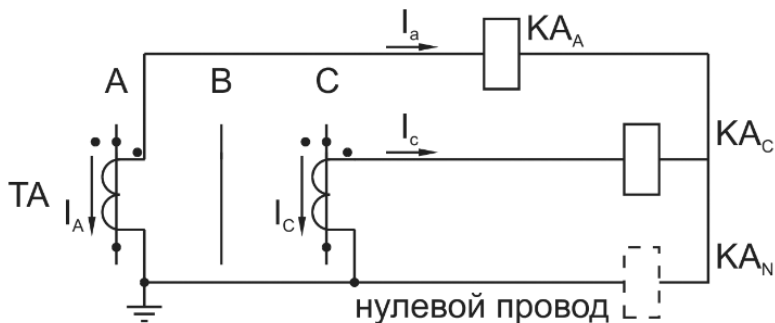


Рис. 4.13. Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле в неполную звезду

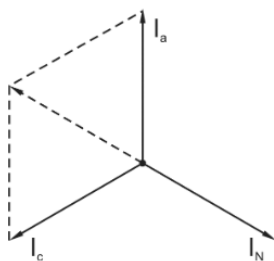


Рис. 4.14. Векторная диаграмма схемы

Трехфазное КЗ: токи проходят по обоим реле и в обратном проводе:

$$I_N = -(\dot{I}_\alpha + \dot{I}_\chi), \quad I_N = \dot{I}_\beta.$$



Двухфазное КЗ: токи проходят в одном или двух реле в зависимости от того, какие фазы повреждены.

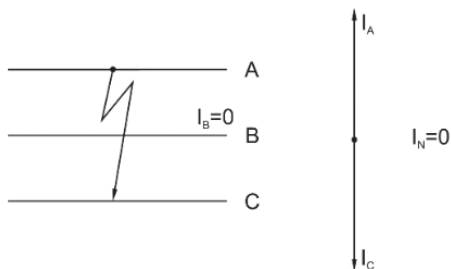


Рис. 4.15. Векторная диаграмма схемы при трехфазном КЗ

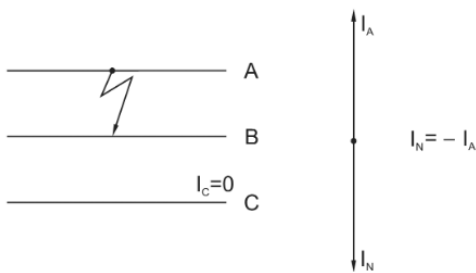


Рис. 4.16. Векторная диаграмма схемы при двухфазном КЗ

Однофазное КЗ фазы В: токи в схеме защиты не появляются.

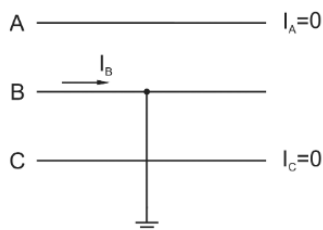
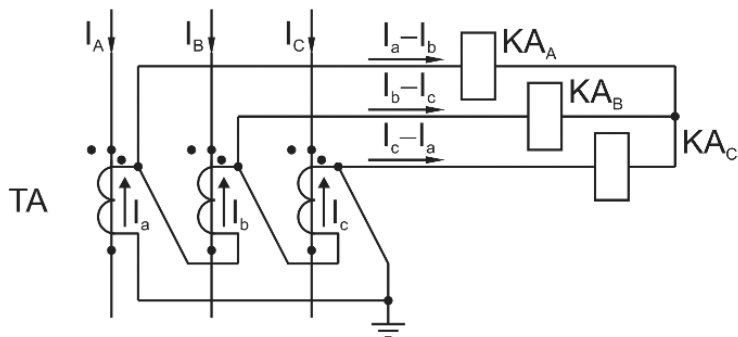


Схема неполной звезды реагирует не на все случаи однофазного КЗ и применяется только для защиты от междуфазных КЗ в сетях с изолированными нулевыми точками:

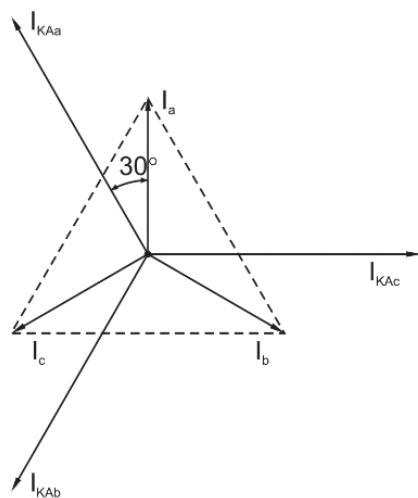
$$k_{CX}=1.$$

### Соединение трансформаторов тока в треугольник, а обмоток реле в звезду

Схема соединения представлена на рис. 4.17, а векторная диаграмма на рис. 4.18.



**Рис. 4.17.** Схема соединения трансформаторов тока в треугольник, а обмоток реле в звезду



**Рис. 4.18.** Векторная диаграмма схемы

При трехфазном КЗ при симметричной нагрузке в реле проходит линейный ток в  $\sqrt{3}$  раз больше тока фазы и сдвинутый относительно него по фазе на  $30^\circ$ .

Особенности схемы:

1. Токи в реле проходят при всех видах КЗ, защиты построенные по такой схеме реагируют на все виды КЗ.
2. Отношение тока в реле к фазному току зависит от вида КЗ.
3. Токи нулевой последовательности не выходят за пределы треугольника трансформаторов тока, не имея пути для замыкания через обмотки реле.

Схема применяется в основном для дифференциальных защит трансформаторов и дистанционных защит.

Коэффициент схемы:

$$k_{сх}^3 = \frac{I_p}{I_\phi} = \frac{\sqrt{3}I_\phi}{I_\phi} = \sqrt{3}$$

### Включение реле на разность токов двух фаз (схема восьмерки)

Схема соединения представлена на рис. 4.19.

При трехфазном КЗ (симметричная нагрузка)  $I_p = \sqrt{3}I_\phi$ .

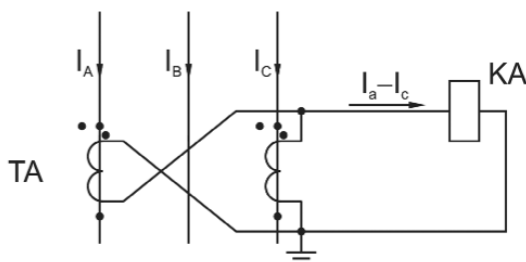


Рис. 4.19. Схема включения реле на разность токов двух фаз

Ток в реле и чувствительность при различных видах КЗ будут различными.

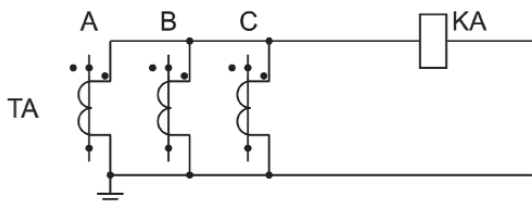
Однофазное КЗ фазы В: ток в реле равен нулю.

Схема применяется для защиты от междуфазных КЗ, когда она обеспечивает необходимую чувствительность и когда не требуется ее действие за трансформатором с соединением обмоток  $Y/\Delta$ .

Коэффициент схемы:  $k_{сх} = \sqrt{3}$ .

### Соединение трансформаторов тока в фильтр токов нулевой последовательности

Схема соединения представлена на рис. 4.20.



**Рис. 4.20.** Схема соединения трансформаторов тока в фильтр токов нулевой последовательности

$I_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c$ . Ток в реле появляется только при одно- и двух-фазных КЗ на землю.

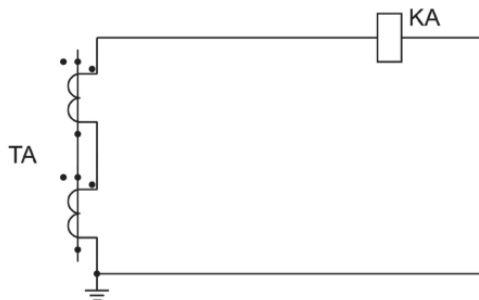
Схема применяется в защитах от замыканий на землю.

При нагрузках трехфазных и двухфазных КЗ  $I_N = 0$ .

Из-за погрешности трансформаторов тока в реле появляется ток небаланса  $I_{нб}$ .

### Последовательное соединение трансформаторов тока

Схема соединения представлена на рис. 4.21.



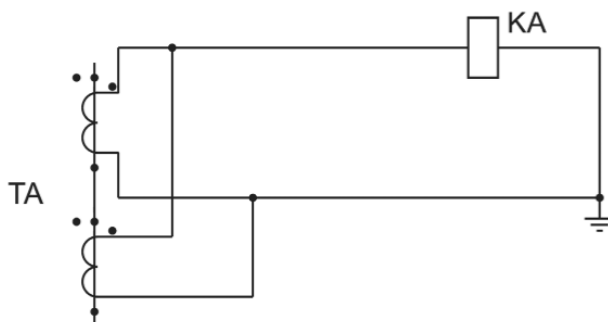
**Рис. 4.21.** Схема последовательного соединения трансформаторов тока

Нагрузка, подключенная к трансформаторам тока распределяется поровну. Вторичный ток  $I_2 = \frac{I_1}{n_T}$  остается неизменным, а напряжение, приходящееся на каждый трансформатор тока составляет  $\frac{I_2 Z_n}{2}$ .

Схема применяется при использовании маломощных трансформаторов тока. Она применяется для продольной дифференциальной защиты линий.

### Параллельное соединение трансформаторов тока

Схема соединения представлена на рис. 4.22.



**Рис. 4.22.** Схема параллельного соединения трансформаторов тока

Схема используется для получения нестандартных коэффициентов трансформации.

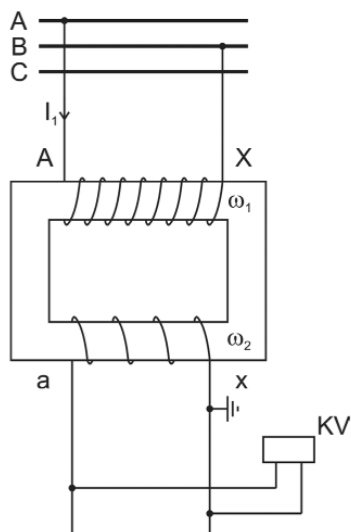
#### 4.3.4. Трансформаторы напряжения

Трансформаторы напряжения измерительные по принципу действия и конструктивному выполнению аналогичны силовым трансформаторам.

На рис. 4.23 изображен двухобмоточный трансформатор. Первичная обмотка  $w_1$  имеет несколько тысяч витков, вторичная  $w_2$  — несколько сотен. Буквой А(а) на схемах принято обозначать начало первичной (вторичной) обмотки, буквой Х(х) — конец. Напряжение вторичной обмотки можно определить как

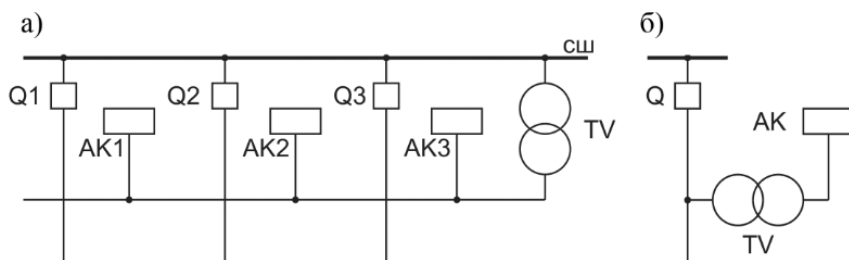
$$U_2 = \frac{U_1}{n_{\Pi}},$$

где  $n_{\Pi} = \frac{w_1}{w_2}$  — коэффициент трансформации измерительного трансформатора.



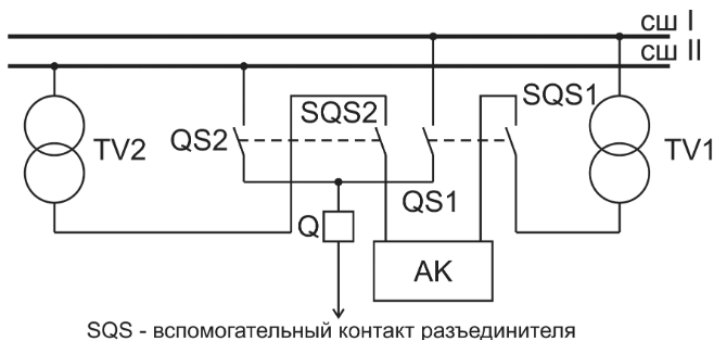
**Рис. 4.23.** Двухобмоточный трансформатор

Для питания защит ТН могут монтироваться на шинах электростанций и подстанций и питать защиты всех присоединений (рис. 4.24, а) или устанавливаться на каждом присоединении (рис. 4.24, б).



**Рис. 4.24.** Монтаж ТН на шине (а) и на присоединении (б)

При переключении присоединений с одной системы шин на другую, необходимо производить переключение питания защиты на ТН другой системы шин. Обычно такое переключение делается автоматически при операциях с разъединителями (рис. 4.25).

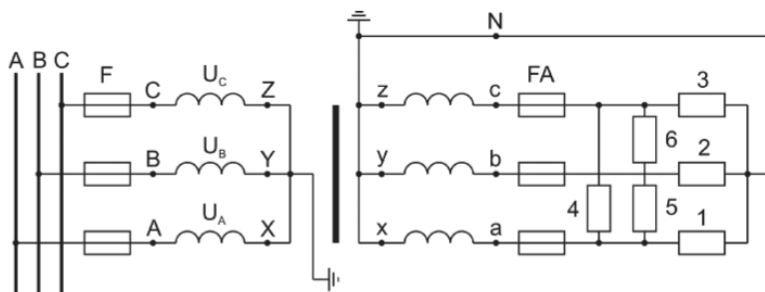


**Рис. 4.25.** Схема для пояснения принципа выполнения переключений с одной системы шин на другую

#### 4.3.5. Схемы соединений трансформаторов напряжения

##### Схема соединения трансформаторов напряжения в звезду

Схема предназначена для получения напряжения фаз относительно земли и линейных напряжений. Заземление нейтрали первичной обмотки ТН и наличие нулевого провода во вторичной цепи является обязательным условием для получения фазных напряжений относительно земли. Соединение ТН по схеме  $Y/Y$  может выполняться по 6 и 12 группам. Типовым является соединение по 12 группе. Схема соединений может быть выполнена посредством трех однофазных ТН (рис. 4.26) или одного трехфазного пятистержневого ТН (рис. 4.27).



**Рис. 4.26.** Схема соединения однофазных трансформаторов напряжения в звезду.  
F — плавкий предохранитель; FA — плавкий предохранитель

Трехфазные трехстержневые ТН не применяются, так как в их магнитопроводе нет пути для замыкания магнитных потоков нулевой по-

следовательности  $\Phi_0$ , создаваемых током  $I_0$  в первичных обмотках при замыкании на землю в сети. Поток  $\Phi_0$  замыкается через воздух, это резко увеличивает  $I_{\text{нам}}$ , вызывая недопустимый нагрев трансформатора. Возможна дополнительная обмотка на основных или дополнительных стержнях для получения напряжения нулевой последовательности (рис. 4.27).

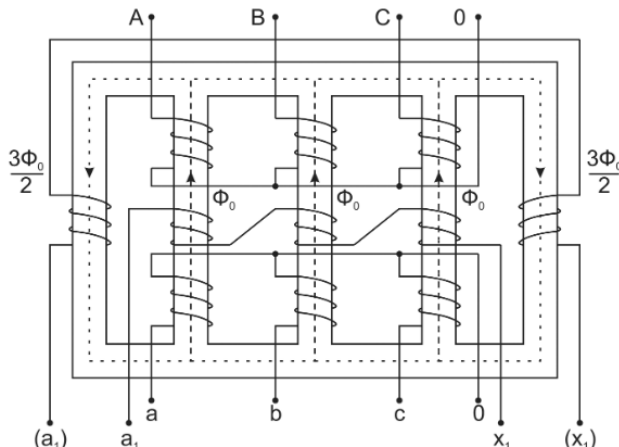


Рис. 4.27. Схема соединения трехфазного трансформатора напряжения в звезду

### Схема соединения обмоток трансформаторов напряжения в открытый треугольник

Два однофазных ТН включены на два междуфазных напряжения. Между проводами вторичной цепи включаются реле. Схема (4.28) позволяет получить 3 междуфазных напряжения.

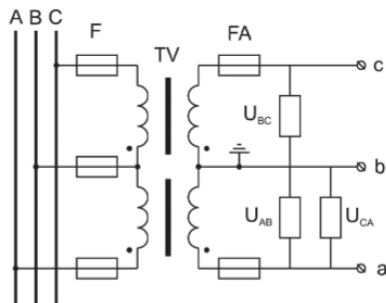


Рис. 4.28. Схема соединения обмоток трансформаторов напряжения в открытый треугольник



### Схема соединения трансформаторов напряжения в разомкнутый треугольник

Схема соединения, показанная на рис. 4.29 позволяет получить напряжение нулевой последовательности:

$$U_p = U_a + U_b + U_c,$$

$$U_p = \frac{U_A}{n_H} + \frac{U_B}{n_H} + \frac{U_C}{n_H},$$

$$U_p = \frac{U_A + U_B + U_C}{n_H} = \frac{3U_0}{n_H}.$$

В нормальном режиме  $U_p = 0$ .

Необходимым условием работы схемы является заземление нейтрали первичной обмотки ТН. При отсутствии заземления напряжение на реле будет отсутствовать. Для вторичной обмотки принимается  $U_{ном} = 100$  В — для сетей с заземленной нейтралью и  $100/3$  В — для изолированной. Практически в нормальных условиях напряжение на реле составляет  $U_{нб} = 0,5...2$  В.

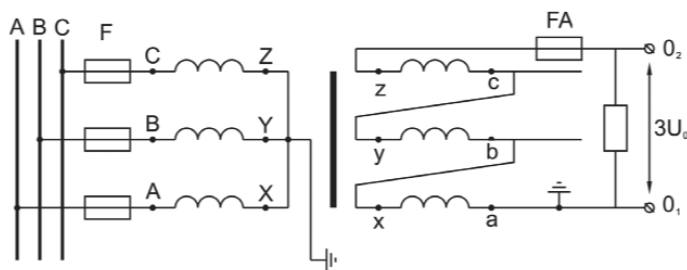


Рис. 4.29. Схема соединения трансформаторов напряжения в разомкнутый треугольник

#### 4.3.6. Датчики тока и напряжения (измерительные преобразователи)

Нагрузкой датчиков тока и напряжения обычно служат соответственно подобранные резисторы. Примеры исполнения датчиков тока показаны на рис. 4.30.

В качестве нагрузки датчика тока может использоваться резистор, включенный через двухполупериодный выпрямитель (рис. 4.30, а).

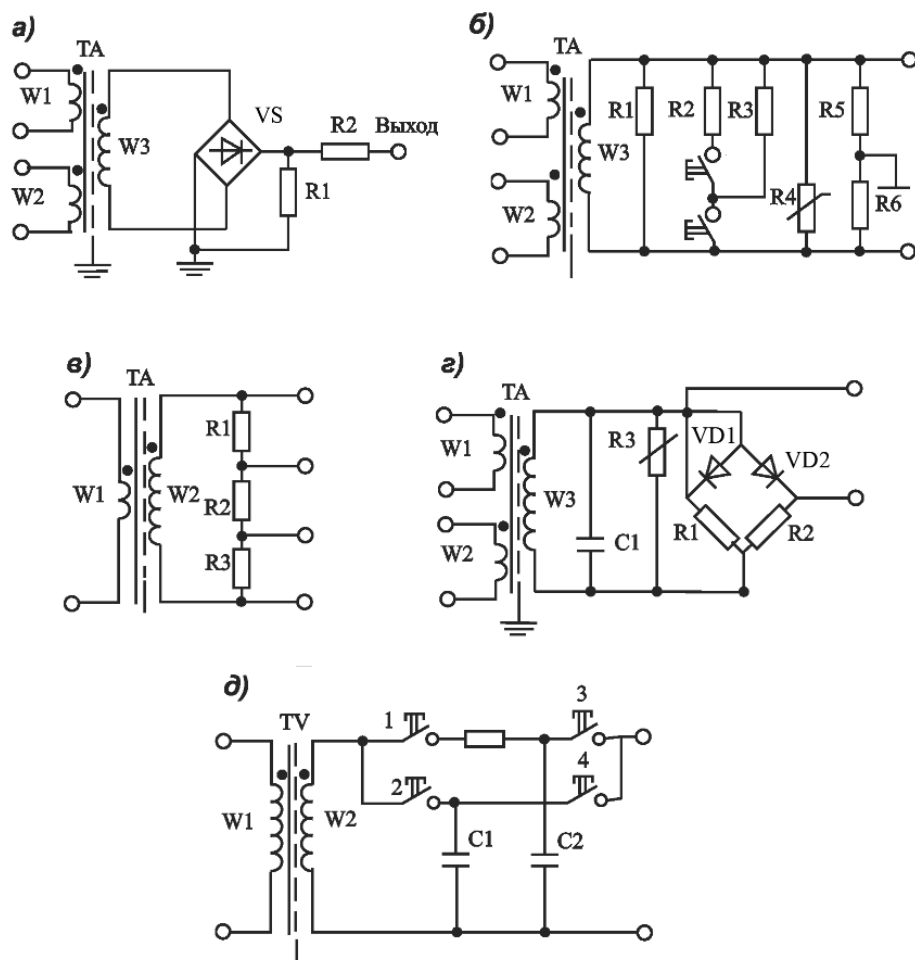


Рис. 4.30. Датчики тока и напряжения.

а — датчик тока с выпрямителем; б — датчик тока со ступенчатой регулировкой выходного сигнала; в — датчик тока с делителем выходного сигнала; г — датчик напряжения с фазоповоротной схемой; д — датчик напряжения со ступенчатой и плавной регулировкой выходного напряжения.

Применяются датчики тока с несколькими ступенями регулировки выходного сигнала с помощью резисторов, подсоединяемых через переключатели (рис. 4.30, б) к вторичной обмотке датчика. Выходное напряжение такого датчика снимается с делителя напряжения на резисторах.

Пример датчика тока, обеспечивающего возможность регулировки снимаемого с него напряжения с помощью отпаяек, показан на рис. 4.30, в.

#### 4.3.7. Особенности фазоповоротных и частотно-зависимых схем

**Фазоповоротные схемы.** Предназначены для преобразования напряжения на их входе в напряжение на их выходе, но смещенное по фазе на некоторый угол, причем в процессе этого преобразования может измениться и значение величины напряжения. Они также предназначены для преобразования тока на их входе в ток на их выходе, но смещенный по фазе на некоторый угол, причем в процессе этого преобразования может измениться и значение величины тока. Пример фазоповоротной схемы показан на рис. 4.31. Смещение выходного тока по фазе на некоторый угол обеспечивается изменением сопротивления резистора  $R$ .

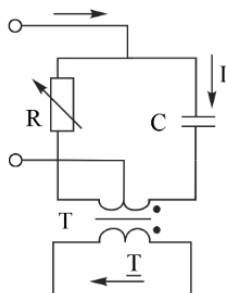


Рис. 4.31. Фазоповоротная схема

**Частотно-зависимые схемы.** Предназначены для изменения частоты синусоидального тока либо напряжения. На рис. 4.32 представлена частотно-зависимая схема, которая преобразует изменение частоты в изменение фазы. В этой схеме изменение частоты входного напряжения  $U$  вызывает изменение угла сдвига фаз напряжений  $U_1$ ,  $U_2$  на ее выходе.

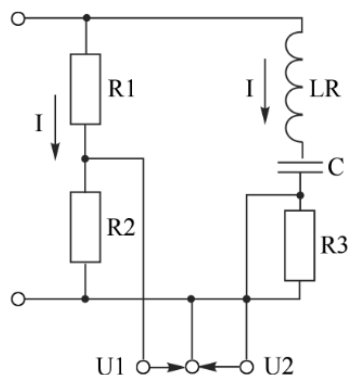


Рис. 4.32. Частотно-зависимая схема

#### 4.3.8. Особенности фильтров симметричных составляющих тока и напряжения

В случае нарушения симметричного режима работы трехфазной системы электроснабжения, например, из-за несимметричных коротких замыканий в сети, в полных фазных токах и напряжениях вместе с токами и напряжениями прямой последовательности появляются и составляющие обратной последовательности, и нулевой последовательности (при коротких замыканиях на землю). При этом возможна реализация защиты, которая будет реагировать на появление составляющих обратной последовательности и нулевой последовательности (при коротких замыканиях на землю). Пример однотрансформаторного первичного фильтра, являющегося измерительным трансформатором тока нулевой последовательности показан на рис. 4.33. Этот трансформатор состоит из выполненного в виде тора магнитопровода Т на котором имеется вторичная обмотка, причем этот магнитопровод устанавливается на трехфазный кабель, который является первичной обмоткой этого трансформатора. При наличии нормального режима работы и при многофазных коротких замыканиях, сумма фазных токов равна нулю и магнитный поток в магнитопроводе отсутствует, а ЭДС вторичной обмотки и ток в реле также равны нулю. При возникновении замыкания на землю, например, фазы эквивалентный первичный ток соответствует току нулевой последовательности.

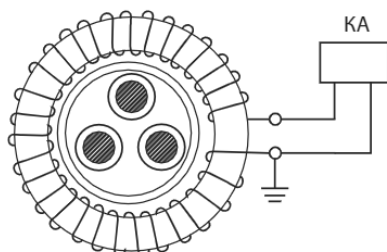
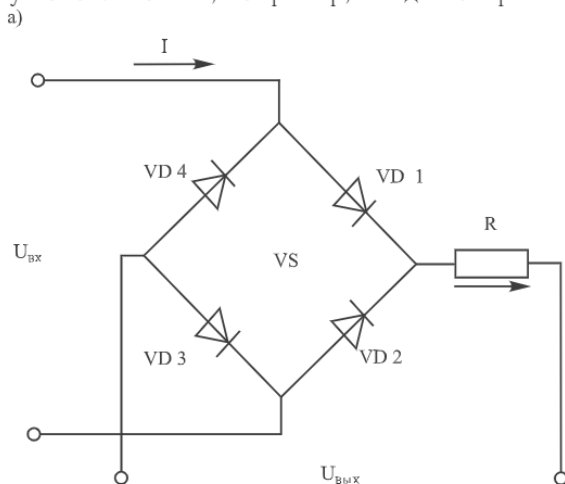
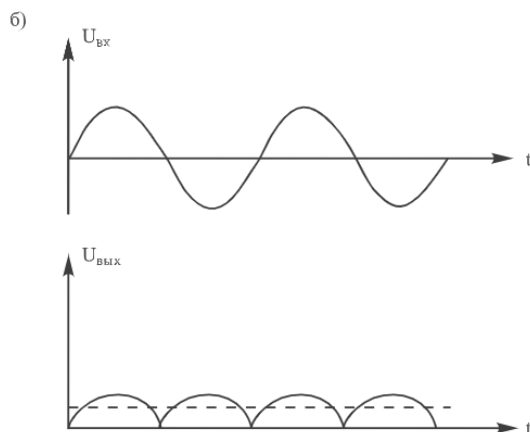


Рис. 4.33. Пример фильтра тока нулевой последовательности

#### 4.3.9. Особенности преобразователей синусоидальных токов и напряжений в постоянные токи и напряжения

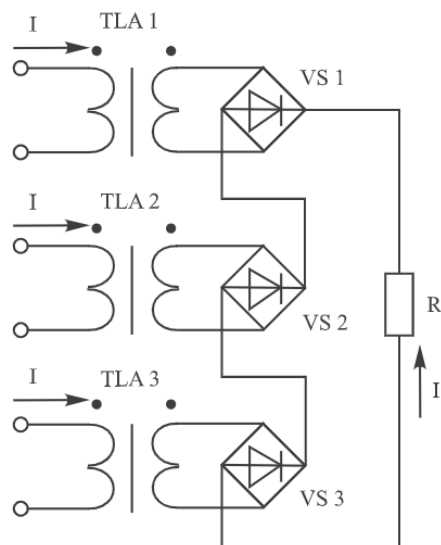
**Схемы выпрямления.** Для этих целей применяются схемы выпрямления, например, схема двухполупериодного выпрямления, пример которой, а также графиков изменения электрических величин во времени показан на рис. 4.34. Необходимо отметить, что переменная составляющая недопустима и поэтому на выходе этой схемы могут дополнительно устанавливаться, например, конденсаторы.





**Рис. 4.34.** Схема двухполупериодного выпрямления (а) и графики изменения электрических величин по времени (б)

**Максиселектор.** Для выделения максимального тока может применяться максиселектор. Пример максиселектора представлен на рис. 4.35. В этой схеме наибольший выпрямленный ток соответству-



**Рис. 4.35.** Пример максиселектора

ющего выпрямителя проходит через нагрузку к двум остальным выпрямителям, причем открывая при этом все их диоды. Два других тока выпрямителей не выходят во внешнюю цепь.

**Блоки питания.** Используются для обеспечения оперативным выпрямленным током устройств автоматики и релейной защиты. Подключаются они обычно к измерительным трансформаторам тока или напряжения, либо к трансформаторам, предназначенным для собственных нужд подстанций.

#### 4.4. Реле

Реле — автоматические приборы управления, обладающие релейным действием, т.е. скачкообразным изменением состояния управляемой цепи (например, замыкание или размыкание) при заданных значениях величин, характеризующих определенное отклонение режима контролируемого объекта.

*Типы реле:*

Электрические — реагируют на электрические величины.

Механические — реагируют на неэлектрические величины: скорость истечения жидкости или газа, уровень жидкости.

Тепловые — реагируют на количество выделенного тепла или изменение температуры.

##### 4.4.1. Электромагнитные реле тока и напряжения

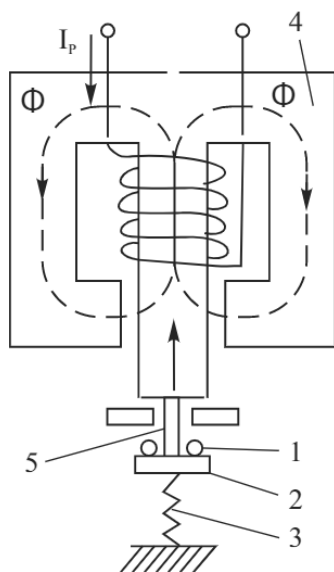
**Принцип действия.** Существуют три основные разновидности конструкций электромагнитных реле: с втягивающимся якорем; с поворотным якорем; с поперечным движением якоря.

Каждая конструкция содержит: электромагнит, состоящий из стального сердечника и обмотки, стальной подвижный якорь, несущий подвижный контакт, неподвижные контакты и противодействующую пружину.

Проходящий по обмотке ток  $I$  создает намагничивающую силу  $I \omega$ , под действием которой возникает магнитный поток  $\Phi$ , замыкающийся через сердечник электромагнита, воздушный зазор и якорь. Якорь намагничивается и притягивается к полюсу электромагнита, переместившись в конечное положение, якорь своим подвижным контактом замыкает неподвижные контакты реле.

На рис. 4.36 показан пример основных элементов конструкций электромагнитных реле. Действие этих реле основано на взаимодействии между ферромагнитным якорем и магнитным полем обмотки, обтекаемой током. Реле имеет контактную систему, состоящую из неподвижной и подвижной части. Подвижная часть обычно соединена с якорем реле. В случае отсутствия тока в обмотке якорь удерживается в исходном положении с помощью пружины и контакты контактной системы разомкнуты. При прохождении тока по обмотке реле возникает магнитный поток  $\Phi$ , который замыкается через магнитопровод электромагнита, воздушный зазор и якорь, причем электромагнитная сила в результате притягивает ферромагнитный якорь реле и контакты контактной системы замыкаются.

Необходимо отметить, что действие или отпускание реле, при котором оно выполняет свои функции в автоматическом устройстве, называется срабатыванием реле, причем срабатывание совпадает с действием. Ток или напряжение действия называется током или напряжением срабатывания реле, а коэффициент отпускания называется коэффициентом возврата, который всегда меньше единицы.



**Рис. 4.36.** Электромагнитная система с втягивающимся якорем электромагнитного реле; 1, 2 — контакты; 3 — возвратная пружина; 4 — ядро; 5 — сердечник.



Ток срабатывания  $I_{\text{ср}}$  — наименьший ток, при котором реле срабатывает,  $I_{\text{ср}}$  — это ток, при котором электромагнитная сила превосходит силу сопротивления пружины, трения и массы.

Ток срабатывания регулируют: изменяя количество витков обмотки реле, причем  $I_{\text{ср}}$  меняется ступенчато; регулируя пружину, причем  $I_{\text{ср}}$  меняется плавно.

Ток возврата — при уменьшении тока в обмотках реле происходит возврат притянутого якоря в исходное положение под действием пружины.

$I_{\text{воз}}$  — наибольший ток в реле, при котором возвращается в начальное положение.

Коэффициент возврата

$$k_{\text{воз}} = \frac{I_{\text{воз}}}{I_{\text{ср}}}.$$

У реле, реагирующих на возрастание тока (максимальных реле),  $I_{\text{ср}} > I_{\text{воз}}$ , а  $k_{\text{воз}} < 1$ .

По мере перемещения якоря воздушный зазор уменьшается, магнитное сопротивление уменьшается. Электромагнитный момент увеличивается, а сила противодействующей пружины остается постоянной, возникает избыточный момент. Для возврата якоря необходимо уменьшить ток.

Реле минимального действия — реле, действующее при уменьшении тока.

Для срабатывания необходимо уменьшить ток до значения, при котором момент пружины превзойдет электромагнитный момент.

$I_{\text{ср}}$  — наибольший ток, при котором отпадает якорь реле.

$I_{\text{воз}}$  — наименьший ток, при котором втягивается якорь реле,

$I_{\text{воз}} > I_{\text{ср}} \rightarrow k_{\text{воз}} > 1$ .

**Работа электромагнитного реле на переменном токе.** Электромагнитная сила  $F_z$  имеет пульсирующий характер. Притянутый якорь реле непрерывно вибрирует. Это вызываетдребезг контактов при срабатывании, что приводит к их подгоранию, изнашиваются оси. При большом моменте инерции якоря он не успевает следовать за быстрыми изменениями знака результирующей силы. Если же момент инерции якоря недостаточен, то для устранения вибрации применяют расщепление магнитного потока обмотки на две составляющие, сдвинутые по фазе.

Расщепление магнитного потока производится либо с помощью короткозамкнутого витка (рис. 4.37), либо обмотка реле выполняется двумя параллельными секциями с разным угловым сдвигом (рис. 4.38).

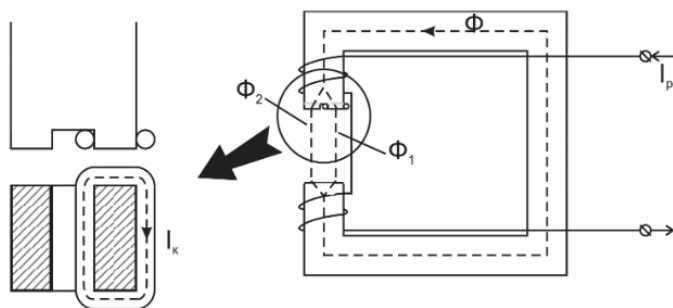


Рис. 4.37. Расщепление магнитного потока с помощью коротко-замкнутого витка

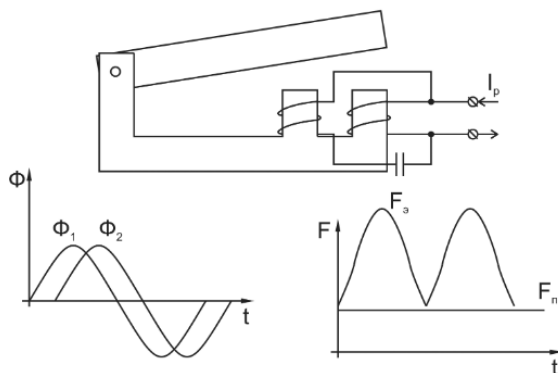


Рис. 4.38. Расщепление магнитного потока с помощью обмотки реле с двумя параллельными секциями с разным угловым сдвигом

#### 4.4.2. Разновидности электромагнитных реле

**Токовые реле.** Токовые реле — электромагнитные реле, включенные на ток сети (непосредственно или через трансформаторы тока).

Для уменьшения нагрузки на трансформатор тока токовые реле должны иметь по возможности малое потребление мощности. Обмотки токовых реле рассчитываются на длительное прохождение токов

нагрузки и кратковременное — токов  $KЗ$ .  $k_{воз}$  должен приближаться к единице.

Реле РТ-40. Ток срабатывания регулируется плавно изменением натяжения пружины. Обмотка реле состоит из двух секций, что позволяет путем параллельного и последовательного включений изменять пределы регулирования тока срабатывания. При последовательном соединении число витков возрастает, увеличивается точность, диапазон уменьшается в 2 раза.

Обозначение реле РТ-40/0,2 — диапазон токов срабатывания — 0,05...0,2 А; РТ-40/20 — 5...20А.

**Реле напряжения.** По конструкции реле напряжения аналогичны токовым, подключаются к трансформаторам напряжения.

Реле РН-55. В реле напряжения для снижения вибраций подвижной системы обмотка реле включена в сеть вторичного тока не непосредственно, а через выпрямитель.

**Промежуточные реле.** Применяются, когда необходимо одновременно замыкать несколько независимых цепей или когда требуется реле с мощными контактами для замыкания/размыкания цепей с большим током.

Промежуточные реле по способу включения подразделяются на реле параллельного и последовательного включения.

*Параллельное включение* (рис. 4.39). Основные выходные реле: РП-23, РП-24. Реле, обладающие большим быстродействием: РП-211, РП-212 — 0,01...0,02 с. Обычно время срабатывания промежуточных реле от 0,02 до 0,1 с.

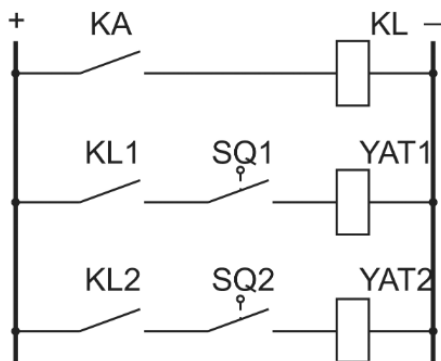


Рис. 4.39. Промежуточное реле параллельного включения

*Последовательное включение* (рис. 4.40). Используется, если выходной сигнал при срабатывании защиты слишком кратковременен для обеспечения отключения выключателей.

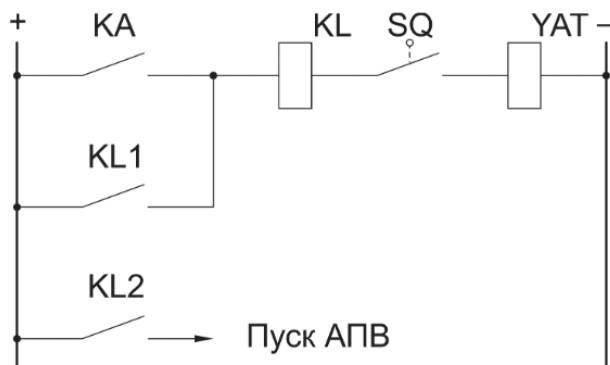


Рис. 4.40. Промежуточное реле последовательного включения

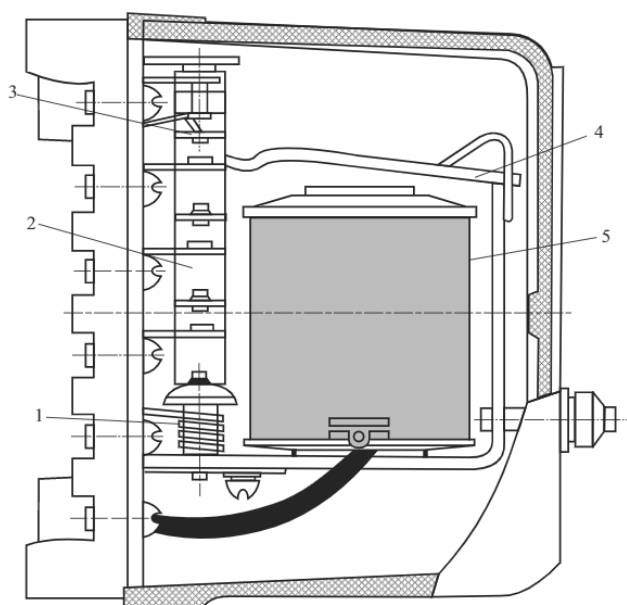


Рис. 4.41. Промежуточное реле постоянного тока.

1 — возвратная пружина; 2 — шток; 3 — подвижные контакты; 4 — якорь;  
5 — полюс электромагнита

Работает промежуточное реле обычно следующим образом. Под воздействием возвратной пружины 1 шток 2 с подвижными контактами 3 находится в крайнем верхнем положении. При этом замыкающий контакт замкнут, а замыкающие контакты разомкнуты. Якорь 4 оттянут вверх при отсутствии напряжения на обмотке реле, а при наличии на обмотке реле напряжения, превышающего напряжение срабатывания реле, якорь притягивается к полюсу электромагнита 5. При притягивании якоря к полюсу электромагнита шток 2 перемещается вниз и переключает соответствующие контакты.

**Указательные реле.** Ввиду кратковременности прохождения тока в обмотке указательного реле (рис. 4.42) они выполняются так, что сигнальный флажок и контакты реле остаются в сработавшем состоянии до тех пор, пока их не возвратит на место обслуживающий персонал.

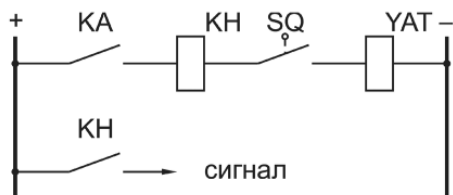


Рис. 4.42. Указательное реле

Типы указательных реле: РУ-21, СЭ-2, ЭС-41.

**Реле времени.** Реле времени (рис. 4.43) служат для искусственного замедления действия устройств релейной защиты. Основное требование — точность. Погрешность во времени действия реле не должна превышать  $\pm 0,25$  с, а для высокоточных реле  $\pm 0,06$  с.

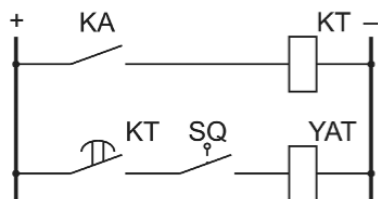


Рис. 4.43. Реле времени

Пример конструкции реле времени показан на рис. 4.44. При появлении тока в обмотке якорь втягивается, освобождая рычаг с зубчатым сегментом. Под действием пружины рычаг приходит в движение, за-

медляемое устройством выдержки времени. Через определенное время подвижный контакт замкнет контакты реле.

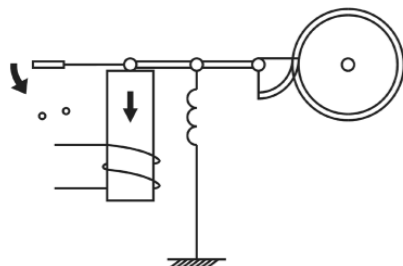


Рис. 4.44. Конструкция реле времени.

Типы реле времени: ЭВ–100, ЭВ–200 и др. Широко используются и полупроводниковые реле времени серии ВЛ. Изготавливаются реле времени с синхронным электродвигателем серии Е–52, ВС–10. Реле серий Е–512, Е–513 имеют двигатели постоянного тока.

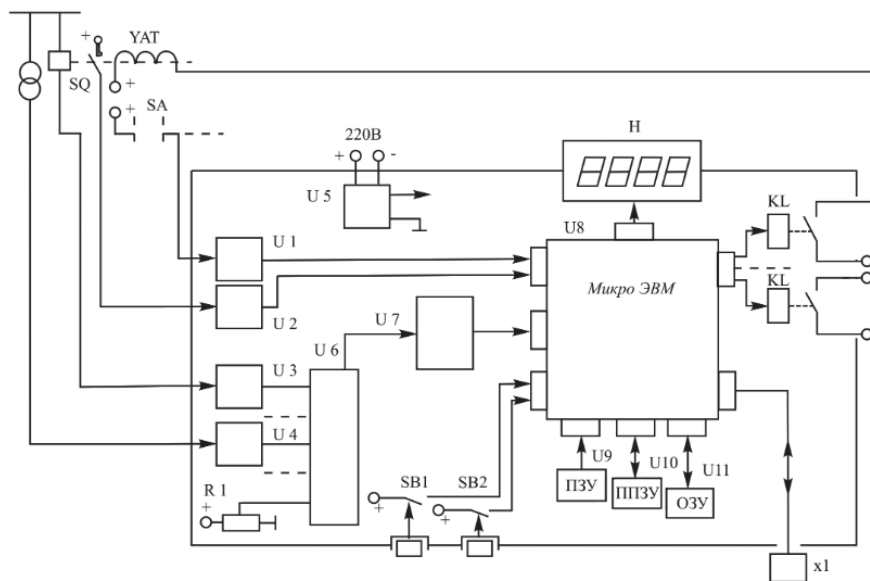
#### **4.4.3. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики в электрических сетях**

Производители микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики в электрических сетях, например, ABB, SIEMENS в основном переходят на цифровую элементную базу. Цифровые защиты, выпускаемые этими фирмами, имеют высокие технические характеристики, и отличаются многофункциональностью. Переход на цифровые способы обработки информации в устройствах релейной защиты и автоматики в электрических сетях не привел к появлению каких-либо новых принципов построения защиты электроустановок, но существенно улучшил, например, эксплуатационные качества реле.

**Пример структурной схемы микропроцессорного устройства релейной защиты и автоматики в электрических сетях.** Пример этой схемы представлен на рис. 4.45. Центральным узлом цифрового устройства является микропроцессор, который через свои устройства ввода-вывода обменивается информацией с периферийными узлами. С помощью них осуществляется сопряжение микропроцессора с внешней средой: датчиками исходной информации; объектом управления; оператором и др. При этом может использоваться, либо один микро-

процессор, либо несколько микропроцессоров, примерно 4-10 микропроцессоров (МП) работающих параллельно, каждый из которых занят решением отдельного фрагмента общей задачи защиты электрических сетей.

Входные преобразователи обеспечивают гальваническую развязку внешних цепей от внутренних цепей микропроцессорного устройства. Кроме того, входные преобразователи осуществляют приведение контролируемых сигналов к нормированному уровню, а также осуществляют предварительную частотную фильтрацию входных сигналов перед их аналого-цифровым преобразованием. Применяются обычно преобразователи аналоговые U3, U4 и цифровые U2 входных сигналов, а также устройства выборки и хранения. Устройства выборки и хранения обеспечивают линейную или нелинейную передачу контролируемого сигнала во всем диапазоне его изменения.



**Рис. 4.45.** Структурная схема микропроцессорного устройства релейной защиты и автоматики в электрических сетях.

U1–U4 — входные преобразователи сигналов; KL — выходной преобразователь сигналов; U6, U7 — аналого-цифровые преобразователи; SB1, SB2 — кнопки управления; H — дисплей для отображения информации; U5 — блок питания; X1 — коммуникационный порт для связи с другими устройствами

В качестве выходных преобразователей обычно применяются релейные преобразователи. Воздействие реле на защищаемый объект традиционно осуществляется в виде дискретных сигналов управления. При этом выходные цепи устройства защиты выполняются так, чтобы обеспечить гальваническую развязку коммутируемых цепей, как между собой, так и относительно внутренних цепей микропроцессорного устройства. Выходные преобразователи должны обладать соответствующей коммутационной способностью, причем обеспечивать видимый разрыв коммутируемой цепи.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) обычно подключаются к мультимплексу *У6*. Мультимплексор это электронный коммутатор, поочередно подающий контролируемые сигналы на вход устройства выборки и хранения. В АЦП осуществляется преобразование мгновенного значения входного аналогового сигнала в пропорциональное ему цифровое значение. Преобразования выполняются с заданной периодичностью. В микропроцессорном устройстве на основании этих сигналов рассчитываются параметры контролируемых сигналов, например, их амплитудные значения. В микропроцессорном устройстве могут применяться цифро-аналоговые преобразователи для формирования аналоговых сигналов управления.

Блок питания *У5* обеспечивает электропитание микропроцессорного устройства стабилизированным напряжением, независимо от возможных изменений напряжения в питающей сети. Обычно применяется импульсный блок питания, работающий от сети постоянного тока, но могут использоваться и блоки питания от цепей переменного тока.

Применяются в микропроцессорном устройстве обычно также дисплей и клавиатура, которые позволяют оператору получить информацию от устройства, изменять режим его работы и вводить новую информацию. Следует отметить, что дисплей *Н* и, например, кнопки *SB1*, *SB2* клавиатуры, обычно применяются в упрощенном виде: дисплей цифробуквенный в несколько строк; клавиатура в несколько кнопок.

Порт связи с внешними цифровыми устройствами (коммуникационный порт), который применяется для дистанционной работы с данным устройством, причем возможно через персональный компьютер и др.

Вся обработка информации в микропроцессорном устройстве осуществляется внутри по определенному алгоритму, реализованному в виде программы его работы. Для его работы требуется запоминающее устройство, где хранится программа (последовательность команд), которую необходимо выполнить. В устройствах, работающих по жест-



кой программе, программа записывается в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ), которое находится в микропроцессорном устройстве. Для хранения промежуточных результатов вычислений (данных) обычно применяется оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Обмен информацией с внешним оборудованием осуществляется с помощью устройства ввода-вывода.

Любая информация в микропроцессорном устройстве представляется в виде чисел (числовых кодов). Обмен информацией между элементами микропроцессорного устройства осуществляется с помощью шин, т. е. системы электрических линий. Шины различаются по функциям: шина данных; шина адреса; шина команд управления для элементов микропроцессорного устройства. При передаче информации используется двоичная система счисления, требующая для отображения чисел использования только двух символов 0 и 1, что отображается при работе микропроцессорного устройства в виде числовых кодов.

Скорость работы микропроцессорного устройства зависит от разрядности чисел, передаваемых по его шинам, причем обычно это 32-разрядные числа. Время выполнения команды определяется тактовой частотой генератора, входящего в состав микропроцессорного устройства и зависит от быстродействия применяемых в нем интегральных микросхем (ИМС).

**Входные преобразователи, работающие с микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики в электрических сетях.** Сигналы контролируемые устройствами релейной защиты и автоматики в электрических сетях различные, причем, это токи, напряжения, температура и т. д. При подключении микропроцессорных устройств к датчикам тока и напряжения, и к другим распространенным элементам, требуется приведение сигналов к единому виду и диапазону изменения, приемлемому для обработки электронными узлами, которое и осуществляется с помощью входных преобразователей.

Наиболее часто входные согласующие преобразователи цифровых устройств выполняются на базе обычных электромагнитных трансформаторов с ферромагнитным сердечником. Несмотря на то, что такие трансформаторы имеют нелинейные передаточные характеристики, определенный разброс параметров, некоторую нестабильность во времени и при изменении температуры, они все же приемлемы для построения устройств релейной защиты и автоматики, допускающих работу с погрешностью до 2%. Пример входного преобразователя на базе промежуточного трансформатора показан на рис. 4.46.

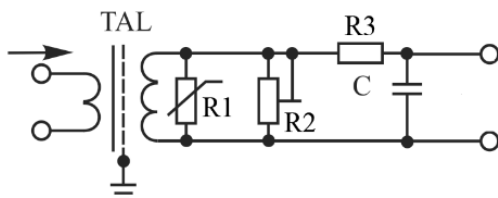


Рис. 4.46. Входные преобразователи на базе промежуточного трансформатора

Во входных преобразователях на базе промежуточных трансформаторов основное внимание уделяется снижению «междообмоточной» емкости, по которой возможно попадание импульсных помех внутрь микропроцессорного устройства. С этой целью секционируют вторичную обмотку, либо помещают между первичной и вторичной обмотками трансформатора электростатический экран. В связи с низким потреблением мощности последующими электронными узлами, преобразование токовых сигналов в напряжение обычно осуществляют с использованием шунтов  $R$ . Для защиты электронных узлов от возможных перенапряжений широко применяют варисторы или стабилитроны и фильтры, например, на основе  $RC$ -цепей. Ограничение полосы пропускания в области высоких частот необходимо и для правильной работы аналого-цифрового преобразователя, независимо от того, будет ли в последующем применяться цифровая фильтрация сигналов или нет.

**Аналого-цифровые преобразователи, работающие с микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики в электрических сетях.** Для работы микропроцессорного устройства необходимы сигналы не в аналоговой, а в цифровой форме. Дискретный (цифровой) сигнал, в отличие от аналогового, может принимать лишь множество значений и определен только для конкретных моментов времени. Процесс перехода от аналогового сигнала к дискретному обычно называется дискретизацией сигнала, а устройства, выполняющие эту операцию, называются аналого-цифровыми преобразователями (АЦП). Переход от непрерывного сигнала к дискретному сигналу всегда происходит с потерей некоторого количества информации. Пример для пояснения аналогово-цифрового преобразования сигнала представлен на рис. 4.47.

Характеризуя АЦП, говорят об интервале дискретизации сигнала по времени или частоте выборок и о его разрядности.

Для периодических сигналов существует взаимосвязь между верхней частотой преобразуемого сигнала и необходимым количе-

ством выборок. Для точного восстановления первоначального сигнала из его дискретного представления частота выборок должна вдвое превышать самую высокочастотную гармоническую составляющую входного сигнала. При аналого-цифровом преобразовании из входного сигнала должны быть исключены все гармоники с частотой более высокой, чем частота квантования, и поэтому на входе АЦП обычно устанавливают аналоговый фильтр нижних частот с полосой пропускания не более  $f_s = 1/\Delta t$ . В микропроцессорных устройствах релейной защиты и автоматики в электрических сетях обычно применяют АЦП с частотой выборок от 600 до 2000 Гц. Более высокая частота выборок используется в том случае, когда нужно получить и осциллограмму аварийного процесса. Цифровое устройство с частотой выборок 2000 Гц эквивалентно осциллографу с полосой пропускания 0–1000 Гц.

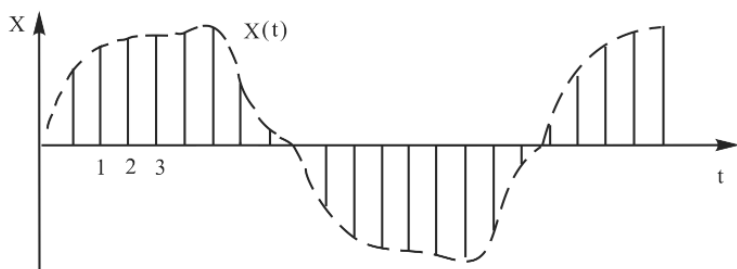


Рис. 4.47. Аналогово-цифровой преобразованный сигнал

Разрядностью АЦП является разрядность ( $p$ ) формируемого им двоичного числа. Разрядность АЦП взаимосвязана с точностью измерения аналоговой величины. Пример для пояснения разрядности аналогово-цифрового преобразователя сигнала представлен на рис. 4.48. Например, в двухразрядном АЦП на его двух выходах возможно формирование только четырех независимых числовых комбинаций: 00, 01, 10 и 11. Эти числа можно интерпретировать как нахождение входного аналогового сигнала в одном из четырех диапазонов, ограниченных  $0-X_{\max}$ . В электрических сетях в наиболее широком диапазоне изменяется ток. Ток при нормальном режиме работы электроустановки находится в пределах  $0-I_{\text{ном}}$ , а при аварийном может достигать до  $30 I_{\text{ном}}$ . Для преобразования с погрешностью не более 2% требуемое число ступеней квантования  $m$  должно быть примерно 4000, т. е. требуется АЦП с разрядностью примерно 12.

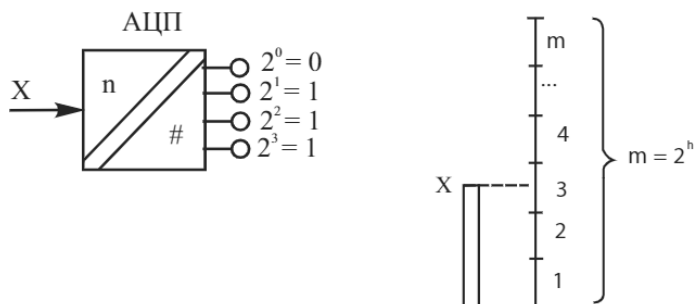


Рис. 4.48. Разрядность аналогово-цифрового преобразователя сигнала

**Ввод дискретных сигналов в микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики в электрических сетях.** Ввод дискретных сигналов в микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики в электрических сетях обычно осуществляется с помощью преобразователей на основе оптронов. Пример для пояснения ввода дискретного сигнала показан на рис. 4.49. Собственное время переключения у оптронов составляет доли микросекунды. При применении оптопары (светодиод-фотоприемник) отсутствуют помехи. Допустимое напряжение между цепью управления и элементами управляемой цепи достигает нескольких киловольт, а рабочий ток светодиода VD составляет примерно 5 мА.

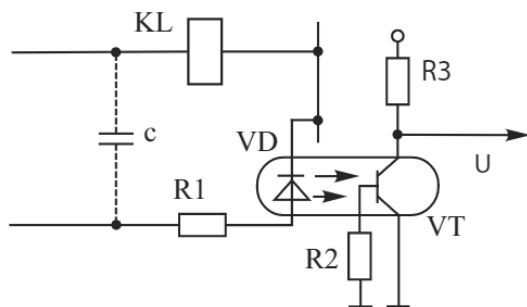


Рис. 4.49. Ввод дискретного сигнала

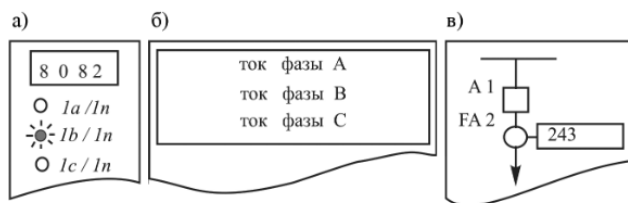
В связи с малым током, проходящим через оптрон этот преобразователь имеет низкую помехозащищенность. Например, при наличии протяженного проводника, связывающего управляющий ключ с оптроном, возможно ложное срабатывание оптрона при перезарядке паразитной емкости  $C$ . Чтобы исключить ложную работу устройства релейной защиты и автоматики в электрических сетях в такой ситуации, дополнительно в схему вводится, например, триггер-зашелка, или элемент задержки с фиксированной или регулируемой задержкой в формировании выходного сигнала. Для того, чтобы отстроиться от переходных процессов, обычно достаточно задержки 3 мс.

**Выходные реле, работающие с микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики в электрических сетях.** Несмотря на наличие цифровых реле, в большинстве случаев по-прежнему используются промежуточные электромагнитные реле (обеспечивающее видимый разрыв в коммутируемой цепи). Обычно применяются несколько типов малогабаритных реле, как с высокой коммутационной способностью для работы непосредственно в цепях управления выключателей, так и с низкой коммутационной способностью для работы в цепях сигнализации. Мощные реле способны включать цепи с током примерно 5–30 А, но их отключающая способность обычно не превосходит 0,2 А при постоянном напряжении 220 В. Схема управления должна предусматривать прерывание тока в цепи электромагнита выключателя его вспомогательным контактом. Отключающая способность сигнальных реле обычно не превышает 0,15 А в цепях постоянного тока напряжением 220 В.

**Отображение информации в микропроцессорных устройствах релейной защиты и автоматики в электрических сетях.** Для отображения информации в микропроцессорных устройствах релейной защиты и автоматики в электрических сетях обычно используются отдельные светодиодные индикаторы, или дисплеи. Дисплеи могут предоставить оператору следующую информацию: текущие значения токов и напряжений электроустановки; аварийные значения токов и напряжений электроустановки; уставки (в цифровых реле может быть несколько наборов уставок); состояние входов и выходов управления и др. На рис. 4.50. представлены примеры дисплеев в микропроцессорных устройствах релейной защиты и автоматики.

На дисплее со светодиодными индикаторами отдельный светодиодный индикатор (или крайний левый разряд цифрового светодиодного табло) указывает на отображаемый параметр, а численное значение этого параметра выводится в трех правых разрядах цифрового табло. Недостатками жидкокристаллических индикаторов являются относительно низкая кон-

трастность изображения и неработоспособность при низких температурах. Наиболее наглядно информация представляется на графическом дисплее.



**Рис. 4.50.** Примеры дисплеев в микропроцессорных устройствах релейной защиты и автоматики.

*а* — дисплей со светодиодными индикаторами; *б* — дисплей на основе жидкокристаллических индикаторов; *в* — дисплей с графическим представлением информации

**Кнопки управления и клавиатура работающие с микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики в электрических сетях.** Кнопки управления или клавиатура являются неотъемлемыми элементами связи оператора с микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики в электрических сетях. С помощью клавиатуры можно изменить режим работы устройства, вызвать на дисплей интересующие оператора параметры и величины, ввести уставки и т. д. Число кнопок, используемых в клавиатурах микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики в электрических сетях, варьируется от двух до десяти. Чем больше кнопок в клавиатуре, тем удобнее и быстрее можно вводить информацию в устройство. Однако, кнопки являются наиболее ненадежными элементами цифровой аппаратуры. Поэтому если пользоваться клавиатурой приходится крайне редко, то можно использовать минимальное число кнопок.

**Блоки питания, работающие с микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики в электрических сетях.** Обычно используются импульсные блоки питания, выполняемые на базе высокочастотных инверторов. Пример импульсного блока питания с однотактным инвертором представлен на рис. 4.51.

С помощью электронного ключа, выполненного на транзисторе VT1, на первичную обмотку развязывающего трансформатора Т подаются импульсы напряжения с частотой несколько десятков килогерц. Работающий на высокой частоте трансформатор получается небольших габаритов, и с малым числом витков в обмотках но с высокой мощностью. Использование широтно-импульсной модуляции (импульсов модулированных по

ширине) при управлении ключом VT1 позволяет поддерживать стабильным выходное напряжение инвертора при изменении питающего напряжения в широких пределах. Для исключения повреждения инвертора при несоблюдении полярности подаваемого напряжения на его входе устанавливается диодный мост VC1. Емкости накопительных конденсаторов C1 и C2 применяются для сглаживания пульсаций в выходном напряжении.

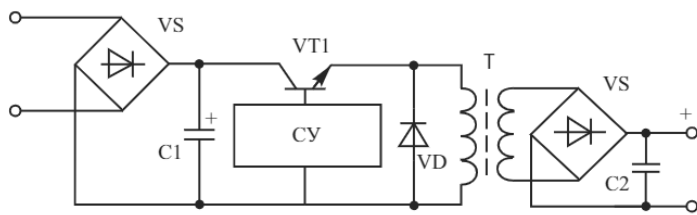


Рис. 4.51. Импульсный блок питания с однотоковым инвертором

**Интерфейсы с проводными каналами связи, работающие с микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики в электрических сетях.** Под интерфейсом понимается совокупность аппаратных и программных средств, необходимых для реализации взаимодействия различных цифровых устройств, объединенных в систему. По принципу обмена информацией интерфейсы подразделяются на интерфейсы с параллельной и последовательной передачей данных.

Наиболее быстрый обмен информацией между двумя цифровыми устройствами обеспечивает параллельный интерфейс, упрощенная схема которого представлена на рис. 4.52, а. В нем по синхронизирующему сигналу управления передающее устройство выставляет на шину данных (ШД) одновременно все разряды передаваемого числа, а приемное устройство его считывает. Обычно этот тип интерфейса применяется при передаче информации на небольшие расстояния (например, при связи компьютера с принтером), либо при необходимости обеспечить высокую скорость обмена информацией.

Пример последовательного интерфейса, обеспечивающего последовательную передачу данных, показан на рис. 4.52, б. В этом интерфейсе слово данных передается последовательно разряд за разрядом. Асинхронный способ передачи данных требует минимального количества линий. При асинхронной передаче приемник распознает не только начало и окончание передачи от передатчика, но и обеспечивает выявление искажения информации при передаче. При этом, например, в режиме ожидания передатчик выдает в линию сигнал логической

единицы (стартовый бит-СБ). Начало передачи приемник распознает по появлению на линии стартового бита. Длительность передачи одного бита заранее установлена, причем приемник и передатчик предварительно настроены. После окончания передачи стартового бита передатчик передает разряд за разрядом биты слова данных (БД). После передачи данных следует так называемый бит паритета (БП). Бит паритета устанавливается передатчиком в состояние логической единицы, если в слове данных нечетное число единиц, и используется «четный» паритет. Бит паритета устанавливается передатчиком в состояние логического нуля, если в слове данных четное число единиц, и используется «нечетный» паритет. С помощью бита паритета, приемник способен обнаруживать сбой при передаче данных. Оканчивается сообщение передачей обычно двух стоповых битов (СПБ). Стоповые биты определяют минимальный интервал между передачей отдельных слов данных. При асинхронной передаче данных может использоваться стандартный ряд скоростей: 300; 600; 1200; 2400; 4800; 9600; 19200 и более бит в секунду. Существует достаточно много стандартов на каналы последовательной связи. Стандарты отличаются по скорости обмена, организации связи и т.д. Распространен стандарт RS232. Он обеспечивает дальность связи до 15 м. Уровни используемых сигналов: лог. 0 от +3 до +25 В; лог. 1 от -3 до -25 В. Сопротивление нагрузки 3–7 кОм. Провода между передатчиком и приемником обычно выполняются в виде витой пары.

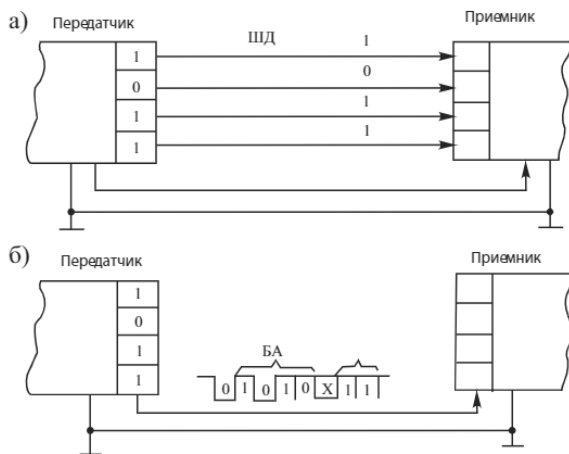
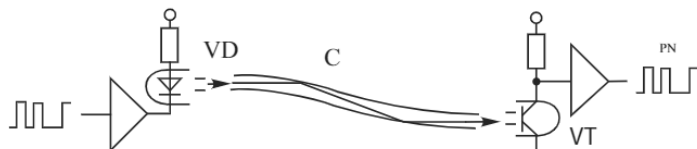


Рис. 4.52. Параллельный (а) и последовательный (б) интерфейс



**Интерфейсы с волоконно-оптическими каналами связи, работающие с микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики в электрических сетях.** На рис. 4.53 представлен пример передачи информации с использованием волоконно-оптического канала связи.



**Рис. 4.53.** Передача информации с использованием волоконно-оптического канала связи

Основными элементами волоконно-оптического канала связи являются: оптический излучатель VD, светодиод С, светочувствительный элемент (фотоприемник) VT. В качестве излучателей используются полупроводниковые светодиоды и могут использоваться твердотельные диодные лазеры. В отличие от диффузионных светодиодов лазеры являются источниками когерентного излучения. Обычно используется излучение с длиной волны 800 нм (инфракрасная область невидимого спектра). В качестве детекторов используются фототранзисторы и рп-диоды. Эти диоды являются высококачественными оптическими детекторами со временем срабатывания несколько наносекунд и чувствительностью до 1000 фотонов/с. Движение света вдоль световода происходит при многократном внутреннем отражении луча на границе световод-оболочка. Волоконно-оптический кабель (ВОК) бывает нескольких типов. Самым дешевым является ВОК со ступенчатым изменением коэффициента преломления, причем для этой цели используются оптически прозрачная пластмасса. Минимальные потери в пластмассовом волокне наблюдаются в области видимого (красного) излучения. С помощью пластмассовых световодов можно передавать данные на расстояние до нескольких десятков метров. В волоконно-оптических кабелях, предназначенных для передачи данных на расстояние примерно 120 км (без повторителей), обычно применяется кварцевое волокно.

Световоды, по сравнению с электрическими кабелями, обладают рядом достоинств:

- высокая помехозащищенность в условиях электромагнитных полей, из-за того, что при высоком уровне электромагнитных помех искаженное сообщение приходится повторять и скорость передачи информации по электрическим линиям связи резко падает. По этой причине на электростанциях и подстанциях альтерна-

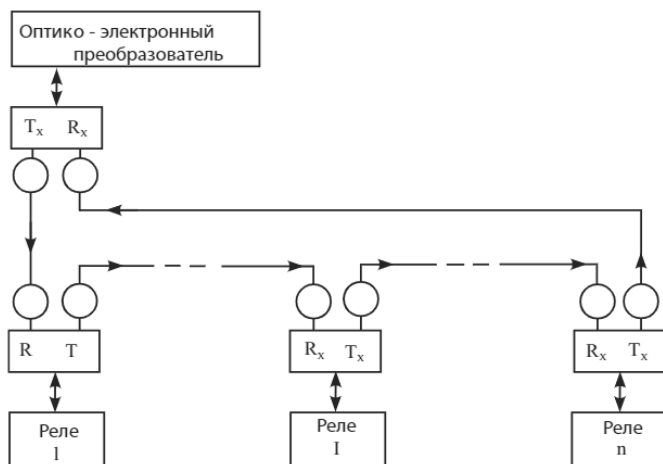
тивной электрическим линиям становятся волоконно-оптические линии связи;

- высокая пропускная способность по сравнению с коаксиальными кабелями;
- безопасность при эксплуатации, так как невозможно возгорание кабеля по причине короткого замыкания;
- не применяется в них медь, что при отработке технологии производства оптоволокна делает их потенциально дешевле;
- высокие эксплуатационные характеристики: малый радиус изгиба; возможна их прокладка рядом с силовыми кабелями.

Необходимо отметить, что недостатком ВОК является сложность сопряжения светодиодов между собой, а также с излучателями и приемниками сигналов. Это обуславливается и малым сечением волокна (диаметр 0,125 мм и менее), и необходимостью выполнения среза волокна строго перпендикулярно его оси и обработки среза с высокой точностью чистоты для обеспечения минимального затухания сигнала.

При использовании ВОК микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики в электрических сетях необходимо оснащать модулем оптико-электронного преобразования. На рис. 4.54 показан пример волоконно-оптической линии связи. Следует отметить, что под шиной связи понимается совокупность аппаратных средств связи и правил формирования передаваемых сообщений (указанных в протоколе обмена). Шина обычно представляет собой оптико-волоконную петлю, последовательно связывающую отдельные реле и устройство верхнего уровня. Передача сигнала только в одном направлении упрощает конструкцию оптико-электронных преобразователей, причем сообщения, передаваемые по оптической петле, циркулируют от одного оптико-электронного преобразователя к другому до тех пор, пока не найдут своего адресата.

Для исключения конфликтных ситуаций (одновременной передачи по оптико-волоконной петле нескольких сообщений), устройство верхнего уровня является ведущим и только ему дается право инициировать обмен информацией. Ведомые устройства могут только отвечать на запросы ведущего устройства. В случае необходимости одновременного обращения ведущего устройства ко всем ведомым (например, при синхронизации внутренних часов) используется так называемый широковещательный режим, при котором используется общий для всех ведомых адрес.



**Рис. 4.54.** Волоконно-оптическая линия связи.  
*Tx*-передатчик сигнала; *Rx*-приемник сигнала

## 4.5. Основы базовой микроЭВМ

### 4.5.1. Устройство базовой ЭВМ

Базовая ЭВМ (микроЭВМ) является учебной. После ее изучения вы сможете понять устройство и работу любых микроЭВМ, включая и представленную в разделе 4.8. Для пояснения структуры базовой ЭВМ представлен рис. 4.55.

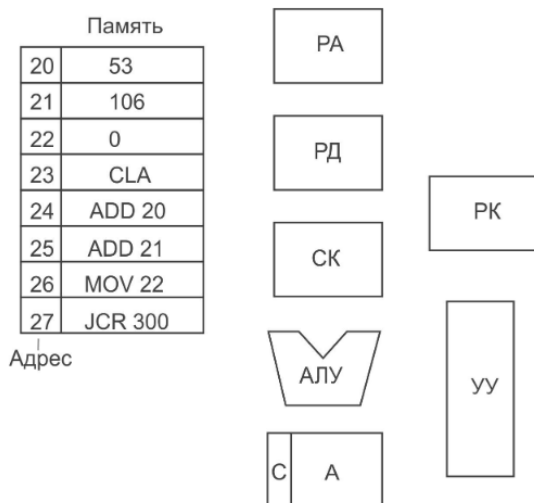
РА — регистр адреса. Содержит значение исполнительного адреса. Исполнительный адрес — адрес ячейки памяти, к которой обращается базовая ЭВМ, включая за командой или данными.

РД — регистр данных. Используется для хранения данных.

СК — счетчик команд. После исполнения любой команды он указывает адрес ячейки памяти, где находится следующая команда программы.

РК — регистр команд. Используется для хранения кода команды, которая непосредственно исполняется базовой ЭВМ.

С — регистр переноса. Одноразрядный регистр, выступающий в качестве продолжения аккумулятора. Заполняется при переполнении аккумулятора.



**Рис. 4.55.** Структура базовой ЭВМ

А — аккумулятор.

АЛУ — арифметическо-логическое устройство.

УУ — устройство управления.

Базовая ЭВМ может одновременно выполнять арифметические или логические операции с одним или двумя операндами.

В таблице 4.1 представлены основные условные графические обозначения.

**Основные условные графические обозначения программных элементов  
микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики  
в электрических сетях**

**Табл. 4.1.**

Выделитель максимального или минимального действующего значения трехфазного напряжения или тока — селектор	
Выделитель максимального значения — макси-селектор	
Выделитель минимального значения — мини-селектор	
Частотный фильтр нижних частот	

Полосовой частотный фильтр		
Измерительное реле		
Логические элементы	ИЛИ	
	И	
Временная задержка		
Независимая задержка		
Зависимая задержка		
Память (триггер)		

#### 4.5.2. Команды базовой ЭВМ

Различают команды — адресная (обращение к памяти), безадресная (обращение к регистрам), команды ввода-вывода. Пересылка может производиться из одного регистра базовой ЭВМ в другой, АЛУ, УВВ, память. УУ — устройство управления может находиться в 4 возможных состояниях: выборка команды, выборка адреса, исполнение и прерывание (переход к подпрограмме обработки прерывания, приостановка текущих действий). Примерные форматы команд базовой ЭВМ показаны на рис. 4.56.



Рис. 4.56. Примерные форматы команд базовой ЭВМ

### **Выборка команды**

Начальный адрес предварительно занесен в память. Это адрес, с которого начинается программа.

Например, в СК находится адрес 25. Адрес этот через АЛУ сначала пересылается в РА. УУ включает при этом в определенном порядке соответствующие вентильные схемы. Далее по адресу, находящемуся в РА происходит выборка команды: АДД21 из памяти и занесение ее в РД. Далее свое содержимое СК передает в АЛУ, где к 25+1 и сумма 26 снова заносится в СК. Таким образом, происходит переключение на следующую команду, т.е. наращивание счетчика команд.

Далее содержимое РД пересылается через АЛУ в РК. В РК код операции частично декодируется для выявления адресная эта команда или команда ввода-вывода. Анализируется также при этом бит признака (вида) адресации. Причем если 0—прямая адресация,

1—косвенная адресация указывается адрес ячейки памяти, где находится необходимый для выполнения операции адрес.

В случае безадресной команды или команды ввода-вывода они окончательно выполняются в этом цикле. Например, команда НЛТ — останов.

### **Выборка адреса**

Адресная часть команды пересылается из РД, где еще сохраняется копия команды в РА. Далее по адресу, находящемуся уже в РА из памяти читается в РД содержимое этой ячейки. Это либо адрес операнда, либо адрес перехода, либо адрес результата. Под адресом результата понимается адрес, куда пересылается результат после исполнения команды.

### **Исполнение команды (например, для команд ADD, SUB)**

Адрес операнда из РД пересылается через АЛУ в РА. Далее по этому, находящемуся в РА адресу из соответствующей ему ячейки памяти выбирается сам операнд и заносится в РД. Из РД операнд заносится в АЛУ, куда предварительно или одновременно заносится второй операнд из А. Результат исполнения команды заносится в аккумулятор.

Описание состояния: исполнение команды для команды пересылки MOV.

Адресное содержимое РД пересылается в РА. Содержимое А затем пересылается в РД и затем содержимое РД пересылается в память по адресу, указанному в РА.

### **Исполнение команды (например, для команды JSR 300 — обращение к подпрограмме)**

По этой команде, расположенной в ячейке 27 выполняется запись числа  $27+1=28$  в ячейку с адресом 300.

Далее выполняется запись адреса первой команды подпрограммы  $300+1=301$  в СК.

После выполнения последней команды в подпрограмме выполняется команда безусловного перехода BR300. При этом происходит возврат в основную головную программу.

Похожим образом реализована «Система прерываний». Причем в автомобильных контролерах она не распространена.

Реализация «Системы прерываний» основана на проверке на наличие запроса на прерывание. При наличии запроса заканчивается выполнение текущей команды и управление передается контролеру прерываний. При этом при поиске источника прерывания согласно назначенным приоритетам обнаруживается внешнее устройство с флагом  $=1$  и производится переход к соответствующему участку подпрограммы обмена с этим ВУ.

#### 4.5.3. Микропрограммное управление базовой ЭВМ

Взаимосвязи между логическими элементами, которые осуществляют преобразования и элементами которые хранят данные, постоянны. Операции выполняются в соответствии с машинными тактами.

Микропрограмма хранится в ПЗУ (память микропрограмм).

В каждом такте работы ЭВМ из ПЗУ в регистр микрокоманд (РМК) пересылается микрокоманда (МК), на которую указывает СЧМК (Счетчик микрокоманд).

Затем содержимое СЧМК наращивается на 1.

Существуют: операционные и управляющие микрокоманды. Их пример представлен на рис. 4.57.



Рис. 4.57. Операционные и управляющие микрокоманды базовой ЭВМ

Сигнал кода операции в бите 31–«0» — операционная микрокоманда открывает вентильную схему, которая в свою очередь обеспечивает передачу управляющих сигналов находящихся в битах 0–28.

Микрокоманды имеют горизонтальную или вертикальную структуру. Разряды РМК, содержащие «1» создают управляющие сигналы открывающего типа, а содержащие «0» сигналы закрывающего типа.

Операционные микрокоманды выполняют все операции в АЛУ.

Управляющие микрокоманды обеспечивают переходы. На 1 вход схемы сравнения в РМК поступает содержимое поля выбора проверяемого бита из проверяемого регистра. На 2 вход схемы сравнения поступает содержимое 23 бита УМК, в котором при кодировании на этапе разработки микропрограмм записали 0 или 1.

По результатам сравнения формируется либо «1» сигнал, который открывает соответствующий вентиль и на СЧМК пересылается адрес перехода (16-22 биты), либо не формируется никакого сигнала.

Если сигналы по результатам сравнения не идентичны, то на СЧМК сохраняется адрес МК, расположенной вслед за исполняемой. По этому адресу выбирается и исполняется следующая МК.



## Глава 5. Максимальная токовая защита

### 5.1. Принцип действия токовых защит

При коротком замыкании ток в линии увеличивается. Этот признак используется для выполнения токовых защит. Максимальная токовая защита (МТЗ) приходит в действие при увеличении тока в фазах линии сверх определенного значения.

Токовые защиты подразделяются на МТЗ (рис. 5.1), в которых для обеспечения селективности используется выдержка времени, и токовые отсечки, где селективность достигается выбором тока срабатывания. Таким образом, главное отличие между разными типами токовых защит в способе обеспечения селективности.

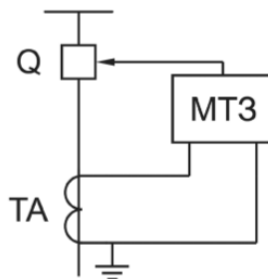


Рис. 5.1. Максимальная токовая защита

### 5.2. Защита линий с помощью МТЗ с независимой выдержкой времени

МТЗ — основная защита для воздушных линий с односторонним питанием. МТЗ оснащаются не только ЛЭП, но также и силовые трансформаторы, кабельные линии, мощные двигатели напряжением 6,10 кВ.

*Расположение защиты* в начале каждой линии со стороны источника питания.

На рис. 5.2 изображено действие защит при КЗ в точке К. Выдержки времени защит подбираются по ступенчатому принципу и не зависят от величины тока, протекающего по реле.

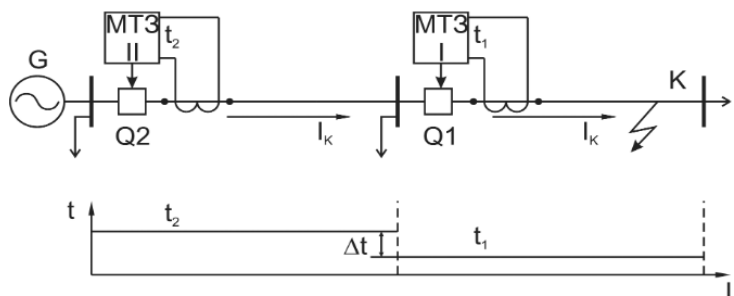


Рис. 5.2. Действие максимальных токовых защит при КЗ в точке К

### 5.2.1. Схемы защиты

#### Трехфазная схема защиты на постоянном оперативном токе

Схема защиты представлена на рис. 5.3.

Основные реле:

*Пусковой орган* — токовые реле КА.

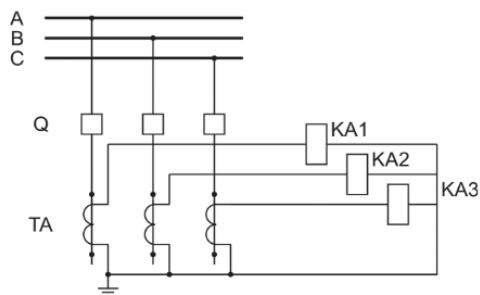
*Орган времени* — реле времени КТ.

Вспомогательные реле:

KL — промежуточное реле;

КН — указательное реле.

а) токовые цепи



б) цепи оперативного тока

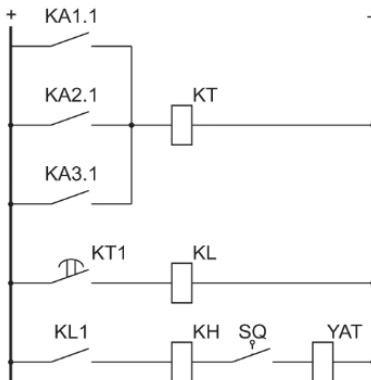


Рис. 5.3. Схемы трехфазной защиты на постоянном оперативном токе

Промежуточное реле устанавливается в тех случаях, когда реле времени не может замыкать цепь катушки отключения УАТ из-за недостаточной мощности своих контактов. Блок-контакт выключателя SQ служит для разрыва тока, протекающего по катушке отключения, так как контакты промежуточных реле не рассчитываются на размыкание.

### **Двухфазные схемы защиты на постоянном оперативном токе**

В тех случаях, когда МТЗ должна реагировать только при междуфазных КЗ, применяются двухфазные схемы с двумя (рис. 5.4) или одним реле (рис. 5.5), как более дешевые.

#### *Двухрелейная схема*

##### *Достоинства*

1. Схема реагирует на все междуфазные КЗ на линиях.
2. Экономичнее трехфазной схемы.

##### *Недостатки*

Меньшая чувствительность при двухфазных КЗ за трансформатором с соединением обмоток  $Y/\Delta$ –11 гр. (В два раза меньше, чем у трехфазной схемы).

#### *Однорелейная схема*

Схема реагирует на все случаи междуфазных КЗ.

##### *Достоинства*

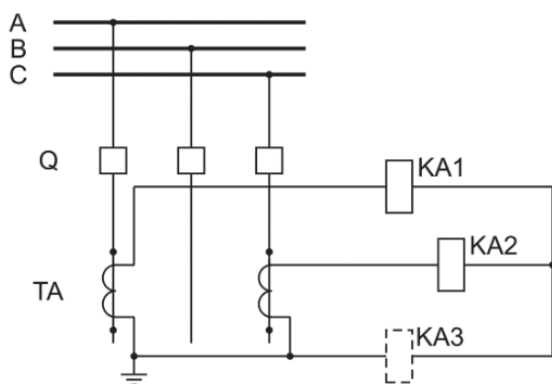
Только одно токовое реле.

##### *Недостатки*

1. Меньшая чувствительность по сравнению с двухрелейной схемой при КЗ между фазами АВ и ВС.
2. Недействие защиты при одном из трех возможных случаев двухфазных КЗ за трансформатором с соединением обмоток  $Y/\Delta$ .
3. Более низкая надежность — при неисправности единственного токового реле происходит отказ защиты.

Схема применяется в распределительных сетях 6...10 кВ и для защиты электродвигателей.

а) токовые цепи



б) цепи оперативного тока

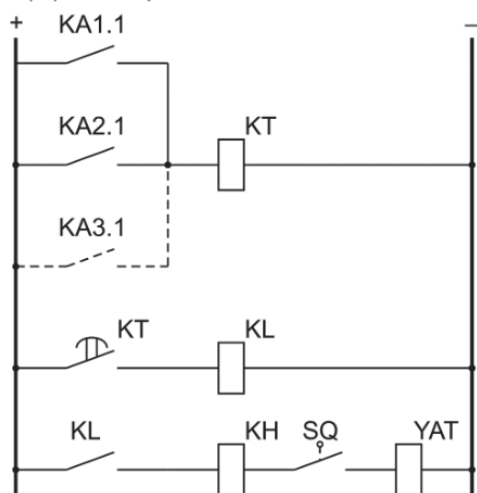
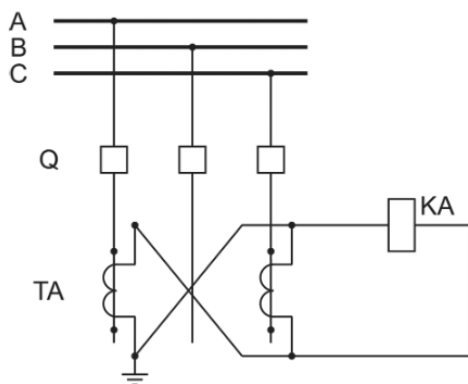


Рис. 5.4. Схемы двухфазной двухрелейной защиты на постоянном оперативном токе

а) токовые цепи



б) цепи оперативного тока

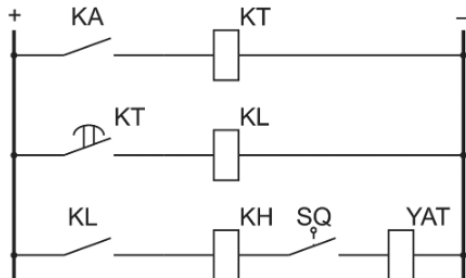


Рис. 5.5. Схемы двухфазной однорелейной защиты на постоянном оперативном токе

### 5.2.2. Выбор тока срабатывания защиты

Защита должна надежно срабатывать при повреждениях, но не должна действовать при максимальных токах нагрузки и кратковременных толчках (например, запуск двигателей). Слишком чувствительная защита может привести к неоправданным отключениям. Главная задача при выборе тока срабатывания состоит в надежной отстройке защиты от токов нагрузки.

Существуют два условия определения тока срабатывания защиты.

*Первое условие.* Токовые реле не должны приходить в действие от тока нагрузки:

$$I_{с.з} > I_{н.макс},$$

где  $I_{с.з}$  — ток срабатывания защиты (наименьший первичный ток в фазе линии, необходимый для действия защиты);

$I_{н.макс}$  — максимальный рабочий ток нагрузки.

*Второе условие.* Токовые реле, сработавшие при КЗ в сети, должны наджно возвращаться в исходное положение после отключения КЗ при оставшемся в защищаемой линии рабочем токе.

При КЗ приходят в действие реле защит I и II (рис. 5.2). После отключения КЗ защитой I прохождение тока КЗ прекращается и токовые реле защиты II должны вернуться в исходное положение.

Ток возврата реле должен быть больше тока нагрузки линии, проходящего через защиту II *после отключения КЗ*. И этот ток в первые моменты времени после отключения КЗ имеет повышенное значение из-за пусковых токов электродвигателей, которые при КЗ тормозятся вследствие понижения (при КЗ) напряжения:



Рис. 5.6. График для пояснения изменения тока в сети

$$I_{воз} > k_з I_{н.макс}$$

Увеличение  $I_{н.макс}$ , вызванное самозапуском двигателей, оценивается коэффициентом запуска  $k_з$ . Учет самозапуска двигателей является обязательным. При выполнении условия  $I_{воз} > k_з I_{н.макс}$  выполняется и условие  $I_{с.з} > I_{н.макс}$ , так как  $I_{воз} < I_{с.з}$ . Поэтому для отстройки защиты от нагрузки за исходное принимается условие:

$$I_{воз} = k_n k_з I_{н.макс},$$

где  $k_n$  — коэффициент надежности, учитывающий возможную погрешность в величине тока возврата реле,  $k_n = 1,1 \dots 1,2$ .

Ток срабатывания защиты находят из соотношения

$$k_{\text{воз}} \frac{I_{\text{воз}}}{I_{\text{с.з}}} \Rightarrow I_{\text{с.з}} = \frac{k_{\text{н}}}{k_{\text{воз}}} k_3 I_{\text{н.макс}}$$

Вторичный ток срабатывания реле находится с учетом коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов тока  $n_{\text{т}}$  и схемы включения реле  $k_{\text{сх}}$ :

$$I_{\text{с.р}} = k_{\text{сх}} \frac{I_{\text{с.з}}}{n_{\text{т}}}$$

Ток срабатывания защиты зависит от коэффициента возврата. Для снижения  $I_{\text{с.з}}$  необходимо увеличивать  $k_{\text{воз}}$ , причем он должен быть на уровне от 0,85 и выше.

Определение величины  $I_{\text{н.макс}}$  индивидуально для конкретного защищаемого объекта, ниже приведены два примера

1. Параллельные линии (рис. 5.7), питающие потребителя:

$$I_{\text{н.макс}} = I_{\text{нагр.}}$$

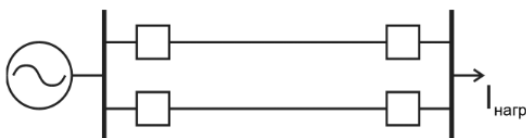


Рис. 5.7. Определение максимального тока нагрузки при наличии параллельных линий

Линии непараллельные (рис. 5.8), питающие потребителя:

$$I_{н.макс} = I_1 + I_2.$$

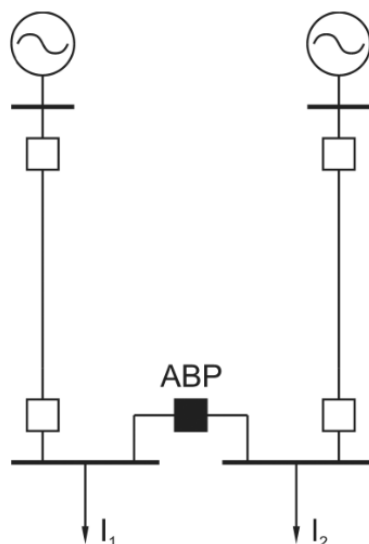


Рис. 5.8. Определение максимального тока нагрузки при наличии непараллельных линий

### 5.2.3. Чувствительность защиты

Ток срабатывания защиты  $I_{с.з}$  проверяется по условию чувствительности защиты:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{с.з}}},$$

где  $I_{\text{к.мин}}$  — минимальный ток КЗ при повреждении в конце *зоны действия защиты* как основной, так и резервной (рис. 5.9).

Значение  $k_{\text{ч}}$  для различных типов защит нормируется. В основной зоне  $k_{\text{ч}}$  как правило равен 1,5; в зоне резервирования допускается 1,2.



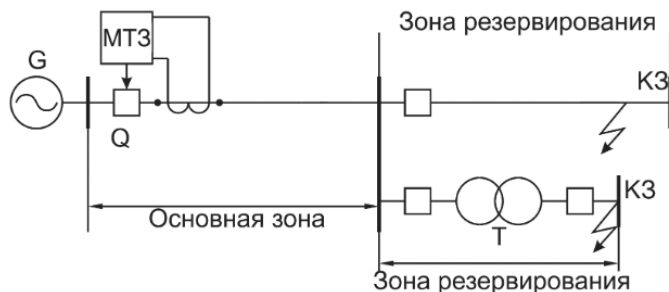


Рис. 5.9. Определение коэффициента чувствительной защиты

#### 5.2.4. Выдержка времени защиты

Для обеспечения селективности выдержки времени  $МТЗ$  выбираются по ступенчатому принципу (см. рис. 5.2).

Разница между временем действия защит двух смежных участков называется ступенью времени (ступенью селективности):

$$\Delta t = t_2 - t_1.$$

Ступень времени  $\Delta t$  должна быть такой, чтобы при  $КЗ$  на линии  $У$ ,  $МТЗ$  II (см. рис. 5.2) она не успевала сработать.

*Определение ступени селективности  $\Delta t$*

При  $КЗ$  в точке  $К$  защита I работает в течение времени

$$t_{зI} = t_{ввI} + t_{пI} + t_{вI},$$

где  $t_{ввI}$  — выдержка времени защиты I;

$t_{пI}$  — погрешность в сторону замедления реле времени защиты I;

$t_{вI}$  — время отключения выключателя  $QI$ .

Условие несрабатывания защиты II при  $КЗ$  на линии  $У$   $МТЗ$  II (см. рис. 5.2)

$$t_{ввII} > t_{ввI} + t_{пI} + t_{вI}.$$

Выдержка времени защиты II может быть определена как

$$t_{ввII} = t_{ввI} + t_{пI} + t_{вI} + t_{пII} + t_{зап},$$

где  $t_{\text{пII}}$  — погрешность в сторону снижения выдержки времени защиты II;

$t_{\text{зап}}$  — время запаса.

Таким образом, минимальная ступень времени  $t$  может быть вычислена как:

$$\Delta t = t_{\text{ввII}} - t_{\text{ввI}} = t_{\text{пI}} + t_{\text{вI}} + t_{\text{пII}} + t_{\text{зап}}.$$

По этой формуле определяется ступень времени для защит с независимой характеристикой времени срабатывания от тока.

Рекомендуется принимать  $\Delta t = 0,35 \dots 0,6$  с.

#### Выбор времени действия защит

Для МТЗ с независимой выдержкой времени выдержка времени защит вычисляется по формуле, представленной ниже, причем расчет начинается от МТЗ, установленных у потребителей электроэнергии (рис. 5.10):

$$t_{\text{вв}(n)} = t_{\text{вв}(n-1)} + \Delta t.$$

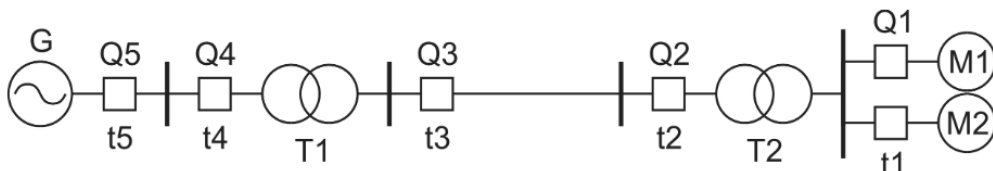


Рис. 5.10. Определение времени действия защит

$$t_1 = 0; t_2 = 0,5 \text{ с}; t_3 = 1 \text{ с}; t_4 = 1,5 \text{ с}; t_5 = 2 \text{ с}.$$

### 5.3. МТЗ с пуском (блокировкой) от реле минимального напряжения

#### 5.3.1. Схема защиты

Для повышения чувствительности МТЗ при КЗ и улучшения отстройки ее от токов нагрузки применяется пуск при помощи реле минимального напряжения.

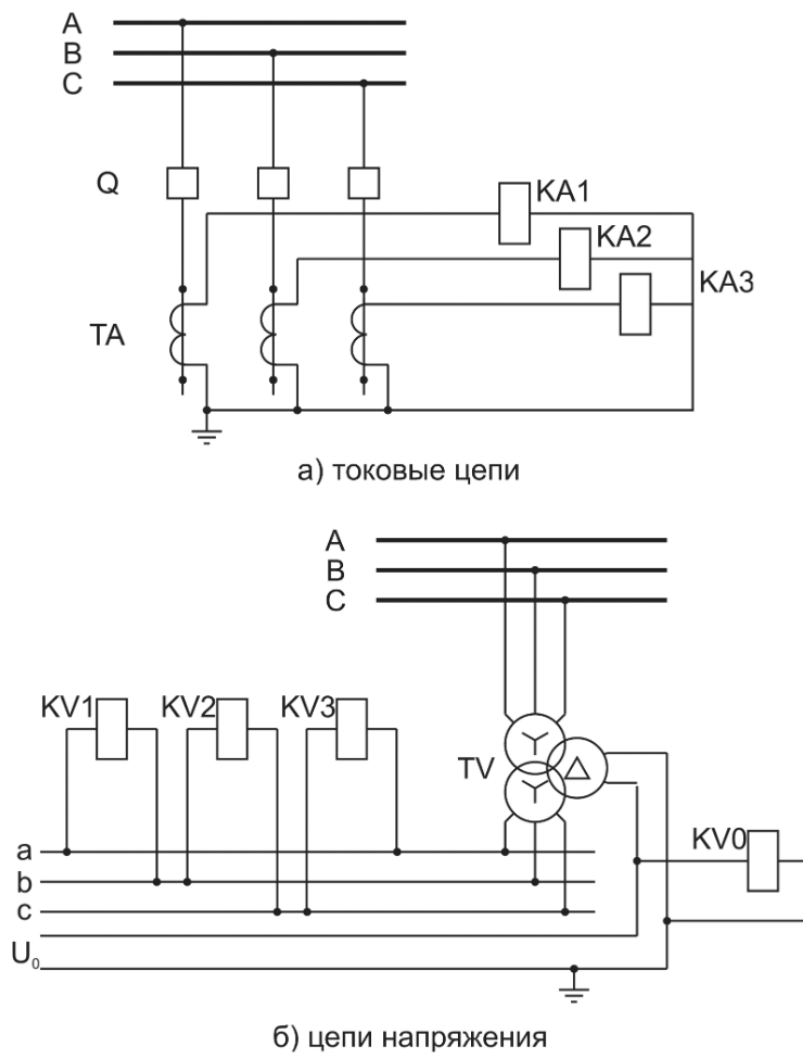
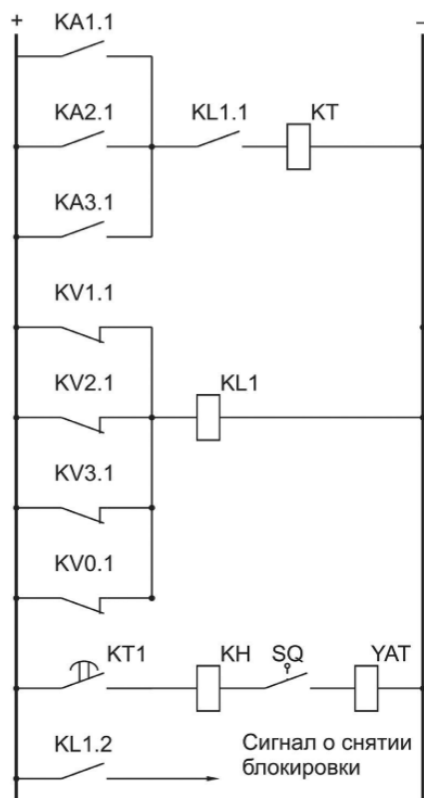


Рис. 5.11. Схемы МТЗ с пуском (блокировкой) от реле минимального напряжения



с) цепи оперативного тока

Рис. 5.11. Схемы МТЗ с пуском (блокировкой)  
от реле минимального напряжения

Защита может действовать на отключение только при условии срабатывания реле напряжения. При перегрузках ток возрастает, но защита не действует, даже если токовые реле КА приходят в действие. При КЗ напряжение на шинах подстанции снижается, реле минимального напряжения срабатывают, разрешая защите действовать на отключение.

Для надежной работы блокировки при двухфазных КЗ устанавливаются 3 реле напряжения KV, подключаемые на линейные напряжения. В этом случае при двухфазном КЗ, например ВС, напряжение UBC будет равным нулю и реле KV2 замкнет свои контакты, разрешая защите действовать на отключение. Однако при такой схеме включения реле плохо

реагируют на однофазные КЗ. Поэтому в сетях с заземленной нейтралью предусматривается дополнительное реле  $KV0$ , реагирующие на напряжение нулевой последовательности, появляющиеся при замыканиях на землю. В сети с изолированной нейтралью реле  $KV0$  не устанавливается, так как защита должна действовать только при междуфазных КЗ.

При обрыве цепей напряжения реле  $KV$  замыкают свои контакты и защита лишается блокировки, поэтому комплект защиты должен оснащаться устройствами контроля цепей напряжения, либо сигнализировать оперативному персоналу о снятии блокировки.

### 5.3.2. Ток срабатывания токовых реле

Ток срабатывания токовых реле отстраивается не от *максимальной нагрузки* линии, а от *длительной нормальной нагрузки*  $I_{н.норм}$  в 1,5...2 раза меньшей максимальной:

$$I_{с.з} = \frac{k_n}{k_{воз}} I_n,$$

где  $k_n$  — коэффициент надежности.

Чувствительность защиты существенно повышается.

### 5.3.3. Напряжение срабатывания реле минимального напряжения

Напряжение срабатывания  $U_{сз}$  выбирается исходя из двух условий.

1.  $U_{сз} < U_{раб.мин}$  — минимальное рабочее напряжение.
2.  $U_{воз} < U_{раб.мин}$  — реле напряжения должны возвращаться после отключения КЗ и восстановления напряжения до уровня  $U_{раб.мин}$ .

У реле минимального напряжения  $U_{сз} < U_{воз}$ .

$$U_{воз} = \frac{U_{раб.мин}}{k_n} \text{ учитывая } k_{воз} = \frac{U_{воз}}{U_{с.з}} \Rightarrow U_{с.з} = \frac{U_{воз}}{k_{воз}} = \frac{U_{раб.мин}}{k_n k_{воз}},$$

$$U_{с.р} = \frac{U_{с.з}}{n_n} = \frac{U_{раб.мин}}{k_n k_{воз} n_n}$$

где  $n_n$  — коэффициент трансформации измерительного трансформатора напряжения.

Обычно  $U_{раб.мин}$  — на 5...10% ниже нормального уровня.

### 5.3.4. Чувствительность реле напряжения

Чувствительность реле проверяется по формуле

$$k_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{с.з}}}{U_{\text{к.макс}}},$$

где  $U_{\text{к.макс}}$  — максимальное значение напряжения на шинах подстанции, где установлен комплект защиты при КЗ в конце зоны защиты (например, в конце линии).

Нормативно  $k_{\text{ч}} \geq 1,5$ .

Защита с блокировкой применяется на линиях короткой и средней протяженности, на длинных линиях падение напряжения на шинах подстанции при КЗ в конце линии невелико и коэффициент чувствительности не удовлетворяет норме.

### 5.3.5. Напряжение срабатывания реле нулевой последовательности

Реле KV0 — реле максимального напряжения. Реле должно срабатывать при однофазных и 2 — фазных КЗ на землю. В нормальном режиме  $U_0=0$ , однако за счет погрешностей, на зажимах реле присутствует напряжение небаланса  $U_{\text{нб}}$ .

$U_{\text{ср}} > U_{\text{нб}}$  — напряжение небаланса определяется путем измерений в нормальном режиме работы сети, как правило,  $U_{\text{ср}} \approx 0,15 \dots 0,2 U_{\text{макс.одноф.КЗ}}$ .

### 5.3.6. Применение защиты

МТЗ с блокировкой минимального напряжения не действует при перегрузках, не сопровождающихся понижением напряжения, и имеет повышенную чувствительность к току КЗ по сравнению с простой МТЗ.

Защита применяется на линиях с большой аварийной нагрузкой, когда простая МТЗ не обеспечивает достаточной чувствительности и надежной отстройки от перегрузки.

### 5.4. МТЗ с зависимой и с ограниченно зависимой характеристикой выдержки времени от тока

#### 5.4.1. Принцип действия защиты

Наряду с независимой защитой применяется МТЗ с зависимой и с ограниченно зависимой характеристиками выдержки времени от тока (рис. 5.12).

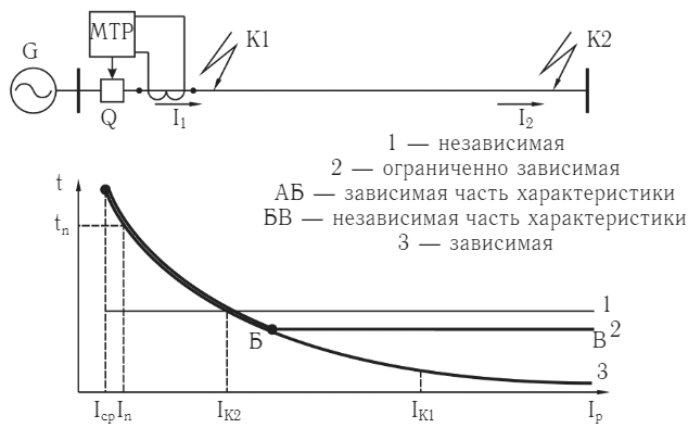


Рис. 5.12. МТЗ с зависимой и с ограниченно зависимой характеристикой выдержки времени от тока

Зависимая характеристика улучшает отстройку от токов кратковременных перегрузок  $I_n$ . Ускоряет отключение при КЗ в начале линии K1.

Зависимые защиты выполняются при помощи реле, работающих не мгновенно, а с выдержкой времени, зависящей от величины тока. Ниже рассматриваются принцип действия и конструкция этих реле, относящихся к индукционному типу.

#### 5.4.2. Индукционные реле

##### Принцип работы индукционных реле

Реле состоит из подвижной системы, расположенной в поле двух магнитных потоков  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  (рис. 5.13). Магнитные потоки создаются токами, проходящими по обмоткам неподвижных электро-

магнитов. Подвижная система представляет собой алюминиевый диск, закрепленный на оси. Пронизывая диск, магнитные потоки наводят в нем ЭДС  $E_{д1}$  и  $E_{д2}$ . Под действием этих ЭДС в диске возникают вихревые токи  $I_{д1}$  и  $I_{д2}$ , замыкающиеся вокруг оси индуктирующего их магнитного потока. Между магнитным потоком и током, находящимся в его поле возникает электромагнитная сила взаимодействия:  $F_{э1}$  — от взаимодействия магнитного потока  $\Phi_1$  с током  $I_{д2}$  и  $F_{э2}$  — от взаимодействия магнитного потока  $\Phi_2$  с током  $I_{д1}$ . (Сила взаимодействия между магнитным потоком и контуром тока, индуктированного этим потоком, равна нулю.) Результирующая сила  $F_э = F_{э1} + F_{э2}$  создает вращающий момент  $M_э = F_э d$ , где  $d$  — плечо силы  $F_э$ . Диск приходит во вращение:

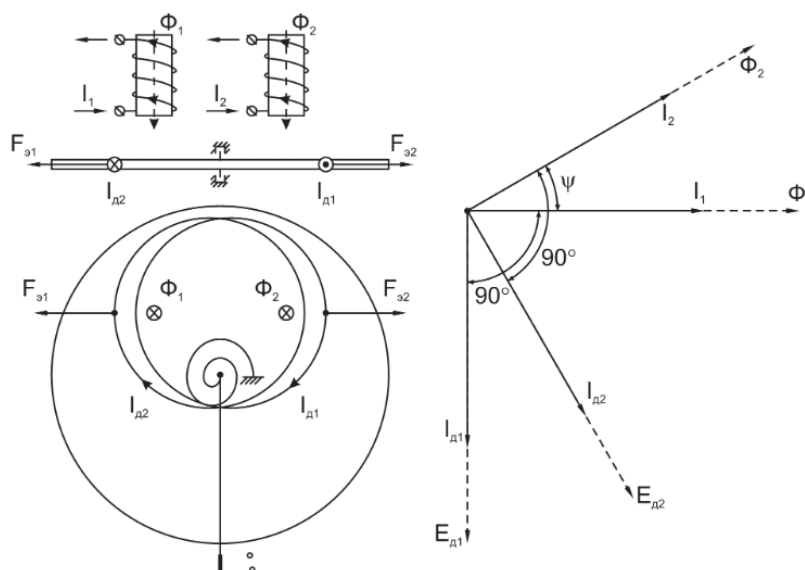


Рис. 5.13. Принцип работы индукционных реле

$$M_э = kf\Phi_1\Phi_2\sin\psi$$

Из анализа этой формулы следует:

1. Для получения электромагнитного момента конструкция реле должна создавать не менее 2 — переменных магнитных потоков, пронизывающих подвижную систему в разных точках и сдвинутых по фазе на угол  $\psi \neq 0$ .



2. Величина  $M$ , зависит от амплитуды  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  и их частоты  $f$  и от сдвига фаз  $\psi$ . Момент будет максимальным при  $\psi=90^\circ$ .

3. Знак момента зависит от угла  $\psi$ .

4. На индукционном принципе могут выполняться только реле переменного тока. Токи в диске индуктируются только когда электромагниты питаются переменным током.

### Индукционное реле с короткозамкнутыми витками

Реле состоит из электромагнита охватывающего своими полюсами укрепленный на оси диск (рис. 5.14). На верхний и нижний полюсы электромагнита насажены короткозамкнутые витки, охватывающие часть сечения полюсов. Токи в обмотке  $I_p$  и короткозамкнутом витке  $I_k$  создают магнитные потоки  $\Phi_p$  и  $\Phi_k$ . Из-под сечения полюса I выходит результирующий магнитный поток  $\Phi_1$ , из-под второй части полюса — поток  $\Phi_2$ . Оба магнитных потока пронизывают диск, индуктируя в нем вихревые токи. Магнитные потоки сдвинуты по фазе, т.е. конструкция обеспечивает создание двух сдвинутых по фазе и смещенных в пространстве магнитных потоков.

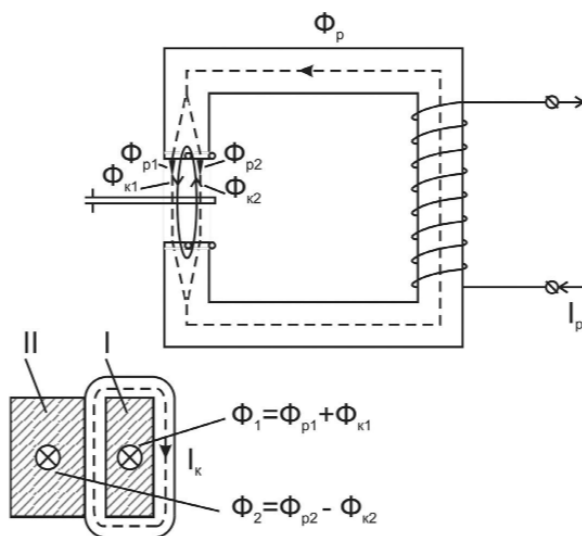
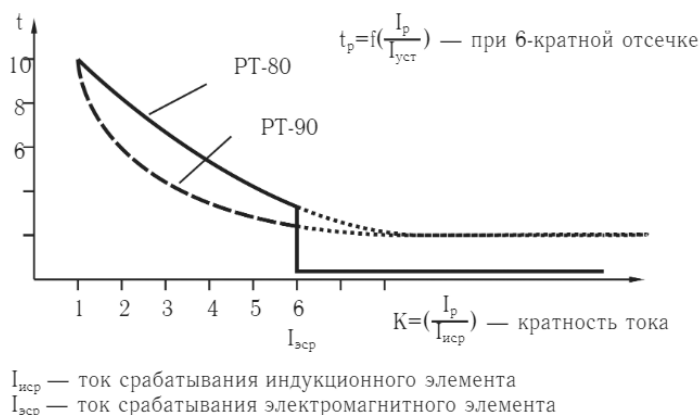


Рис. 5.14. Принцип работы индукционного реле с короткозамкнутыми витками

### Токовые индукционные реле РТ-80 и РТ-90

Реле состоит из двух элементов *индукционного* с ограниченно зависимой характеристикой времени и *электромагнитного* — действующего мгновенно и называемого *отсечкой*.

Совместная работа обоих элементов позволяет получить характеристику времени, изображенную на рис. 5.15.



**Рис. 5.15.** Принцип работы индукционных реле РТ-80 и РТ-90

Электромагнитная сила заставляет вращаться диск и притягивает рамку.

Наименьший ток, при котором происходит зацепление червяка с зубчатым сектором, называется током срабатывания индукционного элемента.

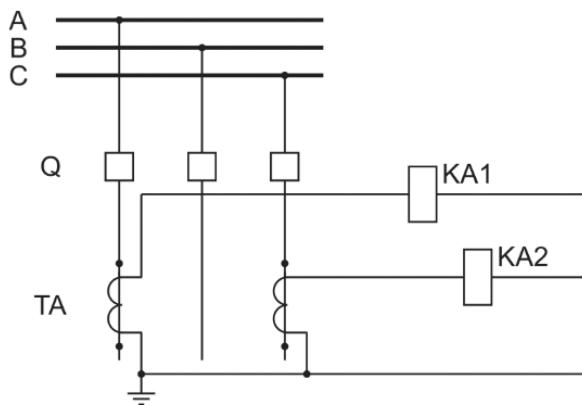
После зацепления зубчатый сектор поднимается и своим рычагом замыкает контакты. Время, через которое происходит замыкание контактов реле, зависит от начального положения зубчатого сектора и частоты вращения диска. Частота вращения зависит от величины тока в обмотке реле.

При увеличении тока в обмотках реле до  $6...8 I_{ср}$  наступает насыщение стали, вследствие чего при дальнейшем увеличении тока магнитный поток остается неизменным — реле начинает работать с одним и тем же временем срабатывания.

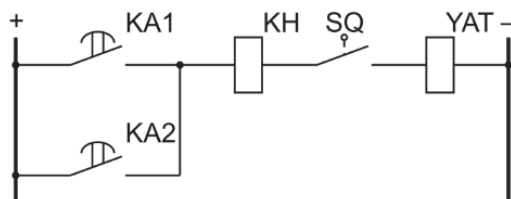
Если к обмотке подвести сразу большой ток, достаточный для притяжения якоря электромагнитного элемента к магнитопроводу, то реле будет работать без выдержки времени.

### 5.4.3. Схема защиты

Схема МТЗ с зависимой от тока выдержкой времени представлена на рис. 5.16.



а) токовые цепи



б) цепи оперативного тока

Рис. 5.16. Схемы МТЗ с зависимой от тока выдержкой времени

### 5.4.4. Выдержки времени защит

*Порядок определения выдержек времени защит с зависимой или с ограниченно зависимой характеристикой.*

1. Вначале выбирают характеристику времени защиты, расположенной ближе к потребителям электроэнергии (МТЗ 2). Время срабатывания защиты МТЗ 2 при КЗ в конце линии (точка К<sub>с</sub>) определяется по ступенчатому принципу, как для обычной МТЗ. По известному

току  $I_{KC}$  и времени срабатывания  $t_{вв2с}$  выбирается характеристика времени реле типа РТ–80 для защиты МТЗ 2 (рис. 5.17).

2. Определяют  $I_{KBмакс}$  (в начале участка защиты МТЗ 2, точка  $K_B$ ).

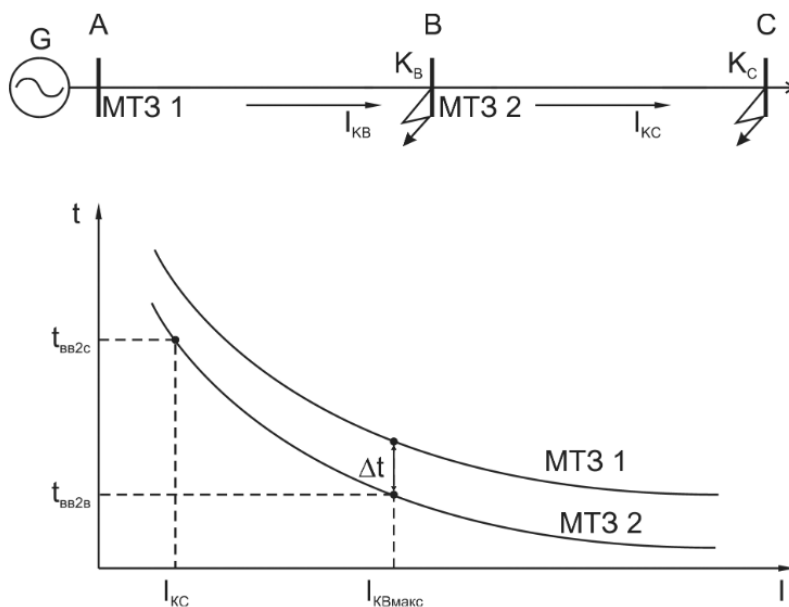


Рис. 5.17. Определения выдержек времени с зависимой или ограниченно зависимой характеристикой

3. По характеристике времени срабатывания определяют время срабатывания защиты МТЗ 2  $t_{вв2в}$  при токе  $I_{KBмакс}$ .

4. По условию селективности выдержка времени защиты МТЗ 1 при КЗ в точке  $K_B$  должна превышать время защиты МТЗ 2 на ступень селективности  $\Delta t$ :

$$t_{вв1в} = t_{вв2в} + \Delta t,$$

где  $\Delta t$  — для таких защит 0,6...1 с.

5. По известному току  $I_{KBмакс}$  и времени срабатывания  $t_{вв1в}$  выбирается характеристика времени реле типа РТ–80 для защиты МТЗ 1.

Характеристика защиты МТЗ 1 подбирается при проектировании по типовым характеристикам реле, а в условиях эксплуатации — путем регулирования уставки времени реле.

### 5.5. МТЗ на переменном оперативном токе

Схемы МТЗ с питанием оперативных цепей от переменного тока могут выполняться:

- 1) с питанием от трансформаторов тока — на принципе дешунтирования катушки отключения при срабатывании защиты;
- 2) с питанием от блока питания;
- 3) с питанием от предварительно заряженных конденсаторов.

#### 5.5.1. Схема с дешунтированием катушки отключения выключателей

##### Схема защиты с зависимой характеристикой

На рис. 5.18 изображена схема для привода с двумя катушками отключения. Схема выполняется на реле РТ-85 или РТ-95, имеющими мощные переключающие контакты (до 150 А).

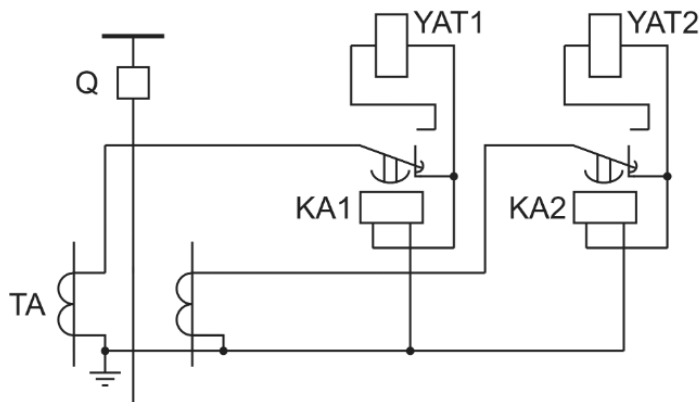


Рис. 5.18. Схема МТЗ с зависимой характеристикой

##### Особенности схем с дешунтированием

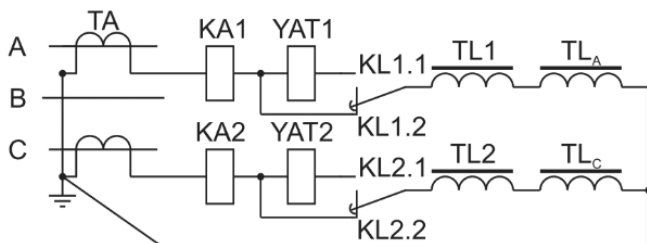
1. Для их выполнения нужны реле, контакты которых обладают необходимой мощностью для переключения проходящего через них тока КЗ 100...200 А.

2. После срабатывания защиты нагрузка трансформаторов тока резко возрастает за счет подключения катушки отключения. В результате чего увеличивается погрешность трансформаторов тока и вторич-

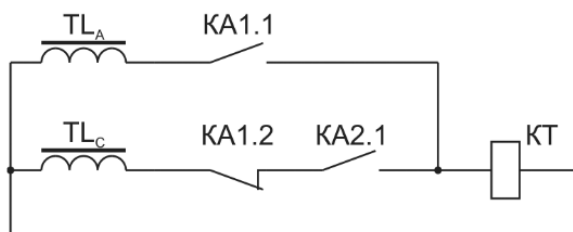
ный ток, проходящий по реле, уменьшается. Погрешность трансформаторов тока должна быть такой, чтобы вторичный ток был достаточен для удержания в сработавшем состоянии реле и надежного действия катушки отключения выключателя.

### Схема защиты с независимой характеристикой

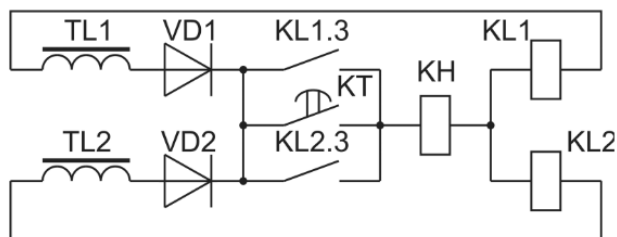
Схема защиты представлена на рис. 5.19. На схемах:  $TL_A$ ,  $TL_C$  — промежуточные трансформаторы реле времени;  $KT$  — обмотка электродвигателя реле времени;  $KL1.3$ ,  $KL2.3$  — контакты, шунтирующие контакт реле времени.



а) токовые цепи и цепи отключения защиты



б) цепи реле времени



в) цепи промежуточных реле

Рис. 5.19. Схемы МТЗ с независимой характеристикой

Пояснения к схеме.

1. Во избежание отказа реле времени при двухфазном КЗ АС цепь обмотки  $TL_C$  разрывается размыкающим контактом  $KA1.2$ . В противном случае, как показано на рис. 5.20, ток, протекающий через обмотку электродвигателя очень мал и реле не сработает.

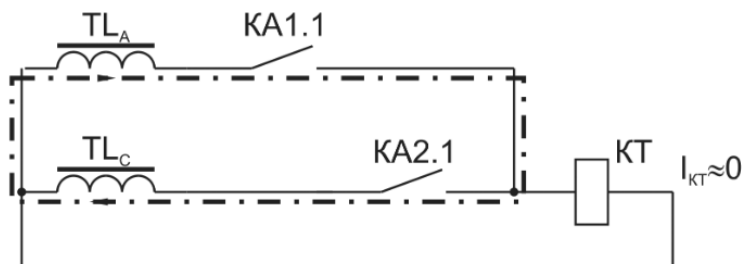


Рис. 5.20. Протекание тока при отсутствии  $KA1.2$

2. После включения катушек отключения выключателей УАТ ток от трансформаторов тока уменьшается, реле КА и КТ могут разомкнуть свои контакты. Однако благодаря самоудерживающим контактам промежуточных реле  $KL1.3$  и  $KL2.3$  преждевременного возврата реле  $KL$  при этом не произойдет.

### 5.5.2. Схемы с питанием оперативных цепей защиты от блоков питания

Поскольку блоки питания (БП) выдают выпрямленное напряжение, схемы выполняются также, как и схемы на постоянном токе.

Главный вопрос при выполнении защит на выпрямленном токе — способы подключения БП к трансформаторам тока и трансформаторам напряжения. Для защит от КЗ в качестве основных используют БП, подключаемые к трансформаторам тока. БП, подключаемые к трансформаторам напряжения, обеспечивают необходимую мощность при малых значениях тока.

Схемы включения токовых блоков должны выбираться из условия, чтобы на выходе блока имелось достаточное напряжение при всех возможных видах повреждения на защищаемом элементе.

Вариант 1. В сети с изолированной нейтралью для защит, не рассчитанных на действие при КЗ за трансформатором с соединением обмоток  $Y/\Delta$ , применяется включение БП на разность токов  $I_a - I_c$  (рис. 5.21).

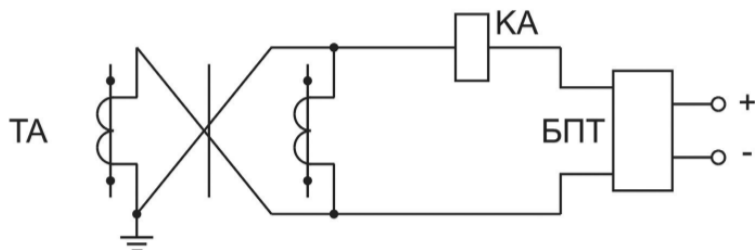


Рис. 5.21. Подключение блока питания при варианте 1

Вариант 2. При необходимости действия защиты при КЗ за трансформаторами  $Y/\Delta$  устанавливается второй БП (рис. 5.22).

Вариант 3. При соединении трансформаторов тока в двухфазную звезду БП включается в нулевой провод (рис. 5.23).

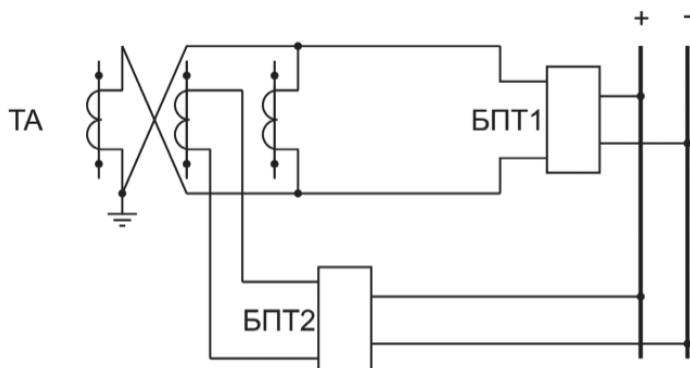


Рис. 5.22. Подключение блоков питания при варианте 2

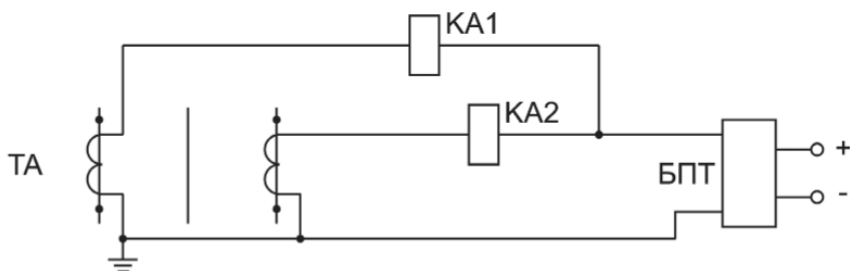


Рис. 5.23. Подключение блоков питания при варианте 3



В сетях с глухозаземленной нейтралью применяются аналогичные схемы.

БП могут устанавливаться на каждом присоединении или использоваться как групповые.

Падение напряжения на выходах БП не должно быть меньше  $0,8 \dots 0,9 U_{ном}$ .

В токовых БП принимаются специальные меры для стабилизации выходного напряжения и повышения отдаваемой мощности.

### 5.5.3. Схема защиты с использованием энергии заряженного конденсатора

Схема защиты представлена на рис. 5.24. Здесь: УЗ — зарядное устройство, питаемое от трансформатора напряжения или трансформатора собственных нужд.

Катушка отключения выключателя УАТ питается током разряда конденсатора.

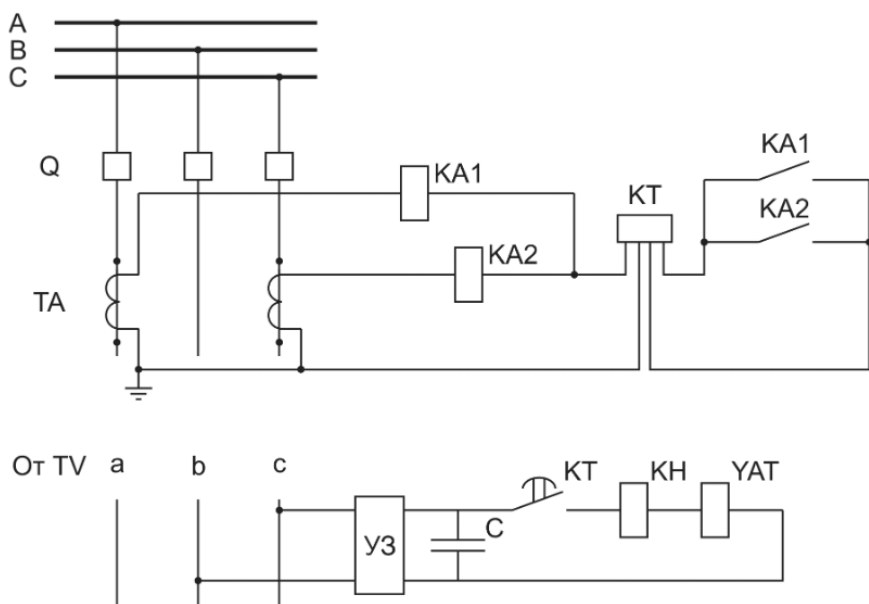


Рис. 5.24. Схема МТЗ с использованием энергии заряженного конденсатора

### 5.6. Поведение МТЗ при двойных замыканиях на землю

Трансформаторы тока на всех элементах сети данного напряжения устанавливаются на двух фазах. Это делается для селективного отключения линий в сети с изолированной нейтралью при двойных замыканиях на землю.

При повреждении, изображенном на рис. 5.25, желательно отключить только одну из линий. При установке трансформаторов тока в фазах А и С защита отключит только первую линию.

Данный способ расстановки трансформаторов тока позволяет обеспечить селективность в 2/3 случаев.

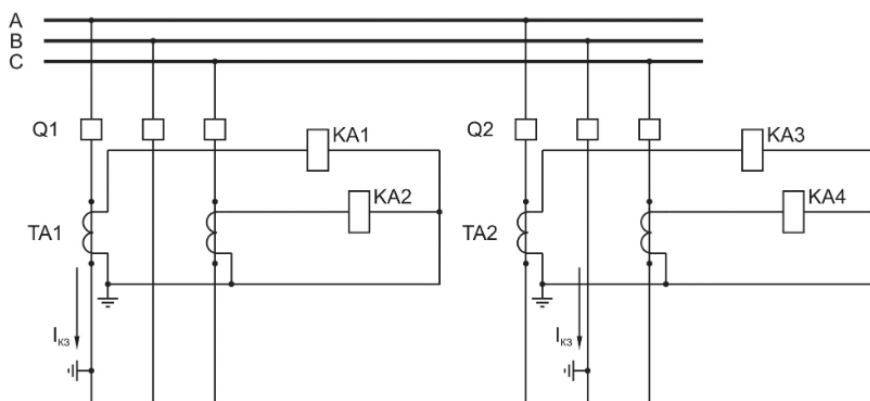


Рис. 5.25. Работа МТЗ при двойном замыкании на землю

### 5.7. Область применения МТЗ

МТЗ применяется в качестве основной защиты для радиальных сетей до 10 кВ. Как резервная применяется в сетях всех напряжений.

*Достоинства*

1. Простота.
2. Надежность.
3. Небольшая стоимость.
4. Обеспечивает селективность в радиальных сетях с односторонним питанием.

*Недостатки*

1. Большие выдержки времени, особенно вблизи источников питания, в то время как именно здесь нужно быстро отключать КЗ.
2. Недостаточная чувствительность при КЗ в разветвленных сетях с большим числом параллельных цепей и значительными токами нагрузки.

## Глава 6. Токовые отсечки

### 6.1. Принцип действия токовых отсечек

Токовая отсечка — разновидность токовой защиты, позволяющая обеспечить быстрое отключение КЗ (рис. 6.1).

Токовые отсечки (ТО) подразделяются на

— отсечки *мгновенного* действия;

— отсечки *с выдержкой времени* (0,3...0,6 с).

*Селективность* токовых отсечек достигается ограничением их зоны работы.

Величина тока КЗ, протекающего по линии, зависит от места повреждения:

$$I_K = \frac{E_C}{X_C + X_{WK}} = \frac{E_C}{X_C + X_Y L_K},$$

где  $E_C$  — ЭДС системы;

$X_C$  — сопротивление системы;

$X_{WK}$  — сопротивление линии до точки КЗ;

$X_Y$  — удельное сопротивление линии;

$L_K$  — длина от начала линии до места КЗ.

Для обеспечения селективности ток срабатывания защиты  $I_{C.3} > I_{K31}$  — тока КЗ на шинах противоположной подстанции. Токовые отсечки применяются как в радиальных сетях с односторонним питанием, так и в сети, имеющей двустороннее питание.

### 6.2. Схемы токовых отсечек

В сети с глухозаземленной нейтралью применяют трехфазные схемы, от КЗ всех видов. Для защиты от междуфазных КЗ используется двухфазная схема «неполная звезда». Схемы ТО аналогичны схемам МТЗ за отсутствием реле времени у мгновенных отсечек.

В сети с изолированной нейтралью или заземленной через большое сопротивление применяются двухфазные схемы.

Как и МТЗ, ТО выполняется на постоянном и переменном оперативном токах.

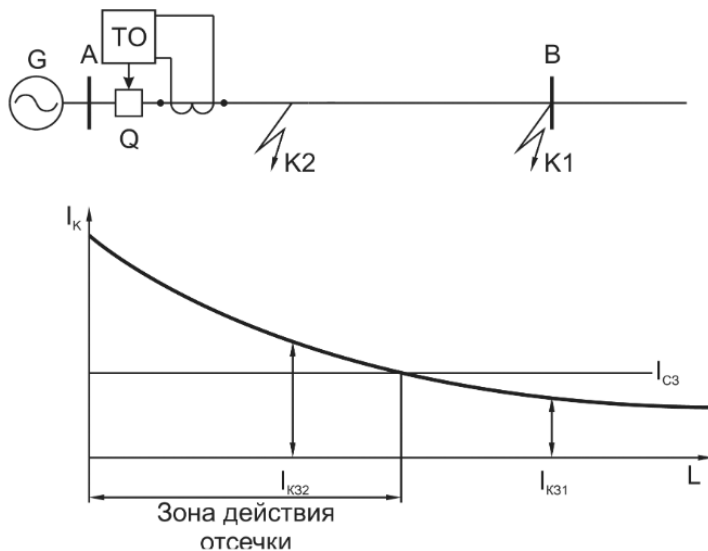


Рис. 6.1. Принцип действия токовой отсечки

### 6.3. Отсечки мгновенного действия на линиях с односторонним питанием

#### 6.3.1. Ток срабатывания отсечки

По условию селективности защита не должна работать за пределами защищаемой линии АВ (рис. 6.2):

$$I_{C3} = k_H I_{K(B) \text{ макс}},$$

где  $I_{K(B) \text{ макс}}$  — максимальный ток КЗ в фазе линии при КЗ на шинах подстанции В;

$k_H$  — коэффициент надежности, 1, 2...1, 3 — для отсечек ЛЭП с реле типа РТ.

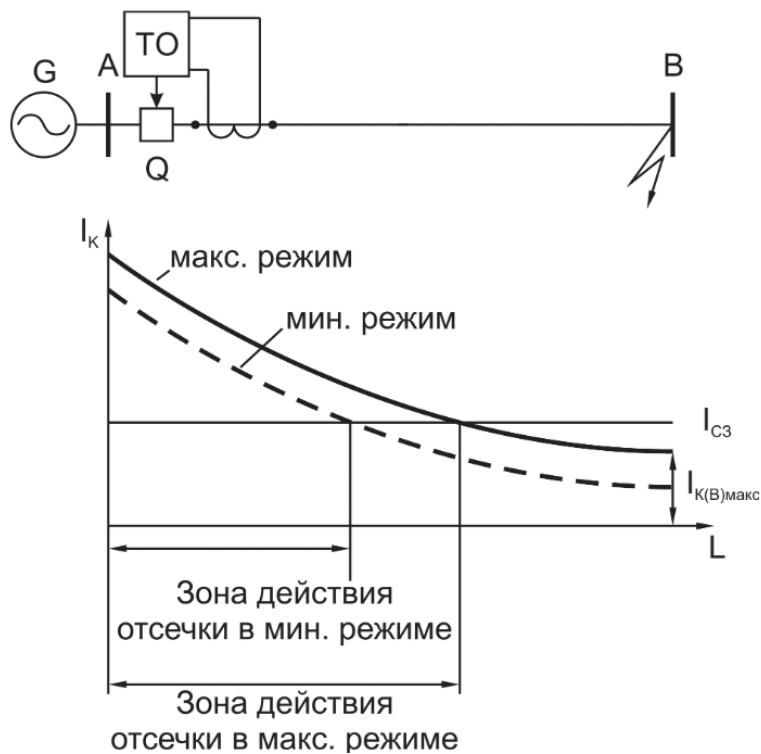


Рис. 6.2. Схема пояснения тока срабатывания отсечки

### 6.3.2. Зона действия отсечки

Зона действия ТО определяется графически (рис. 6.2) или по формуле:

$$X_{ТО\%} = \frac{100}{X_W} \left( \frac{E_C}{I_{с.з}} - X_C \right),$$

где  $X_W$  — сопротивление линии;  $X_C$  — сопротивление системы.

ПУЭ рекомендуют применять отсечку, если ее зона действия охватывает не меньше 20% защищаемой линии. Для устранения мертвой зоны направленных защит отсечка применяется и при меньшей зоне действия.

При схеме работы линии (рис. 6.3) отсечку отстраивают *блоком с трансформатором* от тока КЗ за трансформатором. В этом случае отсечка защищает всю линию и весьма эффективна.

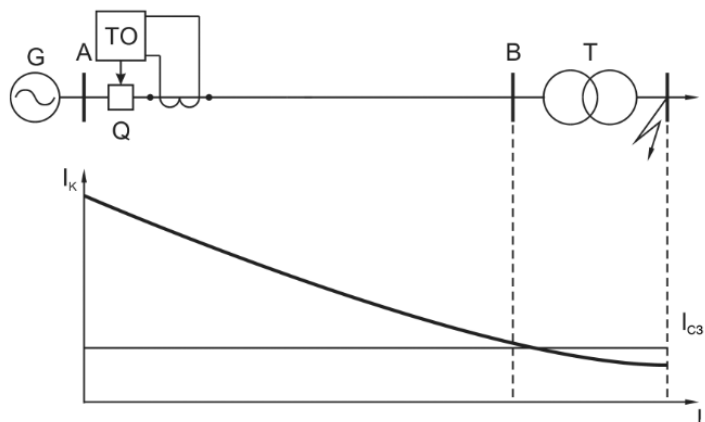


Рис. 6.3. Зона действия отсечки

### 6.3.3. Время действия отсечки

При применении быстродействующих промежуточных реле (с временем срабатывания  $0,02$  с)  $t_{ТО}=0,04...0,06$ . В схемах с промежуточными реле в расчетах не учитывается апериодическая составляющая тока, поскольку она затухает очень быстро, за  $0,02...0,03$  с.

На линиях, защищенных от перенапряжений трубчатыми разрядниками, отсечка может срабатывать при их действии. Время срабатывания разрядника:  $t_p=0,01...0,02$  с, а при их каскадном действии —  $0,04...0,06$  с. В этом случае применяют промежуточные реле с временем действия —  $0,06...0,08$  с.

### 6.4. Неселективные отсечки

*Неселективная отсечка* — это мгновенная отсечка, действующая за пределами своей линии. Применяется в случаях, когда это необходимо для сохранения устойчивости. Неселективное действие осуществляется при помощи АПВ, включающего обратно неселективно отключившуюся линию.

### 6.5. Отсечки на линиях с двухсторонним питанием

Для определения тока срабатывания отсечек (рис. 6.4) необходимо определить токи  $I_{K3(B)отG1}$  и  $I_{K3(A)отG2}$ .

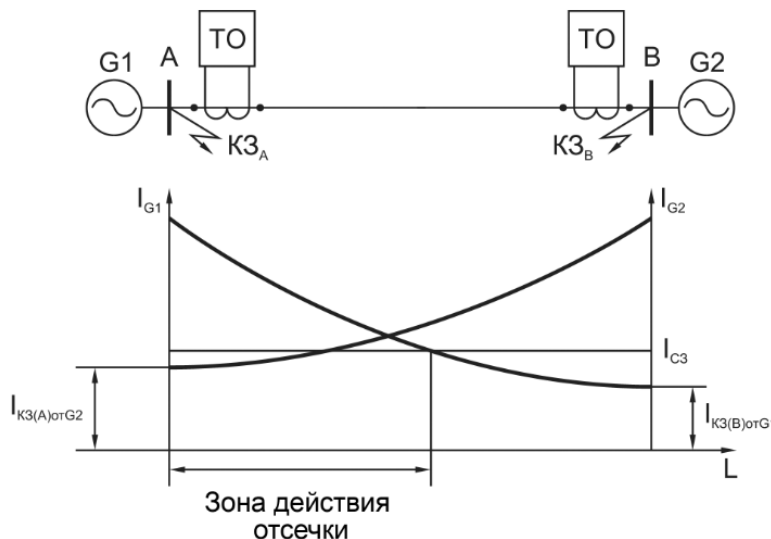


Рис. 6.4. Работа отсечек на линиях с двухсторонним питанием

Ток срабатывания защиты вычисляется по наибольшему из этих токов:

$$I_{C3} = k_{\text{НИК(макс)}} \cdot$$

Во избежание неправильной работы отсечки при качаниях ее ток срабатывания должен отстраиваться и от токов качания  $I_{\text{кач}}$ :

$$I_{C3} \geq k_{\text{Н}} I_{\text{кач.макс}},$$

где  $k_{\text{Н}}$  — коэффициент надежности,  $k_{\text{Н}} = 1,2 \dots 1,3$ ;

$$I_{\text{кач.макс}} = \frac{2E}{X_{\text{AB}}},$$

где  $E$  — ЭДС генераторов А и В,  $E_A = E_B = E = 1,05 U_{\text{ГЕН}}$ ;

$X_{\text{AB}}$  — суммарное сопротивление от генератора А до В:  $X_{\text{GA}} + X_{\text{GB}} + X_{\text{C}}$ ;

$X_{\text{GA}} = X_{\text{д}}''$  — сверхпереходное сопротивление генераторов;



$X_c$  — сумма сопротивлений всех остальных элементов, включенных между шинами генераторов.

Ток срабатывания защиты выбирается по большему из двух его значений.

## 6.6. Отсечки с выдержкой времени

### 6.6.1. Сеть с односторонним питанием

Мгновенная отсечка защищает только часть линии, а чтобы выполнить защиту всей линии с минимальным временем действия применяется отсечка с выдержкой времени (рис. 6.5).

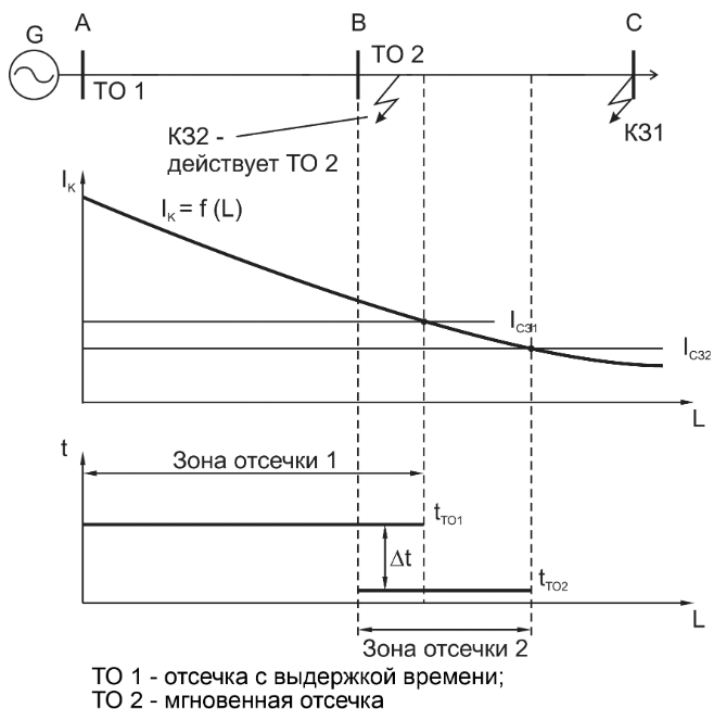


Рис. 6.5. Работа отсечек с выдержкой времени на линии с односторонним питанием

$t_{TO1} = t_{TO2} + t$ . Практически  $t_{TO1} \approx 0,3 \dots 0,6$  с зависит от точности реле времени,

$$I_{C31} = k_H I_{C32},$$

где  $k_H = 1,1 \dots 1,2$ .

### 6.6.2. Сеть с двухсторонним питанием

Для сети с двухсторонним питанием (рис. 6.6)

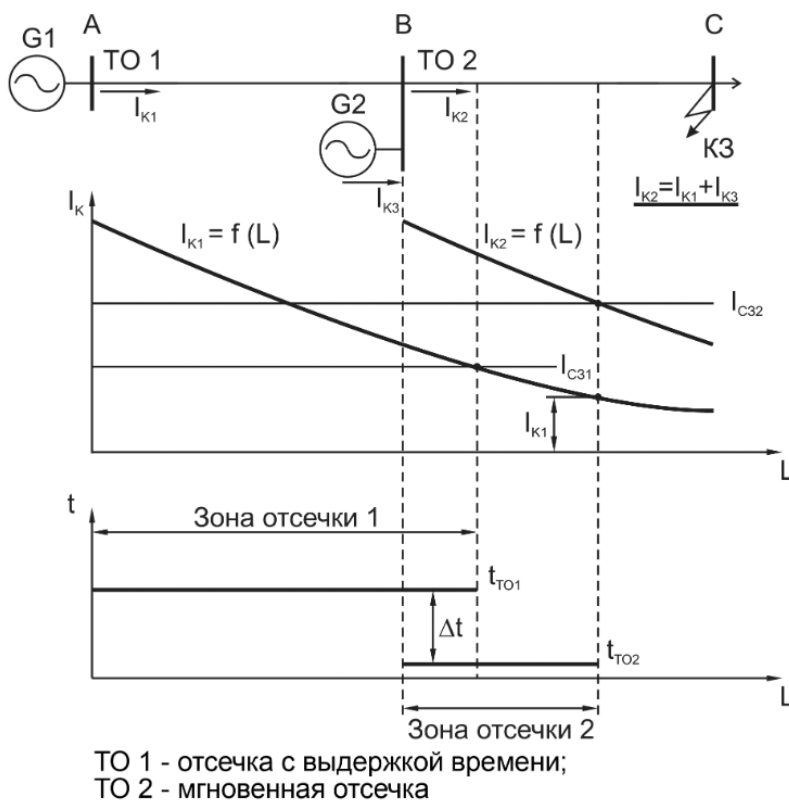


Рис. 6.6. Работа отсечек с выдержкой времени на линии с двухсторонним питанием

$$I_{сз1} = k_H I_{K1},$$

где  $I_{K1}$  — ток от системы при КЗ в конце зоны отсечки 2.

### 6.7. Токовая трехступенчатая защита

Обычно МТЗ сочетают с мгновенной отсечкой (МО) и отсечкой с выдержкой времени (ОВВ), (рис. 6.7).

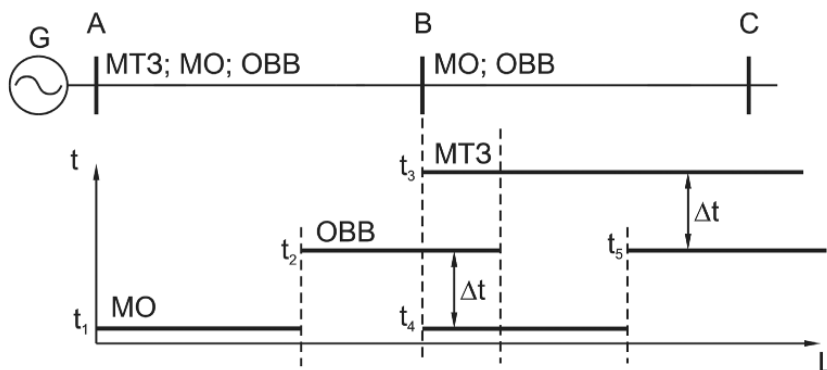


Рис. 6.7. Пример для пояснения принципа действия токовой трехступенчатой защиты

### 6.8. Применение токовых отсечек

Токовые отсечки используются как основные (в сетях низкого напряжения) и резервные (сети высокого напряжения) защиты на линиях с односторонним питанием. На линиях с двухсторонним питанием отсечки используются как резервные защиты.

Отсечки применяются как резервные защиты для мощных силовых трансформаторов и как основные для маломощных.

#### Достоинства

1. Конструктивно одна из самых простых защит.
2. Высокая быстрота действия.

#### Недостатки

1. Неполный охват зоной действия защищаемой линии.
2. Непостоянство зоны действия под влиянием сопротивлений в месте повреждения и изменений режима системы.

## Глава 7. Токовая направленная защита

### 7.1. Необходимость токовой направленной защиты

Направленной называется защита, действующая только при определенном направлении мощности КЗ. Необходимость токовой направленной защиты (ТНЗ) возникает в сетях с двухсторонним питанием (рис. 7.1).

При КЗ в точках К1 и К2 через защиту 5 проходит ток  $I_{K1}$ ,  $I_{K2}$  в различных направлениях (рис. 7.1).

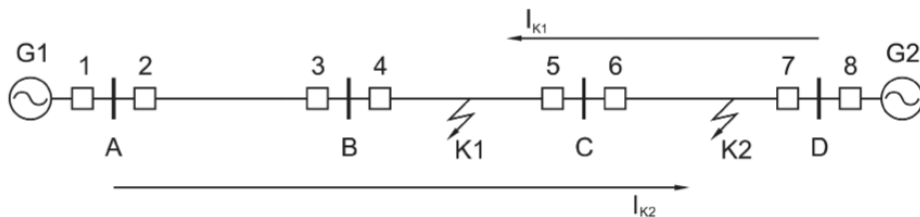


Рис. 7.1. Пример для пояснения необходимости ТНЗ

При КЗ в точке К1 мощность направлена от шин в линию, а при КЗ в точке К2 мощность направлена от линии к шинам. Направление мощности КЗ, проходящей по линии, характеризует, где возникло повреждение: на защищаемой линии или на других присоединениях, отходящих от шин данной подстанции.

Простая токовая защита действует как при КЗ на защищаемой линии, так и при КЗ на других присоединениях, отходящих от шин подстанции, поэтому добиться селективной работы при КЗ в сетях с двухсторонним питанием от МТЗ, как правило, невозможно.

При КЗ в точке К1	$t_5 < t_6$	} одновременно выполнить оба требования невозможно
При КЗ в точке К2	$t_5 > t_6$	

Принципы выполнения селективной защиты в сетях с двухсторонним питанием:

1. Защита должна устанавливаться с обеих сторон каждой линии и действовать при направлении мощности от шин в линию.

2. Выдержки времени на защитах, работающих при одном направлении мощности (от G1 или G2), должны согласовываться между собой по ступенчатому принципу, нарастая по направлению к источнику питания:

$$t_2 > t_4 > t_6 > t_8; \quad t_1 < t_3 < t_5 < t_7.$$

В схемы ТНЗ входят реле направления мощности, ниже подробно рассмотрены реле данного типа.

## 7.2. Индукционные реле направления мощности

### 7.2.1. Общие сведения

Реле направления мощности используется в схемах защит как орган, определяющий по направлению мощности, где произошло повреждение на защищаемой линии (K1) или на других присоединениях, отходящих от шин подстанции (K2) (рис. 7.2).

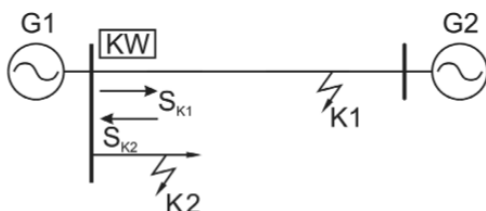


Рис. 7.2. Необходимость применения реле направления мощности KW

Реле мощности имеет две обмотки (рис. 7.3). Взаимодействие токов, проходящих по обмоткам, создает электромагнитный момент, значение и знак которого зависят от напряжения ( $U_p$ ) и тока ( $I_p$ ) подведенного к зажимам реле и угла  $\varphi_p$  между ними.

Реле мощности должны обладать высокой чувствительностью и низкой мощностью срабатывания, так как при КЗ напряжение  $U_p$  уменьшается, следовательно, мощность, подводимая к реле, при этом очень мала.

Мощность срабатывания  $S_{CP}$  — мощность, при которой реле замыкает свои контакты.

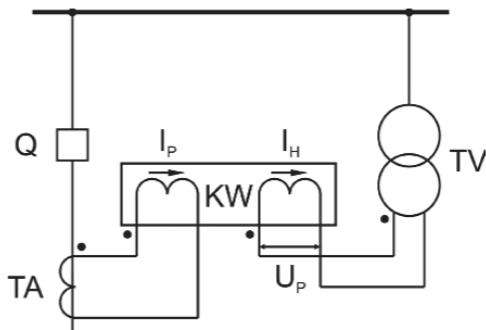


Рис. 7.3. Принцип работы и требований к реле направления мощности KW

### 7.2.2. Конструкция и принцип действия

Принципиальная схема индукционного реле направления мощности представлена на рис. 7.4.

Подвижная система реле выполнена в виде цилиндрического ротора, на него действуют два магнитных потока:  $\Phi_H$  — поляризующий магнитный поток;  $\Phi_T$  — рабочий поток.

На рисунке:

$I_H = U_P / Z_H$  — ток, протекающий по поляризующей обмотке;

$\alpha$  — угол внутреннего сдвига реле, определяется индуктивным и активным сопротивлениями поляризующей обмотки;

$\varphi_P$  — угол сдвига по фазе между током и напряжением, подведенными к обмоткам реле, зависит от внешних параметров сети;

$\psi$  — угол между токами, протекающими по обмоткам реле,  $I_P < I_H$  ( $\Phi_T < \Phi_H$ ).  $\psi = \alpha - \varphi_P$ .

Взаимодействие вихревых токов цилиндрического ротора с магнитными потоками создает электромагнитный момент  $M_\Sigma$ :

$$M_\Sigma = k \Phi_H \Phi_T \sin \psi,$$

$$\Phi_H \approx I_H \approx U_P, \quad \Phi_T \approx I_P, \quad \psi = \alpha - \varphi_P,$$

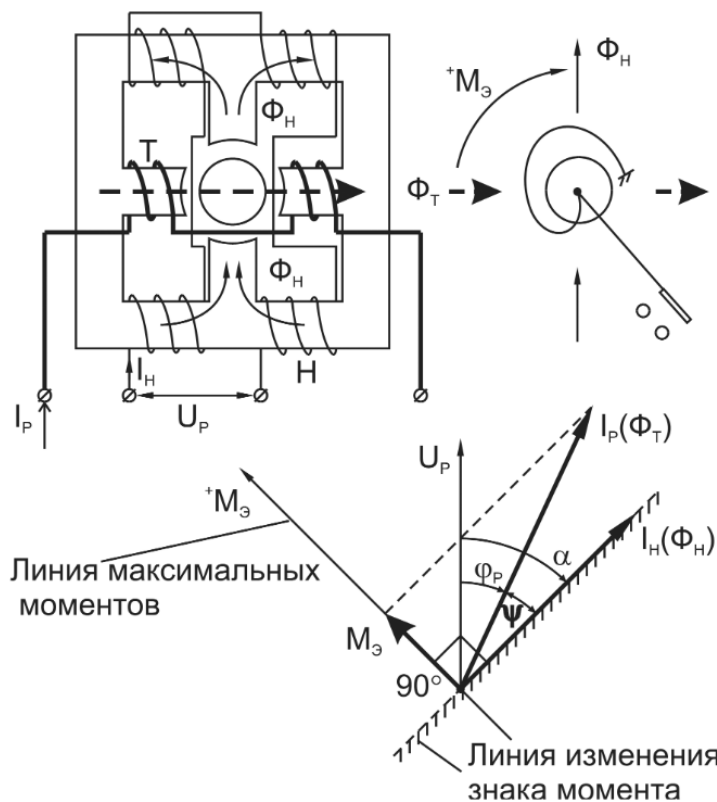


Рис. 7.4. Пример для пояснения конструкции и принципа действия индукционного реле направления мощности

$$M_{\Delta} = k_1 U_P I_P \sin(\alpha - \varphi_P) = k_1 S_P,$$

где  $S_P = U_P I_P \sin(\alpha - \varphi_P)$  — мощность, подведенная к реле.

Электромагнитный момент  $M_{\Delta}$  положителен, когда  $\psi = \alpha - \varphi_P$  — в пределах от 0 до 180°. Момент  $M_{\Delta}$  отрицателен, когда  $\psi$  — от 180 до 360°. При  $\alpha - \varphi_P = 90^\circ$  —  $M_{\Delta}$  максимален. Угол, при котором  $M_{\Delta}$  максимален, обозначается  $\varphi_{м.ч.}$  — угол максимальной чувствительности,

$$\varphi_{м.ч.} = \alpha - 90^\circ.$$

### 7.2.3. Типы реле мощности

Выпускающиеся промышленностью типы реле мощности отличаются углом внутреннего сдвига.

1.  $\alpha=0$  (рис. 7.5)

$$M_{\Sigma}=k_1 U_P I_P \sin(\varphi_P),$$

$M_{\Sigma} \cong Q$  — момент реле пропорционален реактивной мощности. При  $\varphi_{M.ч}=90^\circ$ ,  $\varphi_P=0$ ,  $M_{\Sigma}=0$ .

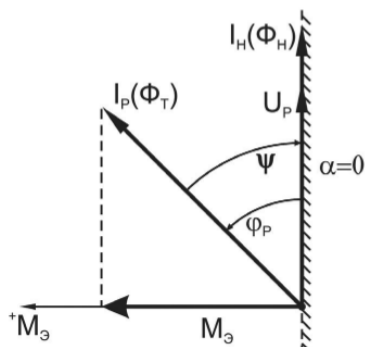


Рис. 7.5. Пример векторной диаграммы реле мощности с  $\alpha=0$

2.  $\alpha=90^\circ$  (рис. 7.6)

$$M_{\Sigma}=k_1 U_P I_P \sin(90^\circ-\varphi_P)=k_1 U_P I_P \cos\varphi_P,$$

$M_{\Sigma} \cong P$  — момент реле пропорционален активной мощности.

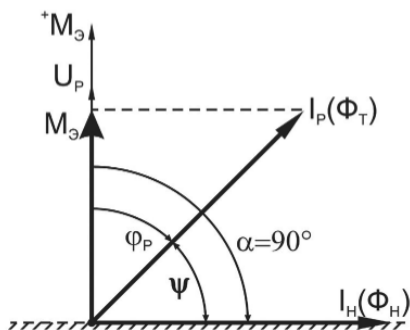


Рис. 7.6. Пример векторной диаграммы реле мощности с  $\alpha=90^\circ$



3.  $\alpha = \alpha_1$ ,  $0 < \alpha_1 < 90^\circ$  (рис. 7.7)

$$M_{\Sigma} = k_1 U_P I_P \sin(90^\circ - \beta - \varphi_P) = k_1 U_P I_P \cos(\varphi_P + \beta),$$

где  $\alpha = 90^\circ - \beta$ .

Реле смешанного типа.

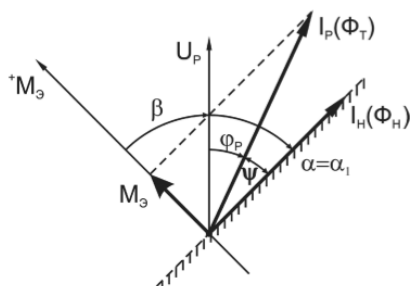


Рис. 7.7. Векторная диаграмма реле мощности смешанного типа

#### 7.2.4. Характеристики реле мощности

##### Мощность срабатывания

Срабатывание происходит, когда электромагнитный момент превосходит момент сопротивления пружины и момент трения оси:

$$M_{\Sigma} > M_{\Pi} + M_T.$$

Наименьшая мощность на зажимах реле, при которой оно срабатывает, называется мощностью срабатывания  $S_{C.P.}$ . У индукционных реле  $S_{C.P.}$  при  $\Phi_{M.ч}$  составляет 0,2...4 В·А.

##### Характеристика чувствительности

Зависимость  $U_{C.P.} = i(I_P)$  при неизменном  $\varphi_P$  называется характеристикой чувствительности (рис. 7.8).



Рис. 7.8. Характеристика чувствительности реле мощности

Здесь  $U_{C.P}$  — наименьшее напряжение, необходимое для действия реле при данных  $I_P$  и  $\varphi_P$ . Обычно характеристика снимается при  $\varphi_P = \varphi_{M.ч}$ , т.е. для случая  $\sin(\alpha - \varphi_P) = 1$ .

Реальная характеристика отличается от теоретической, так как за счет насыщения стали магнитопровода при больших токах  $I_P$  напряжение  $U_{C.P}$  остается неизменным.

#### Угловая характеристика

Зависимость  $U_{C.P} = f(\varphi_P)$  при неизменном значении  $I_P$  называется угловой характеристикой.

На рис. 7.9 изображена угловая характеристика реле смешанного типа с углом  $\alpha = -45^\circ$ .

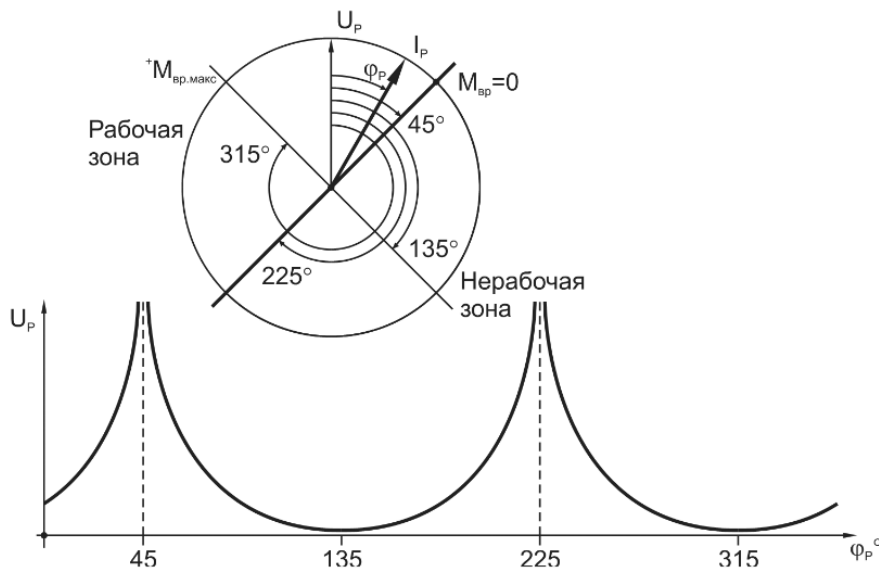


Рис. 7.9. Угловая характеристика реле мощности

Угловая характеристика позволяет определить

1. Изменение чувствительности реле ( $U_{C.P}$ ) при разных значениях угла  $\varphi_P$ .
2. Минимальную величину  $U_{C.P.мин}$  и наиболее выгодную зону углов  $\varphi_P$ , в пределах которой  $U_{C.P}$  близко к  $U_{C.P.мин}$ .
3. При каких углах  $\varphi_P$  изменяется знак электромагнитного момента и пределы углов, которым соответствуют положительные и отрицательные моменты.

*Время действия реле*

Определяется зависимость времени срабатывания  $t_{с.р.}$  от кратности мощности на зажимах реле  $t_{с.р.} = f\left(\frac{S_p}{S_{с.р.}}\right)$  (рис. 7.10).

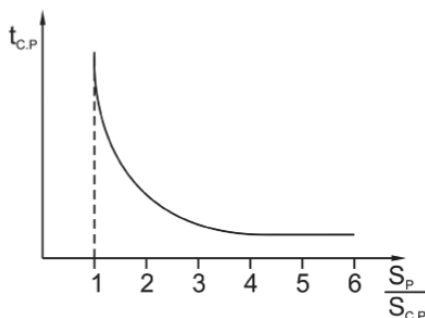


Рис. 7.10. Зависимость времени срабатывания реле от мощности на зажимах реле

**7.2.5. Полярность обмоток**

Реле мощности изготавливают так, что при одинаковом направлении токов в обмотках реле замыкает свои контакты. Следовательно включать обмотки нужно таким образом, чтобы при КЗ на защищаемой линии токи в обмотках совпадали (см. рис. 7.3).

**7.2.6. Самоход**

Самоходом называют срабатывание реле направления мощности при прохождении тока только в одной его обмотке — рабочей или поляризующей. При этом реле может неправильно сработать при обратном направлении мощности, когда повреждение возникает в непосредственной близости от реле ( $U_p=0$ ). Причина самохода — несимметрия магнитных систем реле относительно цилиндрического ротора.

**7.2.7. Индукционные реле мощности типа РБМ**

Имеется два основных варианта исполнения реле

1. РБМ 171 и 271 — включаются на фазный ток и междуфазное напряжение,  $\varphi_{м.ч} = -45^\circ$  и  $-30^\circ$ .

2. РБМ 177, 277, 178, 278 — включаются на ток и напряжение нулевой последовательности,  $\varphi_{М.ч}=+70^\circ$ .

Выпускаются также

РБМ 275 —  $\varphi_{М.ч}=0^\circ$  — реле косинусного типа;

РБМ 276 —  $\varphi_{М.ч}=90^\circ$  — реле синусного типа.

### 7.3. Схема и принцип действия токовой направленной защиты

Токовая направленная защита представляет собой МТЗ, дополненную реле направления мощности. Однофазная схема ТНЗ представлена на рис. 7.11.

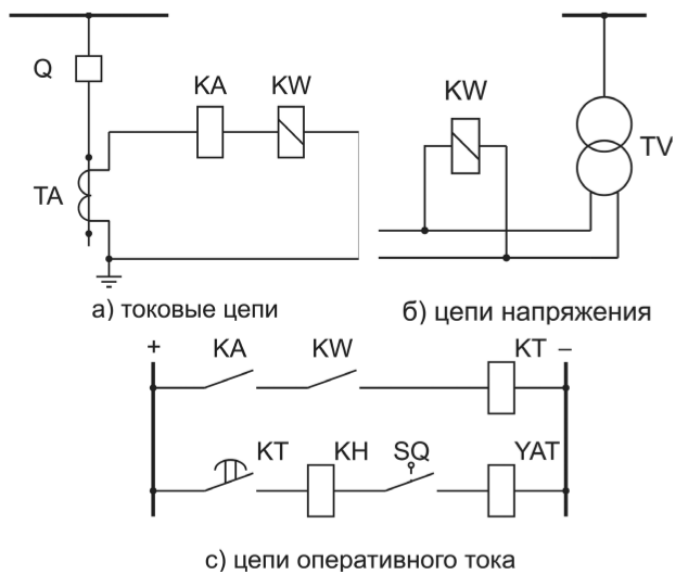


Рис. 7.11. Однофазная схема ТНЗ

Пусковой орган защиты:

Орган направления:

Орган времени:

токовое реле КА.

реле направления мощности КВ.

реле времени КТ.

*Работа схемы.* При КЗ на защищаемой линии реле KW замыкает свои контакты, а при КЗ на смежных линиях — нет. В *нормальном* режиме при направлении потока мощности от шин в линию реле KW может замыкать свои контакты, однако срабатывание защиты должно предотвращаться токовым реле КА, поэтому токовые реле должны быть отстроены от токов нагрузки. В тех случаях, когда токовые реле по условиям чувствительности не удастся отстроить от максимальной нагрузки, применяется блокировка от реле минимального напряжения KV (рис. 7.12).

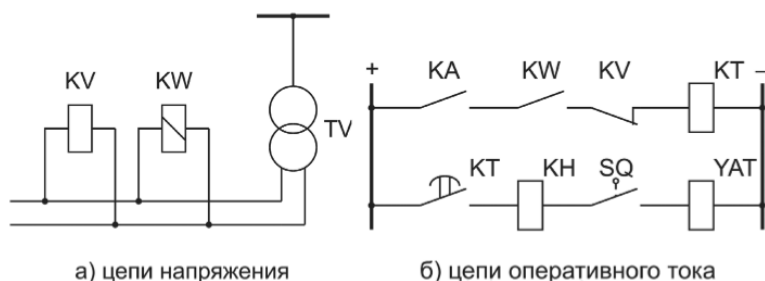


Рис. 7.12. Пример блокировки от реле минимального напряжения KV

#### Сети с изолированной нейтралью

ТНЗ устанавливается на двух одноименных фазах во всей сети.

#### Сети с глухозаземленной нейтралью

Защита устанавливается на трех фазах. Если защита служит для действия только при междуфазных КЗ — на двух фазах.

ТНЗ выполняются как на постоянном, так и на переменном оперативном токе. *Двухфазная схема на переменном оперативном токе* представлена на рис. 7.13.

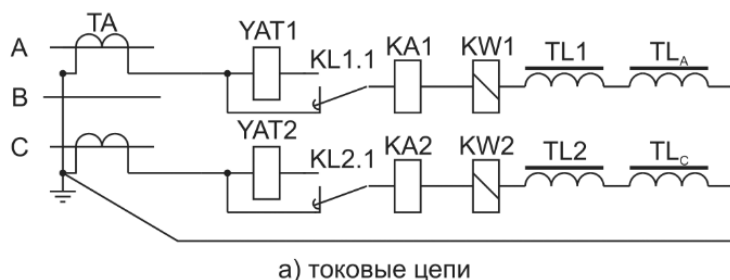
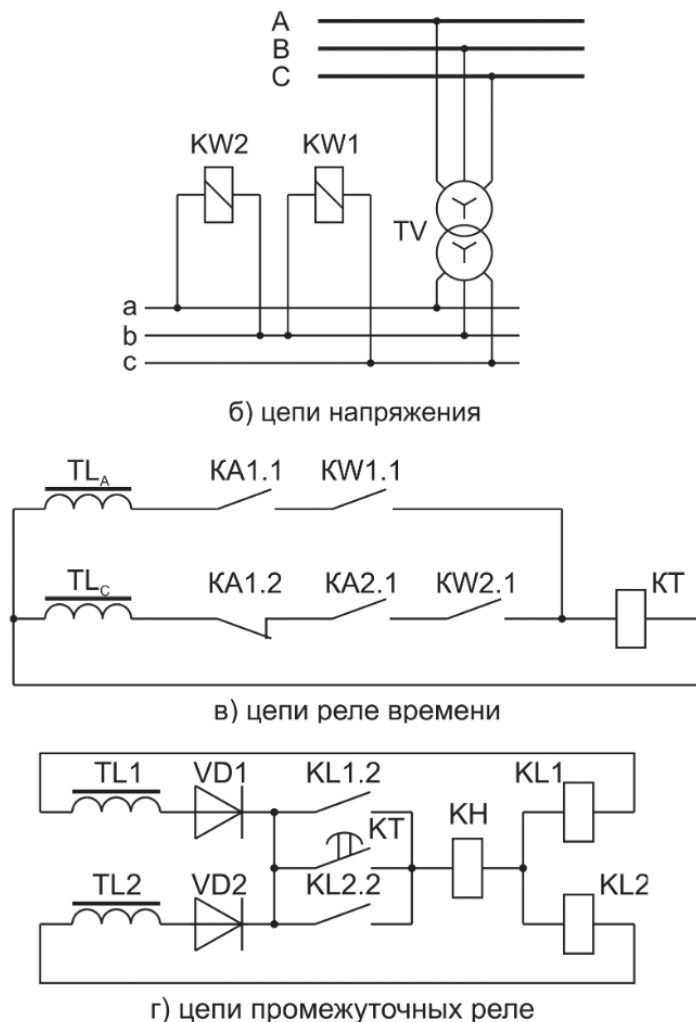


Рис. 7.13. Двухфазная схема ТНЗ, выполненная на переменном оперативном токе



**Рис. 7.13 (продолжение).** Двухфазная схема ТНЗ, выполненная на переменном оперативном токе

Схема выполнена с дешунтированием катушки отключения, с токовыми пусковым органом и промежуточными реле KL1, KL2 с мощными переключающими контактами.

Схема должна быть дополнена устройствами, контролирующими исправность цепей напряжения.

## **7.4. Схемы включения реле направления мощности**

### **7.4.1. Требования к схемам включения**

Реле KW включается, как правило, на фазный ток и фазное или междуфазное напряжение. Сочетание фаз тока и напряжения, питающего реле, называемое схемой включения, должно быть таким, чтобы реле правильно определяло знак мощности КЗ при всех возможных случаях и видах повреждений и чтобы к нему подводилась наибольшая мощность  $S_p$ :

$$S_p = U_p I_p \sin(\alpha - \varphi_p),$$

где  $\alpha$  — угол внутреннего сдвига реле.

Мощность  $S_p$  может быть недостаточна для действия реле, при КЗ близких к месту установки реле снижается напряжение  $U_p$  или при неблагоприятном значении угла  $\varphi_p$  —  $\sin(\alpha - \varphi_p) \approx 0$ . Отсюда вытекают следующие требования к схемам включения:

1. Реле должно включаться на такое напряжение, которое при близких КЗ не снижается до нуля.

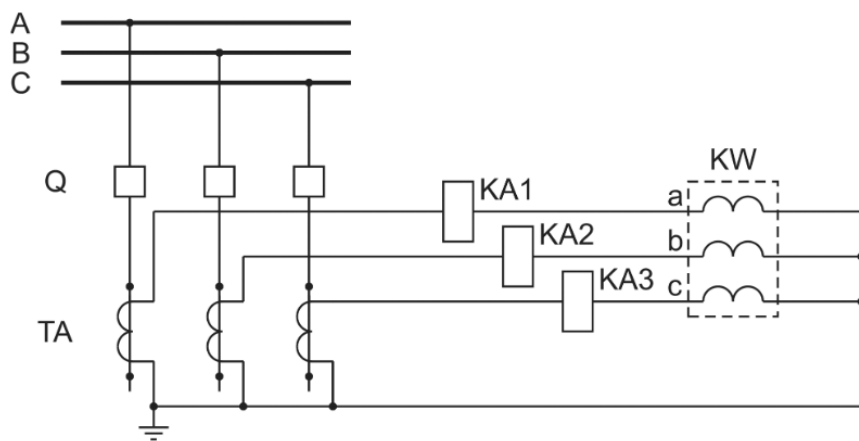
2.  $U_p$  и  $I_p$ , подводимые к реле, должны подбираться так, чтобы угол сдвига между ними  $\varphi_p$  в условиях КЗ не достигал значений, при которых  $S_p$  на зажимах реле 0.

### **7.4.2. 90° и 30° схемы**

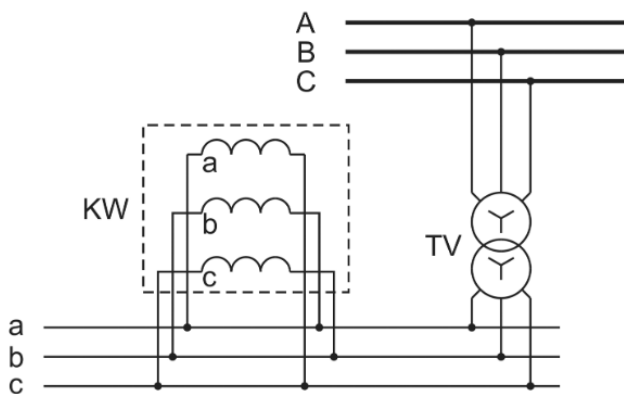
В современных схемах ТНЗ применяется включение реле направления мощности по так называемым 90° и иногда 30° схемам.

На рис. 7.14 приведена схема максимальной направленной защиты с двумя пусковыми органами: тока и минимального напряжения и однофазными реле направления мощности, включенными по 90° схеме.

На рис. 7.15 представлена схема максимальной направленной защиты с токовым пусковым органом и трехфазным реле направления мощности, включенным по 30° схеме.



а) токовые цепи

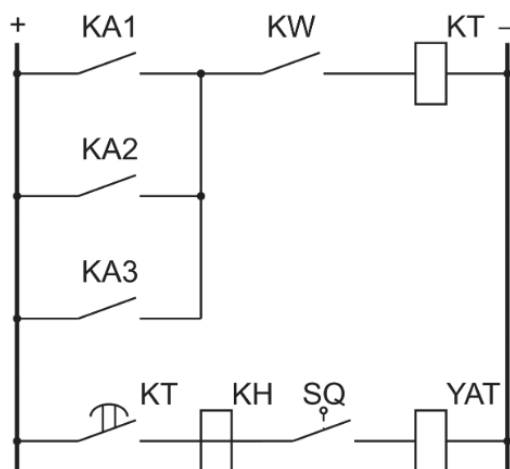


б) цепи напряжения

Рис. 7.14. Схема максимальной направленной защиты с пусковыми органами тока и минимального напряжения и однофазными реле направления мощности, включенными по 90° схеме



Продолжение



в) цепи оперативного тока

Рис. 7.14. Схема максимальной направленной защиты с пусковыми органами тока и минимального напряжения и однофазными реле направления мощности, включенными по 90° схеме

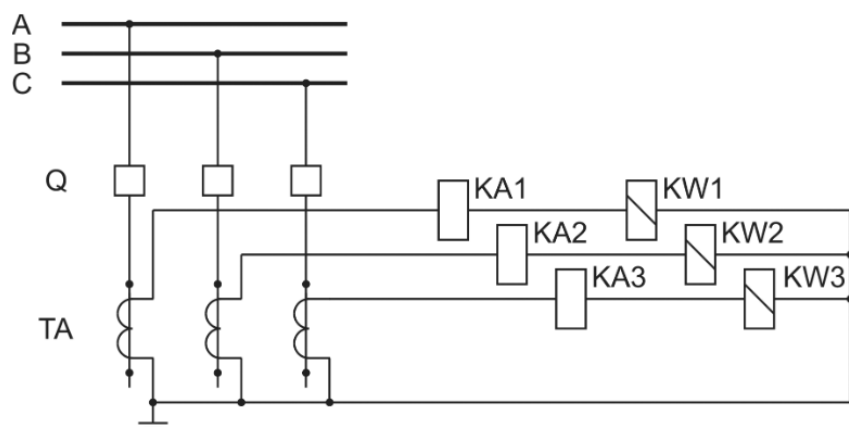
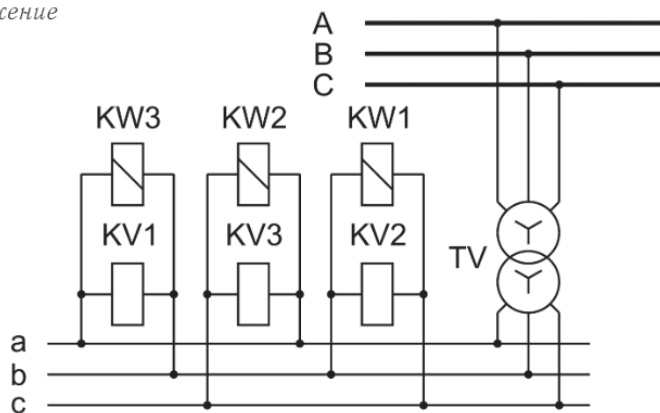
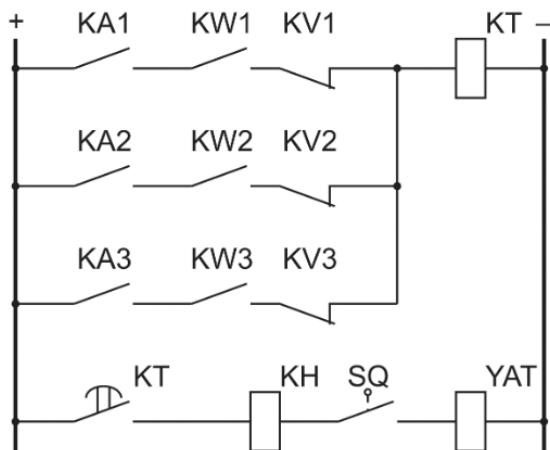


Рис. 7.15. Пример схемы максимальной направленной защиты с токовым пусковым органом и трехфазным реле направления мощности, включенным по 30° схеме

Продолжение



б) цепи напряжения



в) цепи оперативного тока

Рис. 7.15. Пример схемы максимальной направленной защиты с токовым пусковым органом и трехфазным реле направления мощности, включенным по  $90^\circ$  схеме

Таблица 7.1

Реле	90° схема		30° схема	
	IP	UP	IP	UP
1	IA	UBC	IA	UAC
2	IB	UCA	IB	UBA
3	IC	UAB	IC	UCB

На рис. 7.16 представлены векторные диаграммы для 90° (а) и 30° (б) схем соответственно.

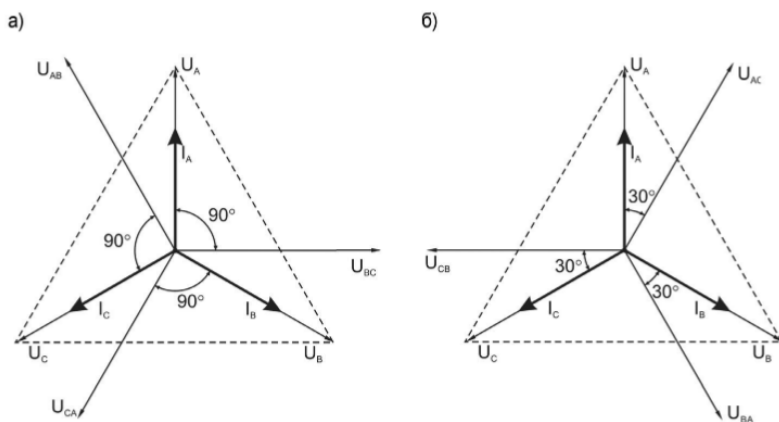


Рис. 7.16. Примеры векторных диаграмм для 90° (а) и 30° (б) схем

Названия схем условны, и их именуют по углам  $\varphi_p$  между  $U_p$  и  $I_p$  в симметричном трехфазном режиме при условии, что угол сдвига фаз между фазными током и напряжением равен нулю:  $I_A < U_A = 0$  (чисто активная нагрузка).

#### Недостаток 90° схемы

Возможность неправильной работы однофазных реле направления мощности КВ при КЗ за силовым трансформатором с соединением обмоток  $Y/\Delta$ . (Чисто теоретическая возможность: КЗ должно произойти через дугу с большим сопротивлением, на практике подобные происшествия не зафиксированы.) Трехфазные реле в подобных случаях должны действовать правильно.

$90^\circ$  схема считается *лучшей и рекомендуется как типовая* для реле направления мощности KW смешанного типа.

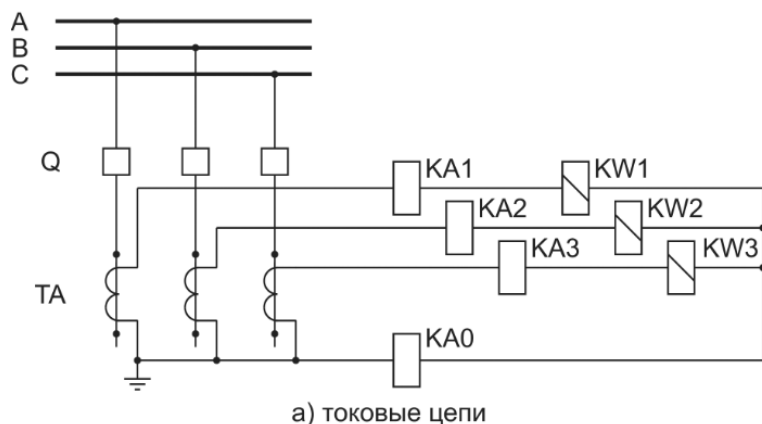
#### *$30^\circ$ схема*

Используется, в основном, для реле косинусного типа. Реле, включенные по такой схеме, ведут себя правильно при всех видах КЗ. *Недостаток* аналогичен реле, включенным по  $90^\circ$  схеме. Это возможность отказа при КЗ за трансформатором  $Y/\Delta$ .

### **7.5. Блокировка максимальной направленной защиты при замыканиях на землю**

Для отключения однофазных КЗ обычно применяются защиты, реагирующие на токи и напряжения нулевой последовательности.

Максимальная направленная защита (МНЗ), включаемая на фазные токи, используется только в качестве защиты от междуфазных замыканий. При КЗ на землю защита блокируется. Пример выполнения блокировки показан на рис. 7.17.



**Рис. 7.17.** Пример выполнения блокировки максимальной направленной защиты при замыканиях на землю

Продолжение

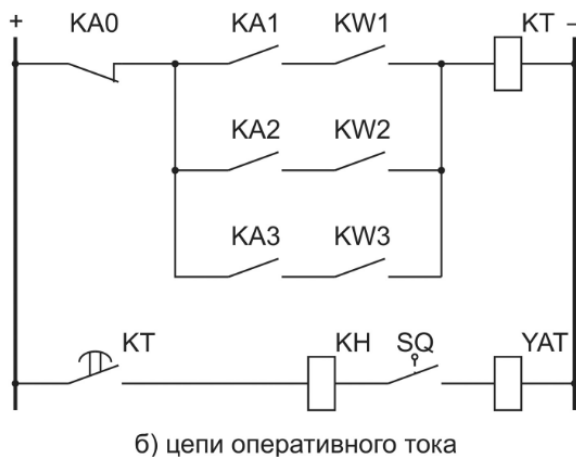


Рис. 7.17. Пример выполнения блокировки максимальной направленной защиты при замыканиях на землю

## 7.6. Выбор уставок защиты

### 7.6.1. Ток срабатывания пусковых реле

Ток срабатывания пусковых реле выбирается исходя из двух условий.

1. Отстройка от токов нагрузки:

$$I_{с.з} = \frac{k_H k_3 I_{н.макс}}{k_{воз}}.$$

2. Отстройка от токов, возникающих в неповрежденных фазах при КЗ на землю в сети с глухозаземленной нейтралью.

Анализ работы защит показал, что реле направления мощности, включенные на ток неповрежденных фаз, могут действовать неправильно. Рассмотрим токораспределение при однофазном КЗ (рис. 7.18).

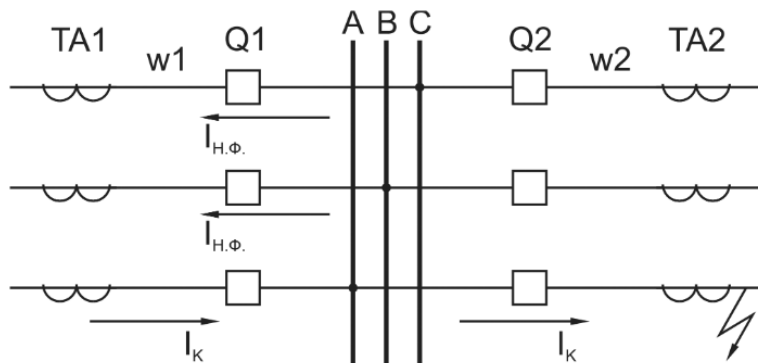


Рис. 7.18. Токораспределение при однофазном КЗ

Реле КВ, включенные в фазы А и В линии w1, могут разрешить защите отключить неповрежденную линию. Ток срабатывания защиты должен быть отстроен от тока неповрежденной фазы:

$$I_{с.з} = k_H I_{Н.Ф.},$$

где  $I_{Н.Ф.}$  — ток в неповрежденной фазе;  
 $k_H = 1,15 \dots 1,3$ ;

$$I_{Н.Ф.} = I_H + k I_K,$$

где  $k$  — коэффициент, учитывающий долю тока  $I_K$ , замыкающегося по неповрежденной фазе,  $k < 1$ ;

$I_H$  — ток нагрузки.

Для защит в сети с малым током замыкания на землю и защит, блокируемых при замыканиях на землю, ток срабатывания  $I_{с.з}$  выбирается только по первому условию.

Для обеспечения селективности чувствительности защит, действующих в одном направлении, необходимо согласовывать так, чтобы токи срабатывания нарастали при обходе защит против направления их действия (рис. 7.19).

*Пояснение к рисунку.*

Рассмотрим действие защит в представленной сети при КЗ в точке К1:  $\frac{I_{КА}}{I_{КВ}} = \frac{Z_{К2}}{Z_{К1}}$ , отсюда следует, что  $I_{КВ} \gg I_{КА}$ . Короткое замыка-

ние должно быть устранено срабатыванием защит 1 и 6. Однако действие защит будет каскадным.  $I_{КВ} > I_{с.з.1}$ ,  $I_{КА} < I_{с.з.6}$  вначале работает

защита 1, после отключения выключателя 1 ток  $I_{KA}$  резко возрастет, превысив  $I_{C.3.6}$  — сработает защита 6.

$$I_{C.3.6} < I_{C.3.4} < I_{C.3.2}$$

Разница в величине тока срабатывания двух смежных защит должна составлять 10%.

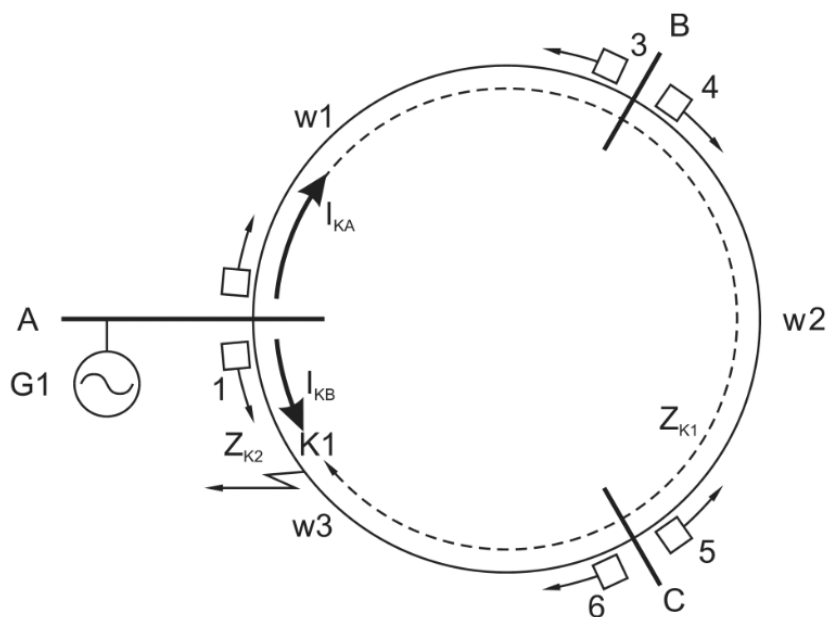


Рис. 7.19. Подбор чувствительности защит с целью обеспечения селективности

### 7.6.2. Выдержка времени защиты

Выдержки времени ТНЗ выбираются по условию селективности (рис. 7.20).

Из анализа действия защит при КЗ в точках К1–К3 следует, что направленность действия требуется не на всех защитах. Так как выдержка времени защиты 3 больше выдержки времени защиты 2 ( $t_3 > t_2$ ), то селективность действия защиты 3 при КЗ на линии w1 может быть обеспечена без органа направления, то же относится и к защите 4.

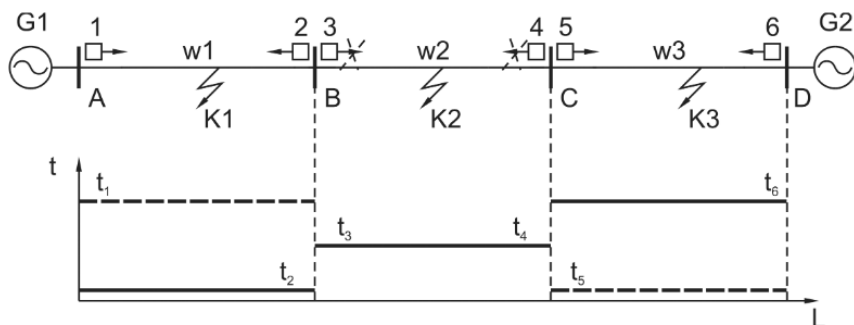


Рис. 7.20. Пример для пояснения выбора выдержки времени ТНЗ

Орган направления должен устанавливаться на тех защитах, у которых при направлении мощности КЗ к шинам нельзя обеспечить селективность посредством выдержки времени. Исключение органов направления мощности у ряда защит существенно экономит средства на организацию релейной защиты сети. Проектирование направленных защит в сетях следует начинать с вопроса необходимости использования органов направления мощности.

### 7.6.3. Мертвая зона

Мертвая зона — участок линии при КЗ, в пределах которого реле направления мощности не работает из-за того, что мощность на ее зажимах оказывается меньше мощности срабатывания.

По правилам устройства электроустановок (ПУЭ) при расчете уставок токовой направленной защиты должна быть рассчитана протяженность мертвой зоны.

При металлическом трехфазном КЗ на границе мертвой зоны (рис. 7.21, точка К1) мощность на зажимах реле равна мощности срабатывания:

$$S_P = S_{C.P} = U_P I_P \sin(\alpha - \varphi_P);$$

$$U_P = U_{C.P} = \frac{S_{C.P}}{I_P \sin(\alpha - \varphi_P)},$$

где  $S_{C.P}$  — мощность срабатывания, определяется по заводским данным;



$I_p = \frac{I_{K3}^{(3)}}{n_T}$  — ток трехфазного металлического КЗ в начале линии

(допускается с целью упрощения).

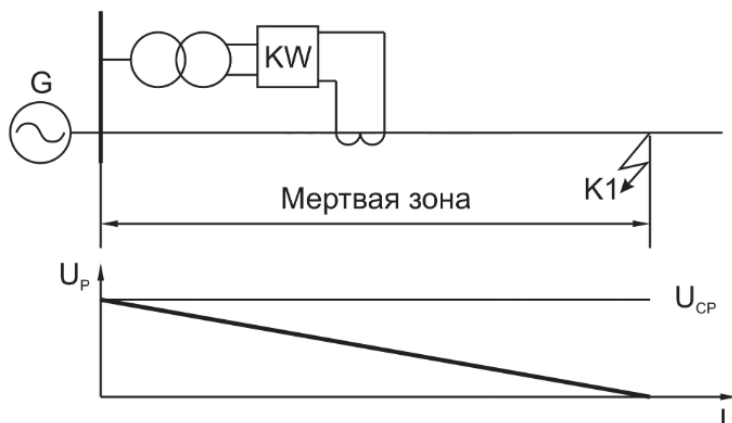


Рис. 7.21. Определение мертвой зоны ТНЗ

Вычисление  $\sin(\alpha - \varphi_p)$ :

$$\varphi_k = \arctg\left(\frac{x_y}{r_y}\right) \text{ — параметры линии.}$$

Зная  $K$  и схему включения реле, находят  $P$ .

Например для  $90^\circ$  схемы  $\varphi_p = \varphi_k - 90^\circ$ , угол внутреннего сдвига находят из справочника или паспорта реле. Подставив данные в формулу, находят  $U_{с.р}$ .

Первичное фазное напряжение, необходимое для срабатывания реле:

$U_{\Phi 1} = U_{с.р} n_H$  — если реле включено на фазное напряжение;

$U_{\Phi 1} = \frac{U_{с.р}}{\sqrt{3}} n_H$  — если реле включено на линейное напряжение.

Сопротивление  $Z_{М.З.}$ , в котором падение напряжения от тока  $I_{K3}$  равно  $U_{\Phi 1}$ :

$$Z_{М.З.} = \frac{U_{\Phi 1}}{I_{K3}}.$$

Длина мертвой зоны

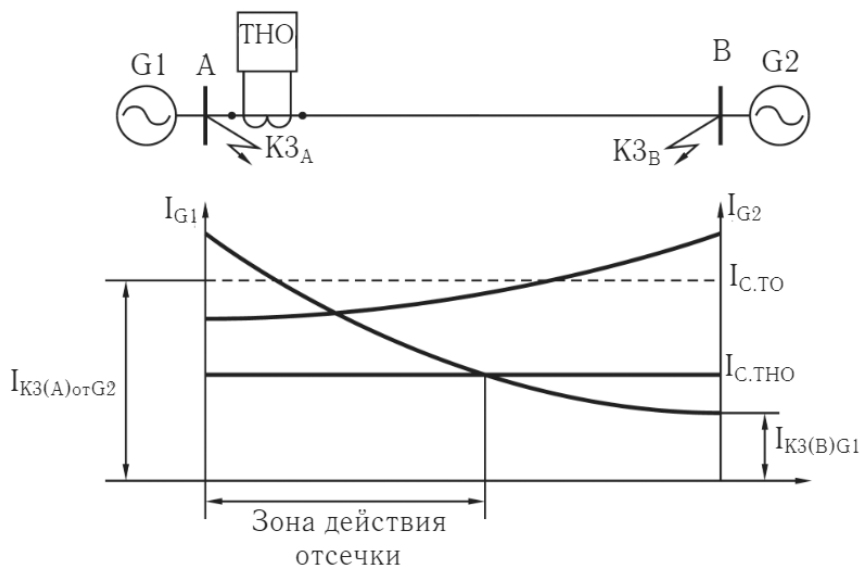
$$I_{М.з} = \frac{Z_{М.з}}{Z_y},$$

где  $Z_y$  — удельное сопротивление линии,  $Z_y = \sqrt{x_y^2 + r_y^2}$ .

Мертвая зона является существенным недостатком всех защит, в состав которых входят реле направления мощности.

### 7.7. Токовые направленные отсечки

Принцип действия токовых направленных отсечек (ТНО) (рис. 7.22) такой же, как и у ненаправленных. Реле направления мощности не позволяет ТНО действовать при мощности КЗ, направленной к шинам. Отстройка тока срабатывания ТНО ведется только от токов КЗ, направленных от шин подстанции.



$I_{C.THO}$  — ток срабатывания токовой направленной отсечки

$I_{C.TO}$  — ток срабатывания обычной токовой отсечки

Рис. 7.22. Принцип действия токовых направленных отсечек

ТНО применяются в сети с двухсторонним питанием, когда обычная отсечка оказывается слишком грубой. Зона отсечки с применением реле направления мощности значительно увеличивается.

Вследствие наличия мертвой зоны у реле направления мощности ТНО должна применяться только в тех случаях, когда обычная отсечка не удовлетворяет условию чувствительности.

Схема мгновенной ТНО отличается от схемы ТНЗ (см. рис. 7.11) только отсутствием реле времени.

Как и обычные отсечки ТНО выполняется как мгновенной, так и с выдержкой времени.

Эффективно применение трехступенчатой токовой направленной защиты.

### **7.9. Оценка токовых направленных защит**

Токовые направленные защиты являются основными защитами сетей напряжением до 35 кВ с двухсторонним питанием. В сетях 110, 220 кВ ТНЗ применяются в основном как резервные, лишь иногда (в сочетании с отсечкой) как основные.

#### *Достоинства*

1. Обеспечивают селективную защиту сетей с двухсторонним питанием.

2. Простой принцип действия.

3. Надежна в эксплуатации.

#### *Недостатки*

1. Большие выдержки времени, особенно вблизи источников питания.

2. Недостаточная чувствительность в сетях с большими нагрузками и небольшими кратностями токов КЗ.

3. Мертвая зона при трехфазных КЗ.

4. Возможность неправильного выбора направления при нарушении цепей напряжения, питающих реле направления мощности.

## **Глава 8. Особенности защиты воздушных и кабельных линий, синхронных генераторов, трансформаторов, электродвигателей**

### **8.1. Особенности защиты воздушных и кабельных линий**

Основным признаком короткого замыкания является увеличение тока в линии. Этот признак обычно используется для выполнения защит, которые называются токовыми. Токовые защиты обеспечивают защиту при увеличении тока в фазах линий сверх определенного значения. При этом при наличии релейной защиты обычно в качестве реле, реагирующего на возрастание тока, служат максимальные токовые реле. Токовые защиты это обычно максимальные токовые защиты, которые различаются выдержками времени срабатывания, и токовые отсечки, которые различаются по току срабатывания.

Воздушные и кабельные линии 6–35 кВ относятся к сети с изолированной нейтралью. Следовательно, защита должна реагировать на трехфазные, двухфазные и двойные замыкания на землю. Однофазные замыкания не относятся к коротким замыканиям и могут существовать от двух и более часов. За это время можно переключить нагрузку на другой источник и после этого уже отключить линию. В ряде случаев защита от замыканий на землю может отсутствовать, например, на воздушных линиях, для которых отсутствуют трансформаторы тока нулевой последовательности. В этом случае поиск места замыкания на землю производится путем поочередного отключения линий.

Для работы при двухфазных и трехфазных коротких замыканиях достаточно иметь защиты установленные в двух фазах. Защита всегда устанавливается в фазах А и С. Она не реагирует на ток фазы В, но это не имеет значения, так как при любых междуфазных коротких замыканиях ток протекает в двух фазах и срабатывает защита установленная либо в фазе А либо в С, либо одновременно в 2 фазах.

В правилах устройства электроустановок (ПУЭ) записано, что защиты во всей сети должны располагаться в одинаковых фазах. Так как трансформаторы тока располагаются в крайних фазах то ошибка невозможна, но случается, что провода линии или жилы кабеля

подсоединяются как удобно и на питающем и на приемном конце и дефект становится в некоторых электросетях возможным.

Контроль наличия соответствующего угла сдвига фаз можно осуществить после подачи напряжения. При этом, например, на приемной подстанции проверяется направление вращения фазоуказателя или двигателя и если они вращаются в обратную сторону то меняются местами две фазы, которые удобнее поменять местами. Необходимо отметить, что это не обязательно будут соответствующие фазы, имеющие защиты, а следовательно может произойти повреждение в электросети.

Максимальная защита, как правило, является главной, а иногда единственной защитой линий 6–35 кВ. Эта защита, которая отстраивается от тока нагрузки, и обеспечивает отключение на своей линии, а если позволяет ее чувствительность, и резервирует отключение смежного участка.

Для уменьшения объема повреждения защита выполняется ступенчатой, причем кроме максимальной токовой защиты применяется и токовая отсечка. Способом уменьшения выдержки времени защиты является применение защиты с обратно зависимой выдержкой времени в которой выдержка времени уменьшается по мере увеличения тока короткого замыкания.

Как правило, на линиях 35 кВ применяются защиты с независимой выдержкой времени. Нагрузкой линии является трансформатор, защищенный дифференциальной токовой защитой или токовой отсечкой и максимальной токовой защитой с независимой выдержкой времени. Защиты трансформатора действуют на отключение выключателя или на включение короткозамыкателя.

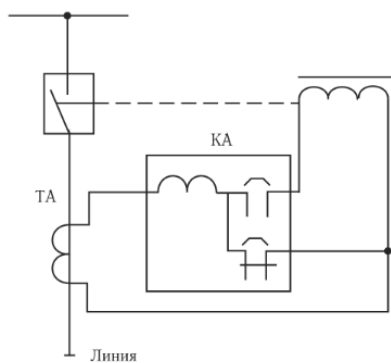
В качестве автономной защиты без использования дополнительного источника оперативного тока в электрических сетях, например, используются схемы с дешунтированием. Они выполняются на электромеханических реле с мощными контактами, позволяющими дешунтировать большие токи протекающие при коротких замыканиях. Пример фрагмента схемы защиты с дешунтированием на электромеханическом реле показан на рис. 8.1.

Воздушные и смешанные (кабельно-воздушные) линии обычно оснащаются устройствами автоматического повторного включения (АПВ). На чисто кабельных линиях АПВ обычно не применяется. В некоторых случаях, если применяемый выключатель выполнен с пофазным управлением, то применяется пофазное их отключение, а также АПВ. Это позволяет отключить и включить поврежденную фазу без отключения нагрузки, так как в сетях в случае заземления нейтрали трансформа-

тора, который питает нагрузку, эта нагрузка может выдержать кратковременный неполнофазный режим.

Линии высокого напряжения работают с большими токами нагрузки, что требует применения защит со специальными характеристиками. На транзитных линиях, которые могут кратковременно перегружаться, обычно применяются дистанционные защиты, позволяющие обеспечивать защиту от токов нагрузки. На тупиковых линиях во многих случаях можно обойтись токовыми защитами. Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), устройства предотвращения перегрузки должны применяться в случаях, если допустимая для оборудования длительность протекания повышенного тока составляет менее 10 мин. Защита от перегрузки должна действовать на разрыв транзита или отключение нагрузки.

Задержка в отключении короткого замыкания в линиях может привести к нарушению устойчивости параллельной работы электростанции, причем из-за длительного падения напряжения может остановиться оборудование и нарушиться технологический процесс производства, а также могут произойти повреждения линии, на которой возникло короткое замыкание. Поэтому часто применяются защиты, которые отключают короткие замыкания в любой точке линии без выдержки времени. Это могут быть дифференциальные защиты, установленные по концам линии, а также это могут быть обычные защиты, ускоряемые при получении разрешающего сигнала. Может быть использована схема ускорения защиты по высокочастотному (ВЧ) отдельному каналу.



**Рис. 8.1.** Пример фрагмента схемы защиты с дешунтированием на электромеханическом реле

КА — реле со специальными усиленными контактами; ТА — трансформатор тока

Токовые и дистанционные защиты, как правило, выполняются ступенчатыми, причем количество ступеней должно быть не менее трех.

Во многих случаях все требуемые защиты можно выполнить в составе одного устройства. Однако выход из строя этого одного устройства оставляет оборудование без защиты, что недопустимо. Поэтому защиты электролиний высокого напряжения целесообразно выполнять в составе 2 комплектов. Второй комплект является резервным и может быть упрощен по сравнению с основным: не иметь автоматического повторного включения (АПВ); устройства для определения места повреждения (ОМП); иметь меньшее количество ступеней и т.д. Второй комплект должен питаться от другого автомата оперативного тока и комплекта трансформаторов тока. Причем при наличии возможности также и питаться от другой аккумуляторной батареи и трансформатора напряжения и действовать на другой соленоид отключения выключателя.

Устройства защиты электролиний высокого напряжения должны учитывать возможность отказа выключателя и иметь устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ) либо встроенное в само устройство, либо выполненное отдельно.

Для анализа аварии и работы автоматики и релейной защиты обычно требуется регистрация, как аналоговых величин, так и дискретных при аварийных событиях.

Для высоковольтных электролиний комплекты защиты и автоматики должны обеспечивать следующие функции:

1. Защиту от междупазных коротких замыканий и коротких замыканий на землю. Пофазное или трехфазное автоматическое повторное включение (АПВ). АПВ обычно выполняется однократным, чтобы не увеличивать объем повреждения на линии так как даже при однократном включении линия включается от АПВ два раза (с двух сторон).

2. Защиту от перегрузки.

3. Иметь устройство резервирования отключения выключателя.

4. Иметь устройство для определения места повреждения.

5. Регистрацию (осциллографирование) токов и напряжений, а также регистрация дискретных сигналов автоматики и релейной защиты.

6. Иметь жидкокристаллический графический дисплей, на котором может быть изображена мнемосхема ячейки с разъединителями и заземляющими ножами.

7. Устройства защиты должны резервироваться.

8. Для линий имеющих выключатели с пофазным управлением необходимо иметь защиту от неполнофазного режима действующую на отключение своего и смежных выключателей, так как, длительный неполнофазный режим не допускается.

Линии высокого напряжения, как правило, имеют значительную длину, что усложняет поиски места повреждения. Поэтому линии должны оснащаться устройствами определяющими расстояние до места повреждения. Средствами ОМП должны оснащаться линии длиной от 20 км.

*Особенности операций при включении и отключении воздушных и кабельных линий.* При отключении линий, имеющих выключатели сначала выводятся из работы автоматические устройства (АВР, АПВ и др.), а затем отключаются выключатели которые разрывают токовые цепи и снимают напряжение с элементов линий (ЛЭП, трансформаторы и др.). Необходимо отметить, что вводы выключателей могут оставаться под напряжением со стороны сборных шин.

Затем отключают разъединители, причем сначала отключают линейные (трансформаторные) разъединители, а после этого шинные разъединители.

При включении линий сначала включаются шинные разъединители, а затем линейные разъединители, выключатели, автоматические устройства (АВР, АПВ и др.).

## **8.2. Особенности защиты синхронных генераторов**

На электростанциях могут устанавливаться синхронные генераторы малой мощности, к которым относятся синхронные генераторы мощностью до 1 МВт напряжением до 1 кВ и выше, а также синхронные генераторы средней мощности к которым относятся синхронные генераторы мощностью от 1 до 30 МВт. При работе электрических сетей возможны следующие дефекты синхронных генераторов: дефекты обмоток статора и ротора; несоответствующие (ненормальные) режимы работы синхронных генераторов. Например, для синхронных генераторов напряжением до 1 кВ и мощностью до 1 МВт обычно устанавливается токовая защита от всех видов его дефектов и от несоответствующих режимов его работы. Следует отметить, что отличительной особенностью защит синхронных генераторов, действующих на отключение, является не только то, что они должны отделить поврежденный синхронный генератор от электросети, но и то, что они должны обеспечить прекращение при этом прохожде-



ние тока возбуждения, выключив автомат гашения поля возбуждения (АГП). Необходимо отметить, что по характеру возможных повреждений и несоответствующих режимов работы синхронные генераторы не отличаются от синхронных компенсаторов и их защиты одинаковы. Синхронный компенсатор может работать, как в режиме генерации, так и в режиме потребления реактивной мощности в электросети.

**Дефекты обмотки статора синхронного генератора.** Это однофазные короткие замыкания на землю, многофазные короткие замыкания, двойные замыкания (одно из которых возникло во внешней цепи, а другое возникло в обмотке статора), межвитковые замыкания возникшие в одной фазе. Многофазные замыкания обычно вызывают большие токи и электрическую дугу в месте повреждения, и для защиты от них предусматривается быстродействующая защита, которая обычно обеспечивает отключение выключателя, гашение поля, остановку привода синхронного генератора.

Синхронные генераторы напряжением до 1 кВ обычно имеют заземленные нейтрали, а поэтому токи однофазного короткого замыкания в обмотке их статора высокие и достаточны для действия защиты от многофазных коротких замыканий. Заземленной нейтралью называется, например, нейтраль генератора, присоединенная к заземляющему устройству или непосредственно, либо через небольшое сопротивление. Межвитковые замыкания, возникшие в одной фазе приводят к тем же последствиям, что и многофазные короткие замыкания. Необходимо отметить, что для одиночно работающих синхронных генераторов малой мощности обычно устанавливается максимальная токовая защита со стороны нейтрали.

**Дефекты обмотки ротора синхронного генератора.** Это замыкания на землю в одной или в двух точках. В связи с тем, что цепь возбуждения изолирована от земли при замыкании на землю в одной точке через место такого дефекта ток не проходит. При наличии замыкания на землю в двух точках часть обмотки ротора, которая находится между точками повреждения оказывается закороченной и в ней протекает перегревающий ее ток, причем магнитный поток обмотки ротора искажается и вызывает вибрацию ротора. На гидрогенераторах, например, обычно устанавливается защита от замыкания обмотки ротора на землю в одной точке которая вырабатывает сигнал для дежурного оперативного персонала.

Синхронные генераторы напряжением свыше 1 кВ обычно работают в сетях с изолированными или заземленными через дугогасящие реакторы нейтральями, а поэтому однофазные замыкания на землю

обмотки статора обычно вызывают токи замыкания которые меньше, чем номинальные токи. В случае токов замыкания на землю 5 А и более защита такого синхронного генератора должна обеспечивать его отключение, а если токи замыкания менее 5 А то защита должна вырабатывать сигнал для дежурного оперативного персонала. В зависимости от того, работает ли генератор непосредственно на сборные шины либо в блоке с трансформатором предусматривается соответствующая защита. Необходимо отметить, что для синхронных генераторов с мощностью более 1 МВт, обычно устанавливается продольная дифференциальная защита или токовая отсечка. Пример двухфазной двухрелейной продольной дифференциальной защиты генератора мощностью 30 МВт показана на рис. 8.2.

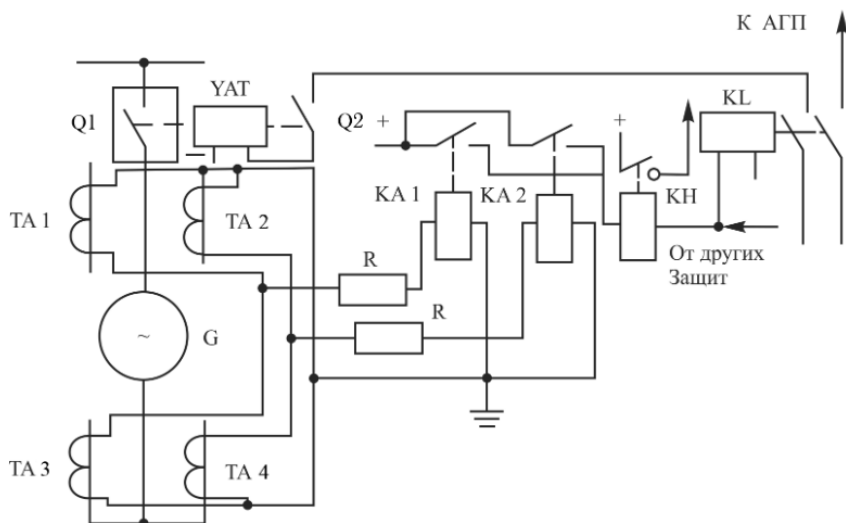


Рис. 8.2. Двухфазная двухрелейная продольная дифференциальная защита генератора мощностью 30 МВт

**Несоответствующие режимы работы синхронных генераторов обычно следующие:**

1. *Прохождение сверхтоков при симметричных перегрузках.* Симметричные перегрузки синхронных генераторов обычно могут возникать при отключении либо отделении параллельно работающих синхронных генераторов, при резких перепадах нагрузки, вызванных технологическими процессами у потребителей. Перегрузки могут при-

водить к перегреву изоляции и к ее разрушению. Защита от симметричной перегрузки может вырабатывать сигнал для дежурного оперативного персонала, либо обеспечивать отключение или автоматическую разгрузку синхронных генераторов.

*2. Прохождение сверхтоков при несимметричных перегрузках.* Несимметричные перегрузки могут возникнуть при неполнофазном режиме работы сети генераторного напряжения, либо при недопустимой однофазной нагрузке. При этом содержащиеся в несимметричных токах составляющие обратной последовательности образуют магнитное поле, которое вращается встречно относительно направления вращения ротора синхронного генератора, и в результате в обмотке ротора синхронного генератора индуцируются нагревающие ее токи, а магнитный поток искажается, вызывая вибрацию ротора генератора. Для обеспечения защиты от прохождения сверхтоков при несимметричных перегрузках обычно служит защита от перегрузки токами обратной последовательности.

*3. Прохождение сверхтоков при внешних коротких замыканиях.* Токи внешних коротких замыканий, как и токи перегрузки обычно вызывают перегрев синхронных генераторов. При этом внешние короткие замыкания должны устраняться защитой поврежденных элементов, но помимо этого синхронные генераторы снабжают защитой от внешних коротких замыканий, обеспечивающую их отключение.

*4. Несоответствующее повышение напряжения синхронного генератора.* Несоответствующее повышение напряжения синхронного генератора может возникать при внезапном сбросе его нагрузки в связи с тем, что у разгруженного синхронного генератора возрастает частота вращения его ротора. Частоту вращения обычно регулирует соответствующий регулятор. Основным средством регулирования напряжения вырабатываемого синхронным генератором является автоматическое регулирование их возбуждения. На гидрогенераторах, например, в связи с их инерционностью обычно устанавливается защита от несоответствующего повышения напряжения.

*5. Асинхронный режим работы синхронного генератора, связанный с потерей возбуждения.* В случае если синхронный генератор имеет непосредственное охлаждение проводников его обмоток, то он снабжается защитой от такого режима. В случае, если асинхронный режим работы синхронного генератора допускается, то вырабатывается сигнал о потере возбуждения для дежурного оперативного персонала.

6. *Перегрузка обмотки ротора синхронного генератора током.* Такая перегрузка может возникнуть, например, при длительной форсировке его возбуждения. Защита при этом может обеспечивать либо выдержку времени, которая реагирует на повышение тока или напряжения в обмотке ротора, либо может обеспечивать отключение синхронного генератора при таком дефекте.

### 8.3. Особенности защиты трансформаторов

При работе электросетей могут возникать дефекты в трансформаторах, а также в их соединениях с коммутационными аппаратами. Возможны также и несоответствующие режимы работы трансформаторов, которые не связаны с дефектами трансформаторов или их соединений. Возможность возникновения дефектов и несоответствующих режимов работы трансформаторов вызывает необходимость наличия на трансформаторах устройств защиты.

Дефектами трансформаторов обычно являются короткие замыкания в обмотках трансформаторов (многофазные и однофазные короткие замыкания в обмотках трансформаторов) и на выводах трансформаторов (многофазные и однофазные короткие замыкания на выводах трансформаторов). Однофазные дефекты это замыкания на землю и витковые замыкания между витками обмотки.

Защита от коротких замыканий трансформаторов обеспечивается отключением поврежденного трансформатора, причем для ограничения размеров повреждения ее выполняют быстродействующей.

**Газовая защита.** При межвитковых замыканиях возникает значительный ток, который разрушает и изоляцию и магнитопровод трансформатора, но применять для этого токовые, дифференциальные, дистанционные защиты обычно затруднительно. Например, при небольшом количестве замкнувшихся витков ток в поврежденной фазе со стороны питания может оказаться меньше значения номинального тока, а напряжение на выводах трансформатора не изменится.

При внутренних повреждениях трансформатора таких как, например, «пожар магнитопровода», который возникает при нарушении изоляции между листами магнитопровода, это ведет к увеличению потерь на перемагничивание и вихревые токи. Эти потери вызывают местный нагрев стали, который приводит к дальнейшему разрушению изоляции магнитопровода. Необходимо отметить, что защиты, основанные на использовании электрических величин, на этот

вид повреждения не реагируют. Электрическая дуга возникает при многофазных коротких замыканиях в обмотках. Поэтому обычно применяется газовая защита от «пожара магнитопровода» и от витковых замыканий в маслонаполненных трансформаторах. Принцип действия газовой защиты основан на использовании явления газообразования в баке поврежденного трансформатора. Следует отметить, что образование газа является следствием разложения масла и других изолирующих материалов под действием электрической дуги при витковых замыканиях или недопустимого нагрева при «пожаре магнитопровода».

Интенсивность газообразования зависит от характера и размеров повреждения трансформатора, что дает возможность применять газовую защиту, которая может различать степень повреждения и в зависимости от этого вырабатывать сигнал для дежурного персонала либо производить отключение трансформатора.

Основным элементом газовой защиты является газовое реле, которое обычно устанавливается в маслопроводе между баком и расширителем. Другие основные его элементы выполнены в виде плоскодонных алюминиевых чашек, вращающихся вместе с подвижными контактами вокруг осей. Эти контакты при опускании алюминиевых чашек замыкаются с неподвижными контактами. При наличии нормального режима работы трансформатора, причем при наличии масла в баке чашки удерживаются пружинами. При понижении уровня масла происходит опускание чашек и замыкание соответствующих контактов. Масса чашек с маслом является достаточной для преодоления силы пружин при отсутствии масла в кожухе реле. Сначала обычно опускается одна чашка и реле действует на сигнал для дежурного персонала, а затем при развитии дефекта с помощью второй чашки производится отключение трансформатора.

Преимущества газовой защиты трансформатора:

- высокая чувствительность и реагирование на любые повреждения внутри бака;
- малое время срабатывания;
- способность обеспечивать защиту трансформатора при недопустимом понижении уровня масла, происходящем по любым причинам.

Необходимо отметить, что газовую защиту не разрешается использовать в качестве единственной защиты трансформатора от внутренних повреждений.

**Защита от несоответствующих режимов работы трансформаторов.** При внешних коротких замыканиях и перегрузках могут возникать несоответствующие режимы работы трансформаторов, причем при этом в обмотках трансформатора появляются большие токи (сверхтоки). Представляют опасность и токи, возникающие при внешних коротких замыканиях, причем эти токи могут значительно превышать номинальный ток трансформатора. При наличии длительного прохождения тока, что может происходить при коротких замыканиях на шинах или при не отключившемся повреждении на отходящем от шин присоединении, возможен интенсивный нагрев изоляции обмоток и ее повреждение. При наличии короткого замыкания понижается напряжение в сети.

На трансформаторе должна быть защита, которая отключает его при появлении сверхтоков, возникающих в результате не отключившегося внешнего короткого замыкания.

Максимальная токовая защита трансформатора предназначена для отключения трансформатора от источника электропитания в случае возникновения короткого замыкания на его выводах или внутри трансформатора, а также на сборных шинах или линиях со стороны потребителя. Для защиты трансформатора от сверхтоков, например, при однофазном коротком замыкании обычно используется максимальная токовая защита, которая устанавливается со стороны обмоток, соединенных по схеме звезда с заземленной нулевой точкой. На понижающих трансформаторах применяется простая максимальная токовая защита. На повышающих трансформаторах она имеет недостаточную чувствительность к повреждениям на высшей стороне и поэтому чувствительность максимальной токовой защиты повышающих трансформаторов повышается, например, с помощью применения блокировки по напряжению.

Перегрузка трансформаторов не влияет на работу системы электроснабжения, так как она обычно не сопровождается падением напряжения. Сверхтоки перегрузки незначительны и их прохождение допустимо в течение некоторого времени, которого достаточно для того, чтобы дежурный персонал при наличии сигнала об этом принял меры к разгрузке трансформаторов. На подстанциях без дежурного персонала защита от перегрузки должна действовать на разгрузку трансформатора или на его отключение.

К несоответствующим режимам работы трансформаторов относится также недопустимое понижение уровня масла, которое может произойти, например, вследствие повреждения его масляного бака.

#### 8.4. Особенности защиты электродвигателей

К возможным дефектам электродвигателей относятся:

1. Замыкания на землю.

Для защиты от замыканий на землю обычно устанавливается токовое реле, которое подключается к трансформатору тока нулевой последовательности.

2. Междупазные короткие замыкания. Межвитковые замыкания в большинстве случаев сопровождаются замыканием на землю или переходят в междупазные.

Для защиты от междупазных коротких замыканий в электродвигателях обычно используется токовая отсечка, которая может реализовываться с помощью реле прямого действия, встроенного в привод выключателя.

К возможным ненормальным режимам работы электродвигателей относятся:

1. Перегрузка током больше номинального.

Перегрузка является симметричным режимом и поэтому защита от нее обычно реализуется с помощью реле, которое включается в любую фазу.

2. Неполнофазный режим.

3. Самозапуск.

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) на двигателях напряжением выше 1000 В должны устанавливаться следующие устройства защиты:

1. Защита от междупазных коротких замыканий.

2. Защита от замыканий на землю.

3. Защита от двойных замыканий на землю.

4. Защита от перегрузки.

5. Для синхронных двигателей дополнительно требуется защита от асинхронного режима.

Необходимо отметить, что применяемые для этой цели виды защиты зависят от мощности электродвигателей. Электродвигатели обычно должны иметь токовую отсечку, токовую защиту от замыканий на землю и защиту от перегрузки.

В качестве защиты от междупазных коротких замыканий при мощности электродвигателей до 50 кВт применяется токовая отсечка, но она может применяться и для электродвигателей большей мощности, не имеющих фазных выводов со стороны нейтрали двигателя. Для электродвигателей большей мощности может применяться дифференциальная защита при условии, что эти двигатели имеют выводы со стороны

нейтрали. В качестве защиты от замыканий на землю при токах замыкания более 5 А для электродвигателей обычно применяется токовая защита нулевой последовательности, действующая на отключение. Она применяется в тех случаях, когда защита от замыканий на землю имеет выдержку времени. Для электродвигателей передвижных механизмов, защита от замыканий на землю, по соображениям электробезопасности, должна действовать на отключение независимо от величины тока замыкания на землю.

Защита от перегрузки требуется для электродвигателей, подверженных перегрузке по технологическим причинам, или с особо тяжелыми условиями пуска. Защиту от перегрузки можно выполнять с зависимой или независимой выдержкой времени. Защита от перегрузки может действовать на разгрузку механизма по технологическим цепям или на сигнал (первая ступень), либо на отключение электродвигателя (вторая ступень). Выдержка времени защиты от перегрузки при токе, равном пусковому току электродвигателя, выполняется большей времени его пуска. При таком выполнении защиты электродвигателя имеется значительный тепловой запас, причем обычно электродвигатели выдерживают не менее двух пусков подряд по температуре. Недостаток такого принципа защиты состоит в том, что электродвигатель отключится только после нагрева до предельной температуры, так что она может действовать только на отключение. Поэтому защиты от перегрузки имеют обычно 2 ступени, причем ступень с меньшей выдержкой времени действует на разгрузку, а с большей выдержкой действует на отключение.

Для электродвигателей обычно имеются реле, которые включают в себя защиту от перегрузки, защиту от несимметричного режима, токовую отсечку и защиту от замыкания на землю.

Защита от асинхронного режима для синхронных двигателей может действовать по току перегрузки с независимой выдержкой времени. Асинхронный режим сопровождается перегрузкой двигателя, и на него реагируют защиты от перегрузки. Токовые защиты могут срабатывать и возвращаться при колебаниях тока, а поэтому защиты от перегрузки в асинхронном режиме должны накапливать выдержку времени. Также как и ранее, можно использовать две ступени защиты от перегрузки, причем ступень с меньшей выдержкой времени действует на ресинхронизацию, а ступень с большей выдержкой действует на отключение. Поскольку в этом случае невозможно различить режим перегрузки и асинхронный режим, нельзя обеспечить автоматическую ресинхронизацию. При наличии дежурного персонала на объекте он может это выявить визуально при срабатывании первой сигнальной ступени.



Для облегчения условий запуска, а также для предотвращения подачи несинхронного напряжения на возбужденные синхронные электродвигатели они должны быть оборудованы защитой минимального напряжения, например, могут применяться с этой целью специальные реле напряжения. Эта защита может быть либо индивидуальной, либо групповой.

Кроме перечисленных обязательных для электродвигателей функций защиты специальные защиты для двигателей имеют дополнительные функции, использование которых улучшает условия эксплуатации двигателя, обеспечивая снижение вероятности его повреждения и продлевая срок его службы. К таким функциям защиты могут относиться:

1. Защита от обрыва фазы.
2. Ограничение количества пусков.
3. Запрет пуска по времени прошедшего от предыдущего пуска.
4. Защита от превышения максимальной мощности.

Необходимо отметить, что специальные устройства защиты двигателей могут работать не только с током и напряжением, но и с датчиками температуры.

Защиту электродвигателей напряжением 500, 380 и 220 В обычно осуществляют, исходя из тех же требований, что и к электродвигателям более высоких напряжений. Для таких электродвигателей применяется защита от междофазных КЗ, а также защита от перегрузки. Защита от КЗ может осуществляться с помощью плавких предохранителей, при этом в качестве коммутационного аппарата используется трехфазный магнитный пускатель (контактор) подтянутый, пока на его катушку подано напряжение. Магнитными пускателями называются трехфазные автоматические выключатели низкого напряжения (контакторы), рассчитанные на разрыв нормального рабочего тока двигателя и тока его перегрузки, но не тока КЗ. Отключение токов КЗ при применении магнитного пускателя обычно обеспечивается с помощью последовательно с ним включаемых предохранителей. Пример схемы защиты электродвигателя напряжением до 500 В с магнитным пускателем показан на рис. 8.3. Магнитные пускатели обычно не имеют защелки и во включенном положении удерживаются действием электромагнита УА, обмотка которого подключена на напряжение питания. Включение магнитного пускателя осуществляется нажатием кнопки В1. При этом замыкается цепь обмотки удерживающего электромагнита, якорь которого притягивается и замыкает механически связанные с ним силовые контакты. Кнопка В1 имеет самовозврат, поэтому после ее размыкания цепь обмотки электромагнита остается замкнутой через вспомогательный контакт, шунтирующий кнопку 1. Для отключения

пускателя вручную служит кнопка В2, при нажатии которой разрывается цепь удерживания электромагнита, и якорь, отпадая, размыкает силовые контакты  $YA1$ . При понижении напряжения питающей сети электромагнит отпадает, и электродвигатель отключается, чем осуществляется защита минимального напряжения. После восстановления напряжения магнитный пускатель сам включиться не может, а включение его должно вновь осуществляться вручную. Защита электродвигателя от перегрузки выполняется тепловыми реле  $KA1$  и  $KA2$ . Тепловые реле настраиваются таким образом, чтобы они не срабатывали от токов, проходящих при пуске электродвигателя.

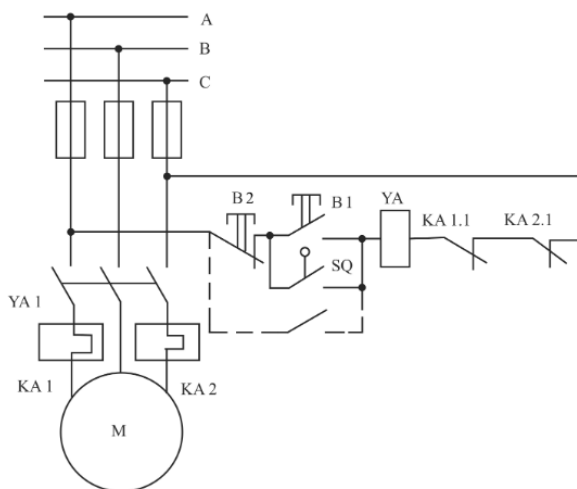


Рис. 8.3. Схема защиты электродвигателя напряжением до 500 В с магнитным пускателем

## Глава 9. Особенности диагностики электрических сетей

### 9.1. Фазировка электрического оборудования

Фазировка — проверка наличия совпадения по фазе напряжения каждой из трех фаз электроустановки потребителя с соответствующими фазами напряжения питающей электрической сети. При этом проверяется следующее:

Наличие совпадения по фазе одноименных напряжений (отсутствие между ними фазового сдвига).

Наличие совпадения обозначения и окраски фазных проводников электроустановки потребителя и электрической сети (А, В, С, N, PE(PEN)).

Наличие совпадения порядка следования фаз электроустановки потребителя и электрической сети.

Необходимо отметить, что в пяти и четырехпроводных цепях при горизонтальном расположении шин они следуют в следующем порядке сверху вниз А-В-С-N-PE(PEN), а при вертикальном расположении шин они следуют в следующем порядке слева направо А-В-С-N-PE(PEN). У трехфазных трансформаторов выводы низшего напряжения располагаются в следующем порядке слева направо (если смотреть со стороны низшего напряжения) О-а-в-с.

Фаза А окрашивается в желтый цвет, фаза В окрашивается в зеленый цвет, фаза С окрашивается в красный цвет.

Фаза, например, трехфазной электрической цепи это участок этой электрической цепи по которому проходит один и тот же ток, который сдвинут относительно других токов трехфазной электрической цепи по фазе.

Порядок следования фаз можно определить с помощью фазоуказателей. При этом фазы проверяемой электрической сети (цепи) подключаются к зажимам А,В,С прибора. После этого при нажатии кнопки прибора диск фазоуказателя будет вращаться по часовой стрелке при прямом порядке следования фаз, а при обратном порядке следования фаз диск будет вращаться против часовой стрелки.

Следует отметить, что если не совпадает порядок следования фаз электрической установки и электрической сети, то при подключении,

например, с помощью выключателей этой электрической установки к сети, происходит короткое замыкание.

Разность напряжений в соединяемых выводах фаз должна быть близка к нулю. Это применяется, например, при фазировке трансформаторов (рис.9.1).

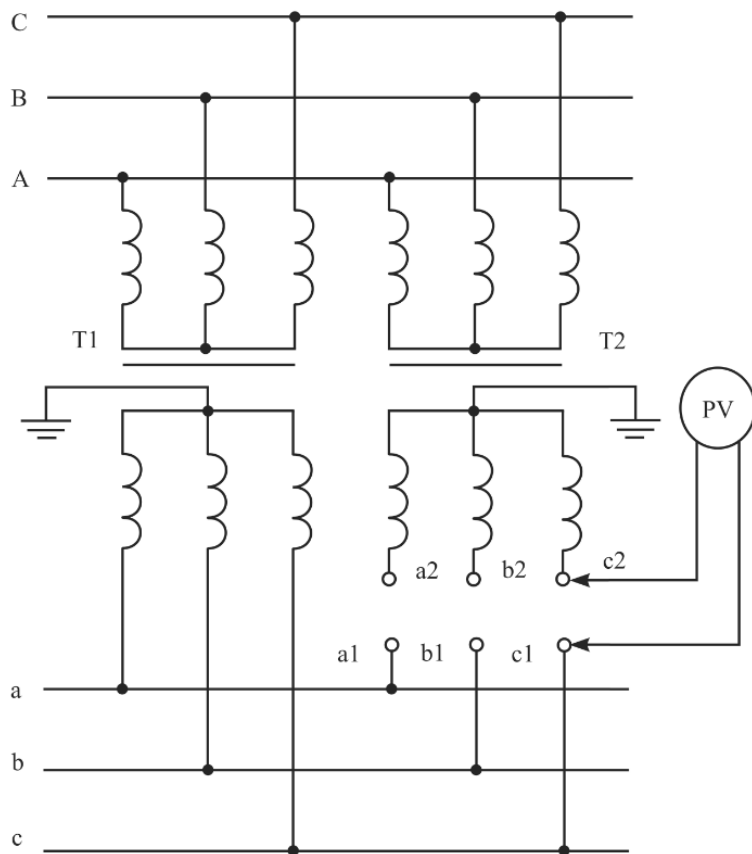


Рис. 9.1. Фазировка силовых трансформаторов

Например, при фазировке кабельных линий, можно устанавливать перемычку по очереди между каждой жилой и металлической оболочкой кабеля, либо одну из жил кабеля соединить через сопротивление величиной примерно 1 Мом с мегомметром, вторую жилу соединить с

металлической оболочкой кабеля, а третью жилу оставить свободной. При этом мегомметром при проверке определяется включенное сопротивление, нуль, сопротивление изоляции, что позволяет выполнить как «прозвонку», так и «фазировку».

При фазировке воздушных линий используется, например, индикатор УФНФ-35-110, который одним его щупом касается крайнего вывода, соединенного с электроустановкой потребителя, а другим щупом касается поочередно трех выводов со стороны фазуемой линии (рис.9.2). Если лампа индикатора не горит при очередном подключении, то это означает, что это одноименные фазы.

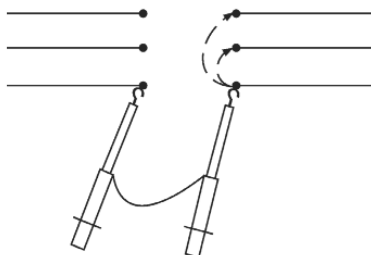


Рис. 9.2. Фазировка воздушной линии

Необходимо отметить, что нулевые рабочие проводники (нейтральные) обозначаются буквой N и голубым цветом, нулевые защитные проводники выравнивания потенциалов обозначаются буквой РЕ и чередующимися продольными и поперечными полосами желтого и зеленого цветов, а совмещенные проводники обозначаются буквами PEN, голубым цветом по всей длине и желто-зелеными полосами на его концах. Нулевой рабочий нейтральный (N) и нулевой защитный проводник выравнивания потенциалов (РЕ) могут быть совмещены в одном РЕ<sub>n</sub> проводнике. Например, от источника питания до потребителя используется PEN проводник, а у потребителя используются уже два проводника РЕ и N.

## 9.2. Измерение сопротивления изоляции

### 9.2.1. Особенности измерения сопротивления изоляции

При измерениях сопротивления изоляции, во-первых, проверяется сопротивление изоляции постоянному току с помощью мегомметра.

Во-вторых, проверяется электрическая прочность изоляции, причем, обычно с помощью высоковольтной установки, предназначенной для проверки отсутствия пробоя изоляции тестируемого оборудования. С помощью высоковольтной установки на тестируемое оборудование, например, может подаваться напряжение 1 кВ с частотой 50 гц обычно в течение 1 мин.

В-третьих, может проверяться коэффициент абсорбции с помощью мегомметра. Провод в оболочке является конденсатором. Коэффициент абсорбции показывает, какая емкость (заряд слоев диэлектрика), например, у провода. Емкость зависит от длины линии. При этом изменение сопротивления изоляции после приложения постоянного напряжения характеризует влажность изоляции и может определяться коэффициентом абсорбции.

Необходимо отметить, что обычно производится также проверка целостности заземления, при которой проверяется сопротивление между оголенными металлическими частями электрооборудования и землей, причем измеряемое сопротивление должно быть низким, а если значение сопротивления высокое то это означает, что заземление имеет дефект.

Измерение сопротивления изоляции нужно выполнить в следующей последовательности:

1. Проверить работу прибора, предназначенного для измерения сопротивления изоляции. Для этого включить прибор и замкнуть выводы прибора, причем он должен показать «нулевое» сопротивление. При размыкании выводов прибора он должен показать «бесконечное» сопротивление.
2. Отключить проверяемый участок электрической цепи от источника питания (обесточить сеть).
3. Принять меры, препятствующие самопроизвольной подаче напряжения на проверяемый участок (отключить рубильники, масляные, воздушные или другие выключатели) и зафиксировать их элементы управления с помощью механических устройств, повесить предупреждающую табличку «не включать проводятся испытания», установить временно специальное переносное заземление токоведущих частей.
4. Отсоединить все электронные устройства и лампы от проверяемой электрической цепи.
5. Выполнить измерение сопротивления изоляции. Пример проверки с помощью мегомметра электродвигателя представлен на рис. 9.3.
6. После проверки не следует дотрагиваться до выводов электрооборудования, а необходимо с помощью переносного заземления снять заряд емкости.

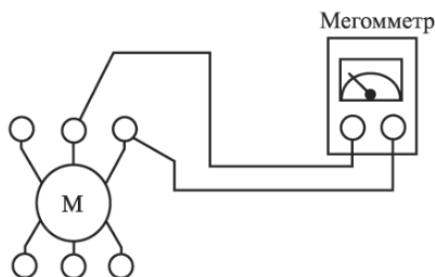


Рис. 9.3. Проверка с помощью мегомметра электродвигателя

### ***9.2.2. Примерные допустимые значения сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции для электроустановок***

Электрическая прочность изоляции обычно испытывается с помощью приложения к ней повышенного напряжения. Испытания производятся как переменным напряжением, так и постоянным (выпрямленным) напряжением, причем под переменным напряжением понимается действующее значение напряжения переменного тока частотой 50 гц, а под постоянным напряжением понимается действующее значение напряжения постоянного тока или напряжение выпрямленного тока с содержанием пульсаций не более 10% от действующего значения.

Кратность испытательного напряжения по отношению к номинальному напряжению обычно устанавливается в зависимости от рода электроустановки, а время приложения испытательного напряжения принимается равным 1 мин. В случае, если за этот период времени не произошло пробоев изоляции, нагрева изоляции, выделения из нее дыма, резкого снижения напряжения либо возрастания тока через изоляцию, то изоляция считается выдержавшей испытания.

Следует отметить, что при измерении изоляции, например, прибором MIC-5000 фирмы «SONEL» (Польша) либо аналогичными, осуществляется измерение сопротивления изоляции посредством подачи на проверяемый объект повышенного напряжения постоянного тока. При этом определяется протекающий в измерительной цепи ток и вычисляется с помощью микропроцессора прибора значение сопротивления проверяемой изоляции, причем микропроцессором прибора также рассчитывается и коэффициент абсорбции. Прибор, кроме того,

обеспечивает автоматический разряд емкости объекта после завершения измерений. Например, прибор МІС-3 фирмы «SONEL» (Польша) позволяют измерять сопротивление изоляции до 3 ГОм при номинальном напряжении 250, 500, 1000 В, а также сопротивление металловязи током до 200 мА, активное сопротивление до 400 Ом на низком напряжении. Прибор МІС-5000 позволяет проверять электроустановки большой мощности. Он измеряет сопротивление изоляции до 5000 ГОм при номинальном напряжении до 5000 В.

При проведении испытаний электрооборудования, не входящего в состав цепей автоматики и релейной защиты, допускается испытание изоляции напряжением промышленной частоты 1 кВ, с помощью измерения в течение 1 мин. значения сопротивления изоляции с помощью мегомметра на 500...2500 В. Для аппаратов и цепей напряжением до 500 В мегомметром на напряжение 500 В, а для аппаратов и цепей напряжением от 500 до 1000 В мегомметром на напряжение 1000 В и т.д. Мегомметром, согласно требований ПУЭ, при проведении испытаний электрооборудования, входящего в состав цепей автоматики и релейной защиты, пользоваться не допускается.

Коэффициент абсорбции характеризует величину влажности изоляции, а именно изменение сопротивления изоляции после приложения к ней постоянного напряжения. При этом значение сопротивления изоляции, измеренное после приложения к ней постоянного напряжения в течение 60 сек делится на значение сопротивления изоляции, измеренное после приложения к ней постоянного напряжения в течение 15 сек, а результат и является коэффициентом абсорбции. Необходимо отметить, что обычно у влажной изоляции коэффициент абсорбции примерно 1, а у сухой изоляции примерно 2. Измерение коэффициента абсорбции должно производиться при температуре не ниже 10°C.

Для электродвигателей переменного тока с номинальным напряжением ниже 1 кВ допустимое значение сопротивления изоляции обмоток статора не менее 1 МОм при температуре 10...30°C. При этом должен использоваться мегомметр на 500/1000 В. Следует отметить, что для электродвигателей переменного тока коэффициент абсорбции не нормируется. Этот коэффициент измеряется в случае определения целесообразности сушки электродвигателя, а также для электродвигателей мощностью более 1 МВт.

Для силовых трансформаторов и автотрансформаторов сопротивление изоляции их обмоток допускается 450 МОм при 100°C и 40 МОм при 70°C, причем обычно измеряется мегомметром на 2500 В. Необходимо отметить, что измерения обмоток должны производиться



при температуре обмоток не ниже  $10^{\circ}\text{C}$ , а для всех трансформаторов сопротивление изоляции, приведенное к температуре измерений на заводе-производителе, должно составлять не менее 50% от их паспортного значения, причем  $\text{tg}$  не должен отличаться более чем на 50%. Кроме того, при измерении сопротивления изоляции бандажей, стяжных болтов, шпилек относительно активной стали, экранов, обмоток производящемуся в случае их осмотра, измеренное значение должно быть не менее 2 МОм, а для ярмовых балок не менее 0,5 МОм.

Для синхронных генераторов при температуре  $10...30^{\circ}\text{C}$  допустимое сопротивление изоляции обмотки статора 10 МОм (напряжение мегомметра 500, 1000 В), коэффициент абсорбции не ниже 1,3. Допустимое сопротивление изоляции обмотки ротора при температуре  $10...30^{\circ}\text{C}$  0,5 МОм (напряжение мегомметра 500, 1000 В), цепи возбуждения 1 МОм (напряжение мегомметра 500, 1000 В), изолированных стяжных болтов стали статора 0,5 МОм (напряжение мегомметра 1000 В), тиристорных преобразователей и других источников тока возбуждения 5 МОм (напряжение мегомметра 2500, 1000 В), присоединительной аппаратуры 1 МОм (напряжение мегомметра 1000 В).

Для электродвигателей постоянного тока допустимое сопротивление изоляции обмоток зависит от их номинального напряжения и температуры окружающей среды. Необходимо отметить, что измерения проводятся при номинальном напряжении обмотки до 0,5 кВ мегомметром на 500 В, а при номинальном напряжении обмотки выше 0,5 кВ мегомметром на 1000 В. При номинальном напряжении 220 В и температуре обмотки  $10^{\circ}\text{C}$  допустимое сопротивление изоляции обмоток должно составлять 2,7 МОм, а при температуре обмотки  $75^{\circ}\text{C}$  0,22 МОм. При номинальном напряжении 900 В и температуре обмотки  $10^{\circ}\text{C}$  допустимое сопротивление изоляции обмоток должно составлять 10,8 МОм, а при температуре обмотки  $75^{\circ}\text{C}$  0,9 МОм. Допустимое сопротивление изоляции бандажей относительно корпуса и удерживаемых ими обмоток не менее 0,5 МОм.

Для сборных и соединительных шин измеряется сопротивление изоляции подвесных и фарфоровых изоляторов, которое для каждого элемента многоэлементного изолятора или каждого изолятора должно быть не менее 300 МОм. Измерение производится мегомметром при напряжении 2500 В. Для шин постоянного тока на щитах управления и в распределительных устройствах (при отсоединенных цепях) допустимое сопротивление изоляции 10 МОм. Измерение производится мегомметром при напряжении 500...1000 В. Для вторичных цепей каждого присоединения и цепей питания приводов и разъединителей до-

пустимое сопротивление изоляции 1 МОм. Измерение производится мегомметром при напряжении 500...1000 В. Необходимо отметить, что в этом случае измерения производятся со всеми присоединенными аппаратами. Для цепей управления, автоматики, защиты и измерений, а также цепей возбуждения машин постоянного тока, присоединенных к силовым цепям допустимое сопротивление изоляции 1 МОм. Измерение производится мегомметром при напряжении 500...1000 В. Для вторичных цепей и элементов запитанных от отдельного источника либо через разделительный трансформатор на напряжение 60 В и ниже, причем при условии принятия мер для предотвращения повреждения низковольтных элементов допустимое сопротивление изоляции 0,5 МОм. Измерение производится мегомметром при напряжении 500 В. Для электропроводок, включая осветительные допустимое сопротивление изоляции 0,5 МОм. (измерения проводятся между каждым проводом и землей). Измерение производится мегомметром при напряжении 1000 В. Для распределительных устройств, щитов и токопроводов (шинопроводов) допустимое сопротивление изоляции 0,5 МОм. (измерения проводятся в каждой секции). Измерение производится мегомметром при напряжении 500...1000 В.

Для аккумуляторных батарей обычно сопротивление изоляции батареи должно быть не менее 60 кОм при номинальном напряжении АКБ 24 В, 60 кОм при номинальном напряжении АКБ 48 В, 150 кОм при номинальном напряжении АКБ 220 В,

Для конденсаторов измеряется сопротивление изоляции между выводами и относительно корпуса конденсатора, которое должно быть не менее 0,5 МОм. Измерение производится мегомметром при напряжении 2500 В.

### ***9.3. Электрические измерения***

#### ***9.3.1. Особенности измерения напряжения, тока, сопротивления, мощности***

**Измерение напряжения.** Измерение разности потенциалов (напряжения) между двумя точками выполняется с помощью прибора вольтметра. Напряжение (постоянное и переменное) может измеряться после подключения вольтметра к контрольным точкам электрической цепи. Вольтметр подключается параллельно электрической цепи, находящейся между контрольными точками. Вольтметр обычно

применяется для проверки передачи электроэнергии по электрической цепи.

Вольтметр может быть стрелочным прибором, например, магнитоэлектрической системы, или цифровым прибором. Для расширения пределов измерения могут применяться делители напряжения. Для измерения высоковольтных цепей пределы измерения вольтметра можно расширить с помощью применения понижающего трансформатора, причем показания по измерительной шкале необходимо умножать на соответствующий коэффициент. Например, при использовании цифрового вольтметра ВЗ-38, сначала на нем следует выставить необходимый вид измерений (постоянное или переменное напряжение), а затем подключить его к проверяемой электрической цепи, причем прибор выберет диапазон измерений (будет установлена величина разрядности), и покажет измеренное значение.

**Измерение тока.** Измерение электрического тока, протекающего через замкнутую электрическую цепь, выполняется с помощью амперметра. Амперметр применяется при проверке электрической цепи под напряжением, причем он подключается последовательно с измеряемой цепью. Например, включенный последовательно с нагрузкой (электродвигателем и т. д.), амперметр показывает потребляемый нагрузкой электрический ток. Пример подключения амперметра и вольтметра к измерительной цепи показан на рис. 9.4. При дефектах элементов проверяемой электрической цепи возможно как повышение, так и понижение силы тока по сравнению с номинальным значением, что и определяется с помощью амперметра.

При необходимости измерения тока без разрыва электрической цепи используются переносные трансформаторы тока с разъемным сердечником, который надевается на токоведущий провод, подлежащий проверке. Они называются токоизмерительными клещами. Токоизмерительные клещи позволяют избежать включения амперметра в проверяемую электрическую цепь. В них обычно имеется трансформатор тока, который преобразует большой ток проводника в небольшой ток измерителя, причем с калиброванной шкалы прибора считываются показания.

**Измерение сопротивления.** Перед выполнением измерения сопротивления электрической цепи необходимо отключить от нее источник питания, так как иначе измерительный прибор может выйти из строя. Электрическая цепь переменного тока может содержать активное и реактивное сопротивления. При наличии электрической цепи постоянного тока обычно измеряется сопротивление постоянного тока (омическое сопротивление). При измерении, например, сопротивления катушки, необходимо подключить измерительный прибор (омметр) к ее выводам.

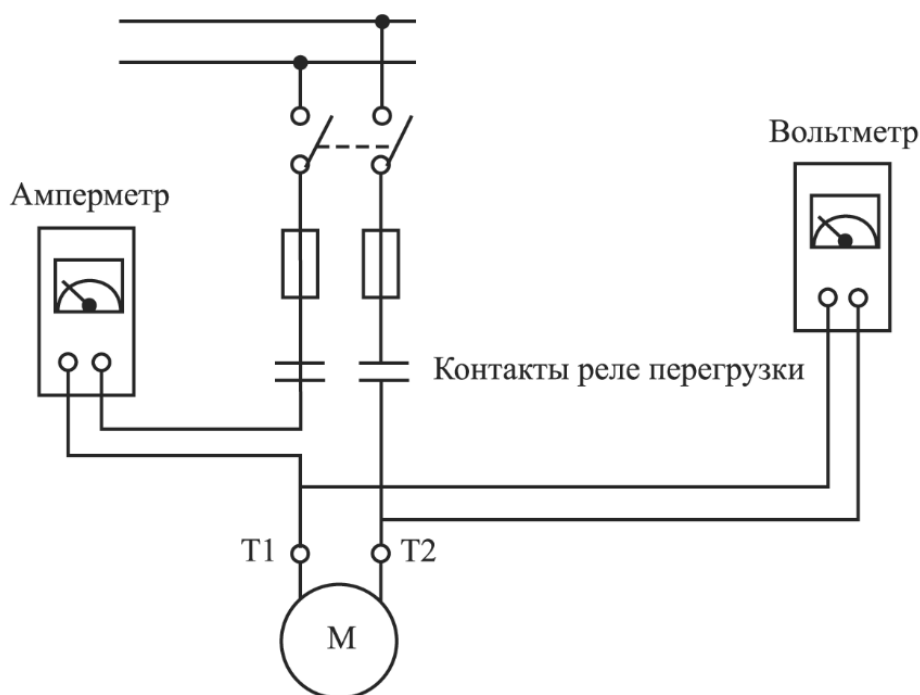


Рис. 9.4. Подключение амперметра и вольтметра к измерительной цепи

**Измерение мощности.** Электрическая мощность может измеряться как непосредственно, так и косвенно. Непосредственно измерение мощности можно выполнить с помощью ваттметра. Ваттметр может быть прибором электродинамической и ферромагнитной системы. При непосредственном измерении мощности одна из катушек ваттметра включается последовательно в цепь тока нагрузки, и через добавочный резистор включается другая из катушек, но параллельно нагрузке (рис.9.5). Ваттметр включается между нагрузкой и источником электрической энергии.

Косвенно измерение мощности можно выполнить с помощью вольтметра и амперметра, причем вольтметр может быть включен до или после амперметра. Полная электрическая мощность это произведение величины напряжения на величину тока ( $S = UI$ ). Активная мощность  $P = S \cos \varphi$ , где  $\varphi$  это угол фазного сдвига между током и напряжением. Реактивная мощность  $Q = S \sin \varphi$ . Мощность трехфазной цепи равна сумме мощностей всех фаз.

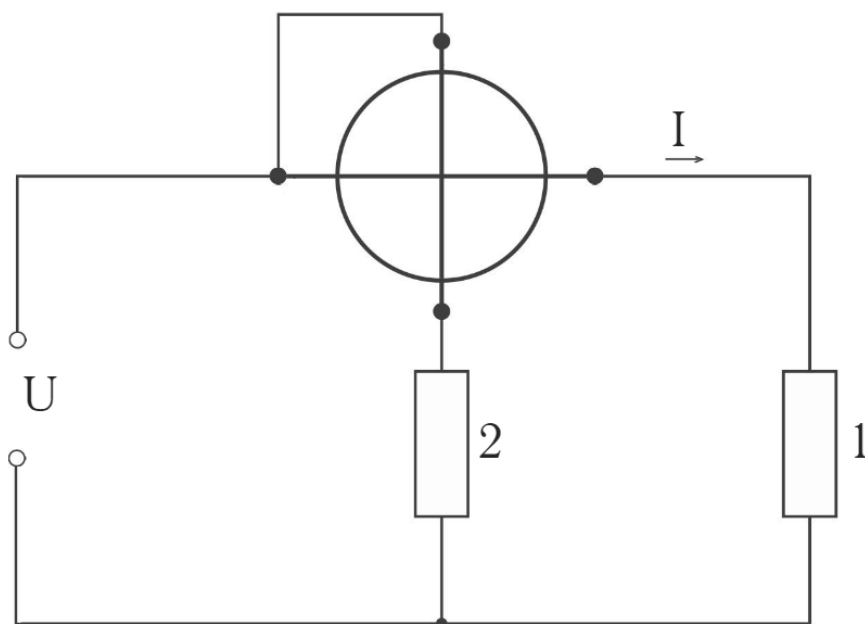


Рис. 9.5. Подключение ваттметра к измерительной цепи  
 $1$  — последовательная (токовая) катушка;  
 $2$  — параллельная (напряжения) катушка

### 9.3.2. Особенности работы с осциллографом

**Общие сведения.** Осциллограф служит для отображения электрических сигналов на экране, предоставляя пользователю необходимую информацию о частоте и длительности, например импульсов, и их форме, параметров переменного или постоянного напряжения и т. д.

Возможности осциллографа обычно позволяют по форме сигнала, который отображен на его экране измерить амплитуду, период и определить форму сигнала. Кроме того, двухлучевой осциллограф обеспечивает также возможность анализа одновременно двух сигналов, проходящих по двум каналам.

Осциллографы бывают как незапоминающие, так и запоминающие.

Незапоминающий осциллограф позволяет наблюдать сигнал в режиме реального времени, причем при наличии в нем режима HOLD возможна остановка (фиксация) текущего кадра.

Запоминающий осциллограф позволяет записывать полученные данные в память осциллографа. Эти данные (последовательность кадров) затем возможно повторно просматривать для анализа.

Для того чтобы исследуемый сигнал на экране начинался с заданного момента и стоял неподвижно, в осциллографе предусмотрено устройство синхронизации (при наличии осциллографа с внутренней синхронизацией). В случае необходимости исследования одного сигнала относительно другого сигнала (двух взаимосвязанных сигналов по двум каналам осциллографа) следует применять дополнительно внешнюю синхронизацию, причем от какого либо источника (например, от датчика ВМТ).

В некоторых осциллографах имеется возможность использовать режим послесвечения, при котором осциллограмма, снятая в каждом последующем периоде появляется на экране монитора поверх ранее появлявшихся на экране монитора осциллограмм в предыдущих периодах. При этом яркость ранее появлявшихся на экране монитора осциллограмм меньше, чем яркость текущих осциллограмм, что позволяет выявлять нестабильность сигналов.

Как запоминающие, так и незапоминающие осциллографы могут иметь набор автоматических настроек, и при их использовании, достаточно только выбрать с какого датчика снимается сигнал.

В некоторых осциллографах имеется возможность использовать измерительные метки (маркеры). При их использовании обычно выбирается необходимая точка, либо точки на экране монитора. С помощью маркера можно получить информацию об амплитуде сигнала в выбранной точке, а при наличии двух маркеров можно получить информацию о продолжительности временного интервала между ними.

**Особенности выполнения измерений с применением осциллографа.** Диагностика с помощью осциллографа состоит из следующих операций:

Проверить мультиметром напряжение сигнала (амплитуду), который необходимо исследовать осциллографом. Если напряжение сигнала превышает возможности осциллографа, то следует использовать делитель напряжения. Делитель напряжения может являться составной частью осциллографа или применяться в качестве дополнительного блока.

Включить осциллограф в сеть (220 В 50 Гц).

Подключить осциллограф к массе (кузову автомобиля) и к исследуемому сигналу с использованием соответствующих проводов. Следует отметить, что при проверке невыделенных сигналов (заземленных

сигналов) не следует подключать землю (общий провод) к осциллографу, в связи с тем, что при этом входной сигнал может замкнуться накоротко.

С помощью соответствующего (функционального «В/дел») переключателя (по его положению) следует определить, какой величине напряжения (амплитуде) будет соответствовать одна клетка экрана осциллографа (по вертикали). Необходимо для этого исходить из ожидаемой амплитуды измеряемого сигнала. Например, разрешение осциллографа по напряжению может быть 0,2 В — 50 В. Следует установить этот переключатель в необходимое для работы с исследуемым сигналом положение. При изменении положения переключателя происходит изменение вертикальной (амплитудной) развертки.

С помощью переключателя «время/дел» определить (по его положению) какой величине длительности сигнала (например, периоду Т) будет соответствовать одна клетка экрана осциллографа (по горизонтали). Необходимо для этого исходить из ожидаемой длительности измеряемого сигнала. Например, разрешение осциллографа по развертке может быть 0,02 мс — 50 с. Следует установить этот переключатель в необходимое для работы с исследуемым сигналом положение. При изменении положения переключателя происходит изменение горизонтальной (временной) развертки.

Проверить информацию с делителя (аттенюатора) при наличии его подключения к осциллографу. При исследовании сигнала следует учитывать положение вышеуказанных переключателей, а также информацию с делителя (аттенюатора). Следует отметить, что при наличии включенного аттенюатора, например, происходит деление сигнала на 10.

С помощью ручки синхронизации осциллографа следует установить исследуемый сигнал на экране неподвижно (при наличии осциллографа с внутренней синхронизацией). В случае необходимости исследования одного сигнала относительно другого сигнала (двух взаимосвязанных сигналов по двум каналам осциллографа) следует применять дополнительно внешнюю синхронизацию.

При необходимости привязки сигнала к сетке экрана монитора при исследовании сигнала можно с помощью соответствующих ручек перемещать сигнал по экрану (по вертикали и по горизонтали). Ручка «Смещение по оси Y» обеспечивает возможность перемещать изображение на экране вертикально, а ручка «Смещение по оси X» возможность перемещать изображение на экране горизонтально.

С помощью ручки «Яркость» необходимо отрегулировать яркость луча, а с помощью имеющейся ручки «Фокус» четкость луча.

### **Примечания.**

Для того, чтобы измерить амплитуду сигнала на экране осциллографа (в вольтах), необходимо умножить установленное значение переключателя «В/дел» на амплитуду, измеренную в делениях градуированной сетки по оси Y.

Для задания масштаба временного интервала по оси X необходимо настроить переключатель «время/дел». Затем для того, чтобы определить период сигнала необходимо подсчитать число делений градуированной сетки в интервале следования этого сигнала и умножить их на установленное значение переключателя «время/дел».

### **9.4. Особенности диагностики силовых и управляющих электрических цепей**

Электрическая схема обычно разделяется на силовую цепь и управляющую цепь. При диагностике силовых и управляющих электрических цепей необходимо иметь электрическую принципиальную, функциональную и другие схемы, а также средства измерения. Последовательность операций при этом следующая:

1. Проверить в выключенном состоянии отсутствие дефектов предохранителей и других устройств защиты.
2. Проверить в выключенном состоянии отсутствие дефектов электрических цепей (отсутствие обрывов, замыканий, сопротивление изоляции, отсутствие КЗ).
3. Проверить во включенном состоянии напряжение на входе электрических цепей. При проверке фазовых напряжений трехфазной электрической цепи необходимо подключить выводы индикатора к двум ее фазам. Индикатор напряжения обычно состоит из двух последовательно соединенных ламп, причем одинаковой мощности и с номинальным напряжением 220 В. Перед выполнением проверки с помощью индикатора его работу сначала следует проверить на заведомо исправном источнике электрической энергии. При выполнении проверки возможны следующие случаи: электрическая цепь отключена и лампы индикатора не горят; одна из фаз отсутствует и лампы индикатора горят вполнакала; обе фазы в наличии и лампы индикатора горят в полный накал.
4. Проверить во включенном состоянии схемы управляющих электрических цепей под напряжением, включая проверку напряже-

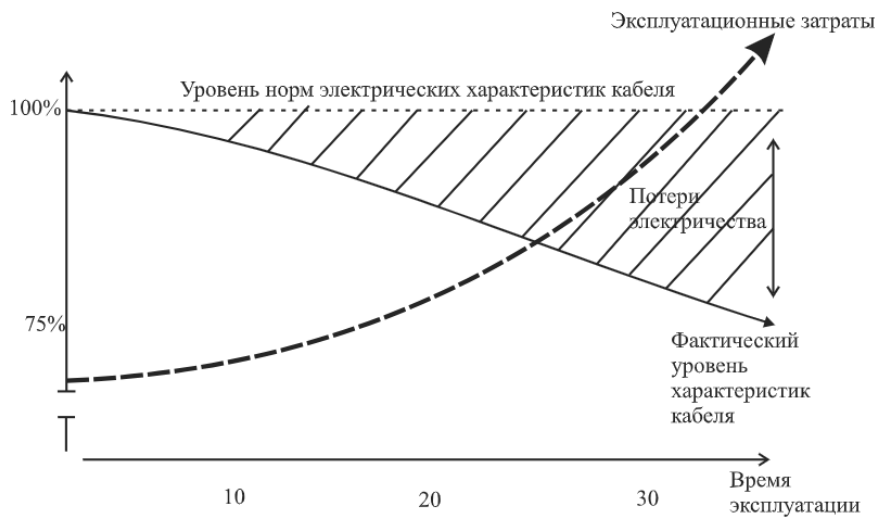


ния, тока, сопротивления в специальных контрольных точках, указанных в технической документации производителя.

5. Проверить работу имеющихся устройств защиты, включая реле, выключателей.
6. Проверить параметры электродвигателя, генератора или синхронного компенсатора при их наличии. При этом измеряется сопротивление изоляции с помощью мегомметра, сопротивление обмоток с помощью омметра, напряжение и ток. В цепи управления, например, электродвигателя выполнить следующие проверки: проверить отсутствиедребезга контактов пускателей (из-за пониженного напряжения); отсутствие дефектов механической части пускателей (отсутствие механического повреждения, загрознения); отсутствие электрической дуги между контактами пускателей; отсутствие «приваривания» контактов пускателей; отсутствие выхода обмоток пускателей из строя из-за повышенного напряжения, по сравнению с номиналом цепи управления, либо из-за обрыва цепи управления.
7. Проверить отсутствие несоответствующего состояния электрических кабелей и проводов, причем с помощью неразрушающих методов диагностики. В течение срока эксплуатации электрические кабели и провода подвергаются воздействию внешних повреждающих факторов и процессам негативных временных изменений обычно в тех местах, где была нарушена технология их монтажа. Это скрытые заводские дефекты, скрытые дефекты при прокладке кабеля и при монтаже муфт, воздействие внешних повреждающих факторов, ухудшение параметров изоляции, а также увеличение размеров и количества скрытых дефектов до аварийно-опасных из-за воздействия разрушающих способов высоковольтных испытаний кабелей (при которых используются высокие напряжения и большие токи). Приводим на рис. 9.6 график для пояснения снижения характеристик кабеля, увеличения потерь электроэнергии и роста эксплуатационных затрат на энергоснабжение при эксплуатации электрических сетей с течением времени.

#### **Примечания.**

Документация средств релейной защиты и автоматики содержит электрические схемы. В табл. 9.1 представлены условные буквенные обозначения, применяемые в электрических схемах. В табл. 9.2 представлены условные графические обозначения, применяемые в электрических схемах.



**Рис. 9.6.** График для пояснения снижения характеристик кабеля, увеличения потерь электроэнергии и роста эксплуатационных затрат на энергоснабжение, при эксплуатации электрических сетей с течением времени






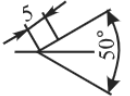



Табл. 9.1.

**Условные буквенные обозначения,  
применяемые в электрических схемах**

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Генератор	G	Предохранитель	F
Трансформатор (автотрансформатор)	T	Выпрямительный мост	VS
		Резистор	R
Измерительный трансформатор тока (первичный)	TA	Конденсатор	C
		Диод	VD
Измерительный трансформатор тока (вторичный)	TAL	Транзистор	VT
		Реле (общее обозначение)	K
Измерительный трансформатор напряжения (первичный)	TV	Реле тока	KA
		Реле напряжения	KV
Измерительный трансформатор напряжения (вторичный)	TVL	Реле мощности	KW
		Реле тока с насыщающимся трансформатором тока	KAT
Согласующий трансформатор	TL		
Трансреактор	TAV	Реле тока с торможением	KAW
Выключатель (силовой)	Q	Реле сопротивления	KZ
Отделитель	QR	Реле времени	KT
Короткозамыкатель	QN	Реле промежуточное	KL
Электромагнит включения выключателя	YAC	Реле указательное	KH
		Реле газовое	KSG
Электромагнит отключения выключателя	YAT	Реле частоты	KF
		Комплект защиты	AK
Контактор	KM	Устройство АПВ	AKS
Линия электропередачи	W	Лампа сигнальная (общее обозначение)	HL
Переключатель (цепей управления)	SA	Лампа сигнальная красная	HLR
Переключатель режима	SAC	Лампа сигнальная зеленая	HLG
Кнопка управления	SB	Секундомер	PT

Таблица 9.2.


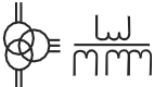
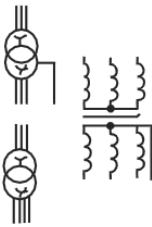
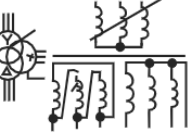
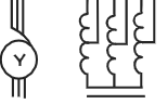

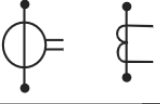
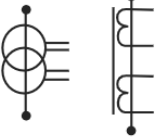
## Условные графические обозначения, применяемые в электрических схемах

Наименование	Обозначение
Обозначения рода тока и напряжения	
Ток постоянный	—
Ток переменный. Общее обозначение Допускается использовать общее обозначение переменного тока с указанием частоты, например, ток переменный частотой 10 кГц	~ -10 кГц
Ток постоянный и переменный (обозначение используется для устройств, пригодных для работы на постоянном и переменном токе)	⌒
Ток переменный с числом фаз и частотой	m ~ f
Например, ток переменный трехфазный 50 Гц	3 ~ 50 Гц
Полярность отрицательная	—
Полярность положительная	+
Обозначения видов соединений обмоток	
Обмотка трехфазная, соединенная в треугольник	
Обмотка трехфазная, соединенная в разомкнутый треугольник	
Обмотка трехфазная, соединенная в зигзаг	
Обмотка трехфазная, соединенная в «звезду»	
Обмотка трехфазная, соединенная в «звезду» с выведенной нейтралью	
Обозначения общего применения	
Поток электромагнитной энергии, сигнал электрический:	
а) в одном направлении	
б) в обоих направлениях не одновременно	
в) в обоих направлениях одновременно	

Продолжение таблицы 9.2.

Наименование	Обозначение
Обозначения электрических машин	
Ротор электрической машины, обмотка трансформатора	
Ротор с обмоткой, коллектором и щетками	
Статор электрической машины Примечание. Внутри окружности допускается указывать следующие данные: а) род машины (генератор — Г, двигатель — М и др.) б) род тока, число фаз или вид соединения обмоток, например, генератор трехфазный	
Статор с трехфазной обмоткой: а) соединенный в «треугольник» б) соединенный в «звезду»	
Машина постоянного тока с независимым возбуждением	
Машина постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов	
Обмотка, катушка индуктивности	
Обозначения катушек индуктивностей, дросселей, трансформаторов, автотрансформаторов	
Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дросселя и магнитного усилителя	
Реактор	
Катушка индуктивности с отводами	
Катушка индуктивности с магнито-диэлектрическим магнитопроводом	
Реактор (дроссель) с магнитопроводом	


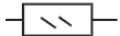
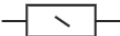
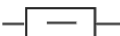




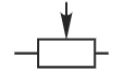
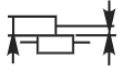


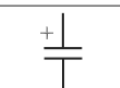
Продолжение таблицы 9.2.

Наименование	Обозначение
Трансформатор без магнитопровода с постоянной связью	
Трансформатор однофазный с магнитопроводом трех-обмоточный	
Трансформатор трехфазный с магнитопроводом, соединение обмоток «звезда—звезда» с выведенной нейтральной точкой	
Трансформатор трехфазный трехобмоточный с магнитопроводом; соединение обмоток «звезда» с регулированием под нагрузкой — «треугольник—звезда» с выведенной нейтральной точкой	
Автотрансформатор трехфазный с магнитопроводом, соединение обмоток в «звезду»	
Трансформатор напряжения	
Трансформатор тока с одной вторичной обмоткой	
Трансформатор тока с одним магнитопроводом и двумя вторичными обмотками	

Продолжение таблицы 9.2.



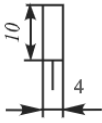
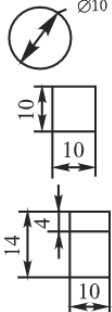
Наименование	Обозначение
Обозначения разрядников	
Промежуток искровой защитный (размеры по ГОСТ 2.747-68)	
Разрядник. Общее обозначение	
Обозначения предохранителей	
Предохранитель пробивной	
Предохранитель плавкий. Общее обозначение	
Предохранитель инерционно-плавкий	
Предохранитель быстродействующий	
Выключатель-предохранитель	
Разъединитель-предохранитель	

Продолжение таблицы 9.2.

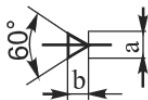



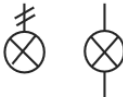
Наименование	Обозначение
Обозначения резисторов и конденсаторов	
допускается использовать следующие обозначения резисторов номинальная мощность рассеяния которых равна:	
0,05 Вт	
0,125 Вт	
0,25 Вт	
0,5 Вт	
1 Вт	
2 Вт	
5 Вт	
Шунт измерительный	
Резистор переменный	
Резистор подстроенный (общее обозначение)	
Терморезистор	
Конденсатор постоянной емкости	
Конденсатор электролитический полярный	





Продолжение таблицы 9.2.

Наименование	Обозначение
Конденсатор переменной емкости	
Конденсатор подстроечный	
Резистор постоянный Примечание. Если необходимо указать номинальную мощность рассеяния резисторов, то для диапазона от 0,05 до 5 Вт	
Прибор измерительный: а) показывающий б) регистрирующий в) интегрирующий (например, счетчик)	

Продолжение таблицы 9.2.

Наименование	Обозначение
<p>Для указания назначения прибора в его обозначение вписывают буквенные обозначения измеряемых величин или их единиц, например:</p> <p>а) амперметр  б) вольтметр  в) вольтамперметр  г) ваттметр  д) варметр  е) микроамперметр  ж) милливольтметр  з) омметр  и) мегаомметр  к) частотомер  л) фазометр:</p> <p>    измеряющий сдвиг фаз      измеряющий коэффициент мощности</p> <p>м) счетчик ампер-часов  н) счетчик ватт-часов  о) счетчик вольт-ампер-часов реактивный  п) измеритель температуры  р) индикатор полярности  с) измеритель уровня сигнала</p>	<p>A V VA W var <math>\mu A</math> mV <math>\Omega</math> M<math>\Omega</math> Hz <math>\varphi</math> cos<math>\varphi</math> Ah Wh varh t° ± dB</p>
<p>Диод. Общее обозначение: а 5 б 4 5</p>	
<p>Стабилитрон: а) односторонний б) двусторонний</p>	
Триодный незапираемый тиристор с управлением по аноду	
Триодный незапираемый тиристор с управлением по катоду	
Обозначения источников света	
Лампа накаливания осветительная и сигнальная	



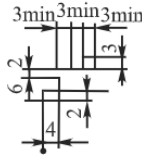


Продолжение таблицы 9.2.

Наименование	Обозначение
Лампа газоразрядная осветительная и сигнальная	
Лампа газоразрядная низкого давления с простыми электродами	
Химические источники тока	
Элемент гальванический или аккумуляторный	
Батарея из гальванических элементов или аккумуляторов	 или 488 
Общие обозначения линий электрической связи, проводов, кабелей и шин	
Линия электрической связи.	
Провод, кабель, шина	
Экранирование группы линий электрической связи	
Линия электрической связи экранированная	
Заземление	
Корпус (машины, аппарата, прибора)	
Графическое пересечение двух линий электрической связи, электрически не соединенных. Линии должны пересекаться под углом 90°	
Контакт с автоматическим возвратом при перегрузке	

Продолжение таблицы 9.2.

Наименование	Обозначение
<p>Примечание. При необходимости указания величины, при изменении которой происходит возврат, используют следующие знаки:</p> <p>а) максимального тока  б) минимального тока  в) обратного тока  г) максимального напряжения  д) минимального напряжения  е) максимальной температуры</p>	$I >$ $I <$ $I \leftarrow$ $U >$ $U <$ $T^{\circ} >$
Знаки проставляют около обозначения выключателя, например: выключатель трехполюсный автоматический максимального тока	
Выключатель высокого напряжения	
Отделитель	
Короткозамыкатель	
Переключатели со сложной коммутацией изображают на схеме одним из следующих способов:	 или 
Контакт замыкающий импульсный	




Продолжение таблицы 9.2.

Наименование	Обозначение
Контакты неэлектрического устройства: а) замыкающий б) размыкающий	
Выключатель кнопочный нажимной: а) с замыкающим контактом б) с размыкающим контактом	
Переключатель однополюсный многопозиционный, например, четырехпозиционный	
Переключатель многопозиционный независимых цепей, например, шести цепей	
Контакт замыкающий с замедлителем, действующим: а) при срабатывании б) при возврате в) при срабатывании и возврате	

Продолжение таблицы 9.2.

Наименование	Обозначение
<p>Контакты с ручным возвратом:</p> <p>а) замыкающий</p> <p>б) размыкающий</p> <p>в) переключающий</p> <p>г) переключающий без размыкания цепи</p> <p>д) переключающий со средним положением</p>	
Обозначения реле	
Катушка электромеханического устройства. Выводы допускаются изображать с одной стороны прямоугольника	
Катушка электромеханического устройства с двумя обмотками	
Катушка электромеханического устройства с указанием вида обмотки: а) обмотка напряжения б) обмотка максимального тока	
Катушка поляризованного электромеханического устройства	
Катушка электромеханического устройства, работающего с ускорением при срабатывании	

Окончание таблицы 9.2.

Наименование	Обозначение
Катушка электромеханического устройства, работающего с ускорением при срабатывании и отпуске	
Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при срабатывании	
Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при отпуске	
Воспринимающая часть электротеплового реле	
Реле электрическое с замыкающим, размыкающим и переключающим контактами (пример)	

## **Глава 10. Улучшение качества электроэнергии с помощью активных фильтров высших гармоник в микропроцессорных устройствах автоматики и релейной защиты**

### **10.1. Основные причины снижения качества электроэнергии в электрических сетях**

Приемники электрической энергии (потребители) и энергоснабжающие организации могут являться источниками помех (дефектов) в электрических сетях. При этом дефекты напряжения возможны следующие:

1. Провалы напряжения (рис.10.1). Причиной этого обычно являются дефекты в работе электрооборудования энергоснабжающих организаций.

2. Выбросы напряжения (рис.10.2). Причиной этого обычно являются дефекты в работе электрооборудования энергоснабжающих организаций.

3. Искажение по сравнению с нормативной («синусоидальной») формы напряжения (рис.10.3). Причиной этого обычно являются дефекты в работе электрооборудования потребителей (у потребителей имеются нелинейные нагрузки).

4. Кратковременное прерывание напряжения в течение примерно половины периода следования к потребителю напряжения (рис.10.4). Причиной этого обычно являются дефекты в работе электрооборудования энергоснабжающих организаций.

5. Импульсные помехи длительностью обычно от 0,5 до 2 мкс (рис.10.5). Причиной дефектов обычно являются дефекты в работе электрооборудования потребителей (у потребителей имеются приборы с силовыми тиристорами, диодами и т. п.).

6. Радиопомехи («просечки» — повторяющиеся провалы напряжения с малой длительностью). Пример дефекта показан на рис.10.6. Причиной дефектов обычно являются дефекты, вызванные молниями, радиопередающими устройствами и т. п.

7. Флуктуации гармоник напряжения (мерцание или иначе «фликер-эффект») обычно случающиеся в осветительных приборах. При-



чиной этого обычно являются дефекты в работе электрооборудования энергоснабжающих организаций.

8. Колебания («качания») напряжения (рис. 10.7). Причиной этого обычно являются дефекты в работе электрооборудования потребителей (у потребителей имеются переменные нагрузки).

9. Осциллирующие помехи (рис. 10.8). Это кратковременные двухполярные изменения напряжения или тока, возникающие из-за включения конденсаторов, которые предназначены для коррекции коэффициента мощности или ослабления провалов напряжения у потребителей. Причиной этого обычно являются дефекты в работе электрооборудования энергоснабжающих организаций.

10. Смещение фаз напряжения (рис. 10.9). Причиной этого обычно являются дефекты в работе электрооборудования энергоснабжающих организаций, а также возможно и потребителей.

11. Разбалансировка амплитуд фаз напряжения (рис. 10.10). Причиной этого обычно являются дефекты в работе электрооборудования энергоснабжающих организаций, а также возможно и потребителей.

12. Искажение по сравнению с нормативной частоты напряжения в электрических сетях. Пример дефекта показан на рис. 10.11. Причиной этого обычно являются дефекты в работе электрооборудования энергоснабжающих организаций, а также возможно и потребителей.

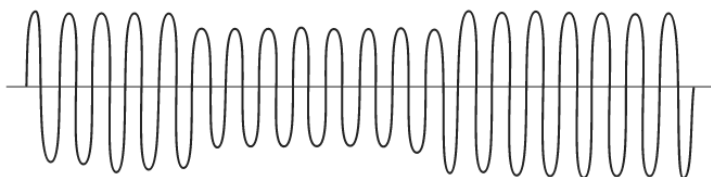


Рис. 10.1. Дефект «провал напряжения»

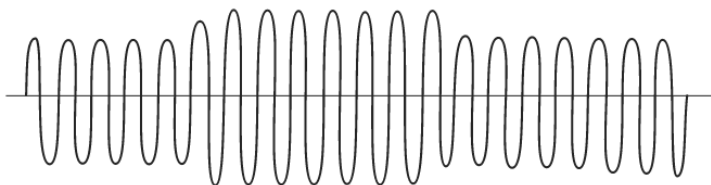


Рис. 10.2. Дефект «выброс напряжения»

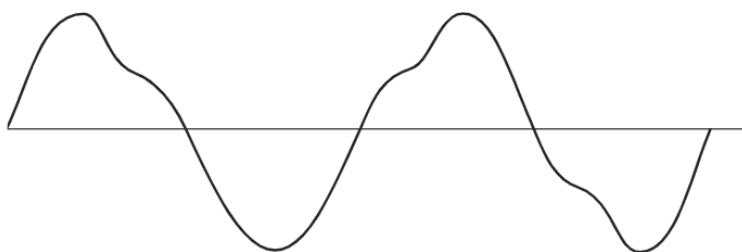


Рис. 10.3. Дефект «искажение формы напряжения»



Рис. 10.4. Дефект «кратковременное прерывание напряжения»

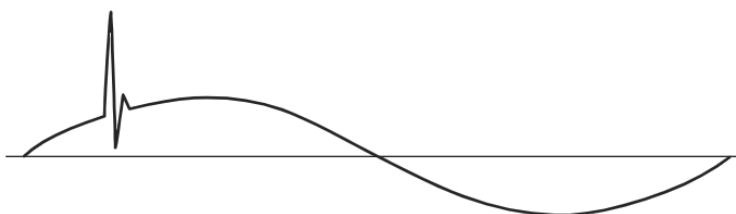


Рис. 10.5. Дефект «импульсные помехи напряжения»

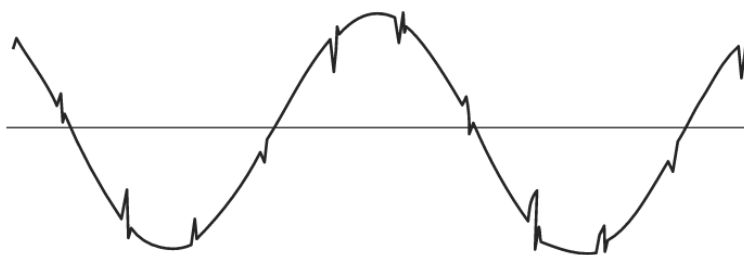


Рис. 10.6. Дефект «просечки напряжения»

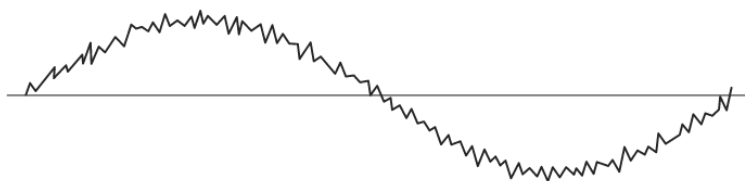


Рис. 10.7. Дефект «колебания напряжения»

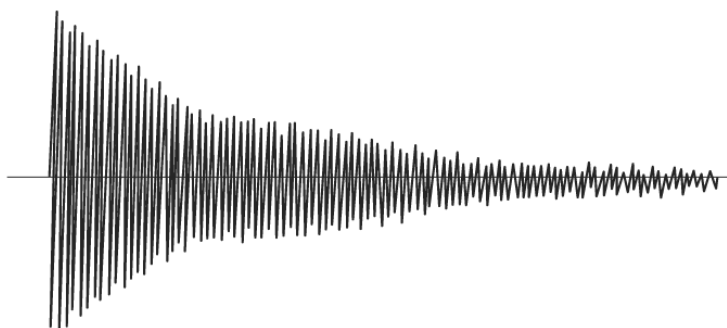


Рис. 10.8. Дефект «осциллирующие помехи напряжения»

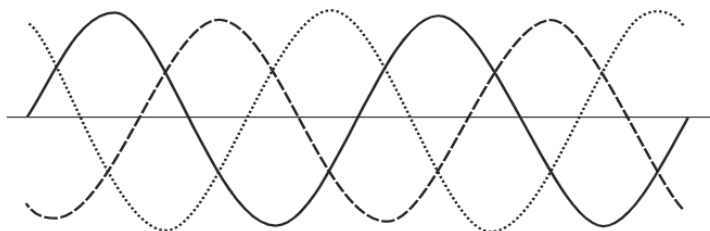


Рис. 10.9. Дефект «смещение фаз напряжения»

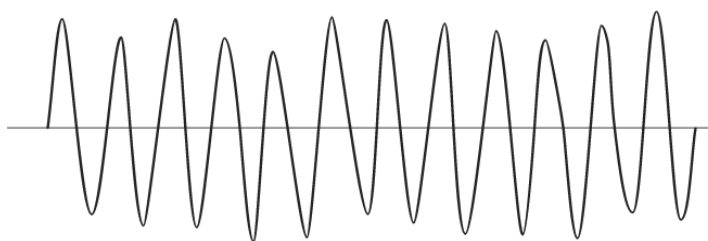


Рис. 10.10. Дефект «разбалансировка амплитуд фаз напряжения»

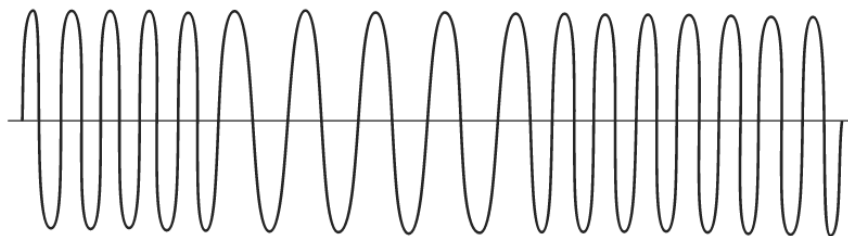


Рис. 10.11. Дефект «искажение частоты напряжения»

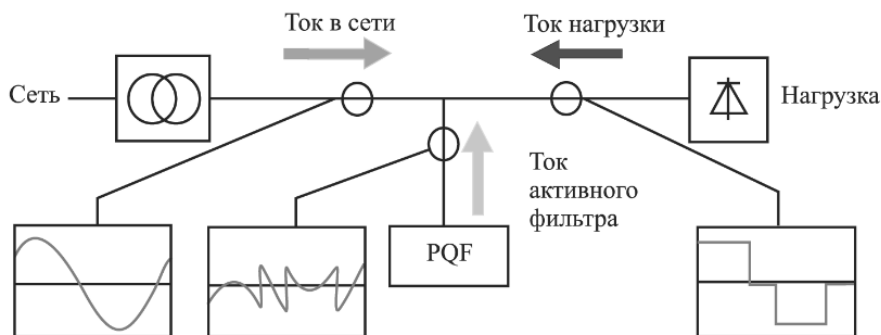


Рис. 10.12. Схема для пояснения принципа работы устройств, улучшающих качество электроэнергии

### Примечания.

1. Вопросы обеспечения качества электроэнергии описаны в ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах энергоснабжения общего назначения.

2. Основными задачами при работе электрооборудования энергоснабжающих организаций, включая и их устройств релейной защиты и автоматики является своевременное устранение указанных дефектов и регулирование напряжения (его амплитуды, частоты, фазы).

3. Дефекты электроэнергии обычно выявляются при периодических проверках качества электроэнергии, получаемой потребителями, и устраняются электроснабжающими организациями.

## 10.2. Особенности устройств улучшающих качество электроэнергии.

Гармоники и искажения в питающей сети вызываются нелинейными нагрузками, такими как электроприводы постоянного и переменного тока, источники бесперебойного питания, компьютеры и др. Гармонические помехи в питающей сети могут привести к отказам отдельных приемников электроэнергии а в отдельных случаях, к авариям в электрических сетях.

В качестве устройств для улучшения качества электроэнергии могут использоваться активные фильтры высших гармоник. Активные фильтры высших гармоник, улучшающие качество питающей сети, предназначены для применения в сетях электроснабжения, где имеются помехи и высшие гармоники.

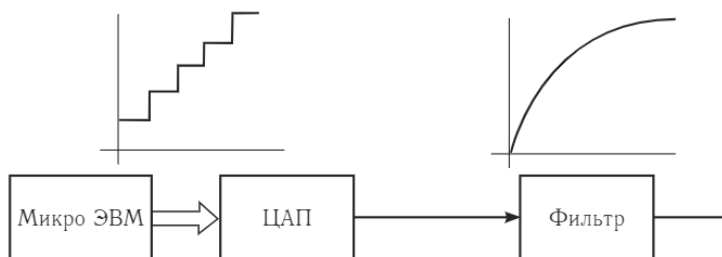


Рис. 10.13. Пример построения фильтра на микропроцессоре

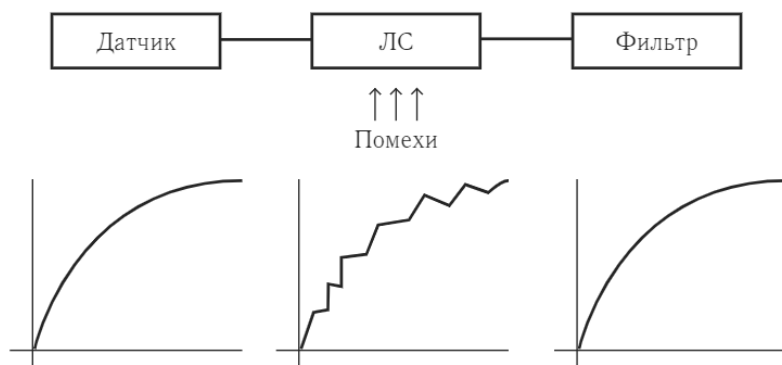


Рис. 10.14. Фильтрации сигнала датчика

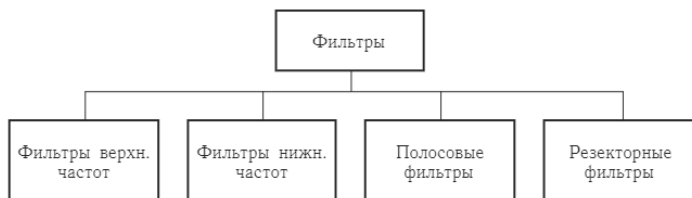


Рис. 10.15. Основные типы фильтров

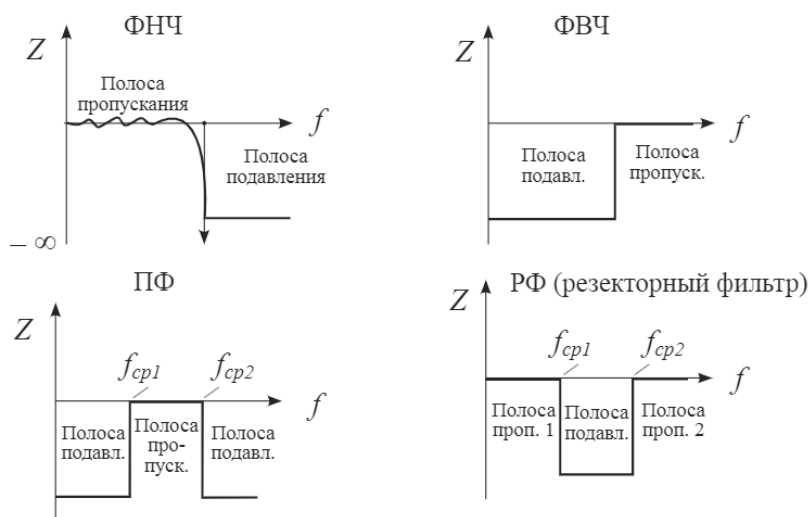


Рис. 10.16. Амплитудно-частотные характеристики основных фильтров

Наличие высших гармоник в электрической сети вызывает следующие дефекты:

1. Снижение КПД установки электроснабжения.
2. Перегрев кабелей, двигателей и трансформаторов.
3. Повреждение оборудования чувствительного к высшим гармоникам.
4. Ложные срабатывания автоматических выключателей.
5. Отключение предохранителей.
6. Сокращение срока службы электрооборудования.
7. Перегрузка и повреждение конденсаторных батарей.

8. Большой ток в нейтрали сети.
9. Возникновение резонанса в сети.

Активные фильтры высших гармоник работают следующим образом.

Микропроцессорное устройство, входящее в состав автоматики и релейной защиты, анализирует ток в сети в реальном времени обычно с помощью специальных модулей, которые формируют сигналы управления на специальные силовые модули предназначенные для коррекции параметров электрической энергии. При этом силовые модули, генерируют токи высших гармоник, причем в противофазе токам высших гармоник, которые должны быть отфильтрованы. Может быть использован также другой принцип фильтрации, например с помощью программно переключаемых фильтров частот. При этом передаточные функции возможно менять за счет как матриц резисторов, так и матриц конденсаторов.

На рис. 10.12 представлен пример схемы для пояснения принципа работы устройств, улучшающих качество электроэнергии.

Устройство активных фильтров, улучшающих качество электроэнергии опишем более подробно. Эти фильтры обычно строятся на базе операционных усилителей и представляют собой частотно-избирательные схемы, которые работают в диапазоне от 0 до 100 кГц. Фильтры эти обычно выполнены на микропроцессоре, причем с использованием распространенных алгоритмов фильтрации. На выходе микропроцессора при этом выполняется обратное преобразование сигнала из цифрового вида сигнала в аналоговый вид сигнала (рис. 10.13.). Пример фильтрации сигнала датчика показан на рис. 10.14. У фильтров есть полоса пропускания и полоса задерживания (подавления). Основные типы фильтров показаны на рис. 10.15, а на рис. 10.16 их амплитудно-частотные характеристики. Необходимо отметить, что подавление сигнала выражается в децибеллах. При подавлении сигнала, например, выходной сигнал может быть в 100 раз меньше, чем входной сигнал.

Передаточная функция фильтра  $H(p)$  это отношение выходного сигнала к входному.

$$H(p) = \frac{\sum_{j=0}^m b_j p^j}{\sum_{i=0}^n a_i p^i} = \frac{y(p)}{x(p)}$$

Пример конструкции фильтра нижних частот представлен на рис. 10.17.

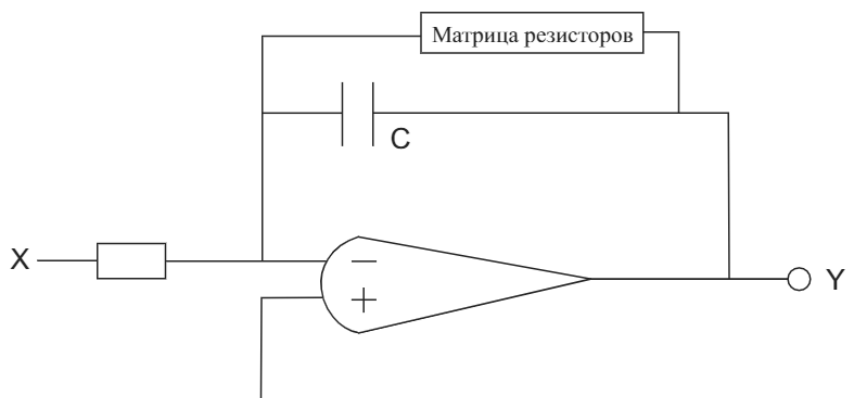


Рис. 10.17. Конструкция фильтра нижних частот



# **ИНСТРУКЦИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВУ РАБОТ В УСТРОЙСТВАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ.**

**СО 34.35.302-2006**

УДК 621.316.925(083.96)

*Вводится в действие с 01.04.2006 г.*

Разработано Филиалом ОАО «Инженерный центр ЕЭС» — «Фирма ОРГРЭС»

Исполнители А.П. УДРИС, В.А. БОРУХМАН

Утверждено ОАО «Инженерный центр ЕЭС» 28.03.2006 г.

Член Правления С.В. ЛЫСЦЕВ

Срок первой проверки настоящего СО — 2010 г., периодичность проверки — один раз в 5 лет

Настоящая «Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций» (далее — Инструкция) определяет порядок организации, методику и последовательность производства работ при техническом обслуживании устройств релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций.

С выходом настоящей Инструкции утрачивает силу «Типовая инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций» (М: СПО ОРГРЭС, 1991).

## **1. Общие положения**

**1.1.** К устройствам РЗА, на которые распространяется действие настоящей Инструкции, относятся низковольтные комплектные устройства (панели, шкафы, блоки, ящики, пульта) и связанные с ними вспомогательные (вторичные) цепи (оперативного напряжения, сигнализации, управления коммутационными аппаратами, связи со вторичными обмотками измерительных трансформаторов тока и напряжения и т.п.), предназначенные для управления электрооборудованием электрических станций, подстанций и линий электропередачи, для релейной защиты и электроавтоматики (включая автоматику регулирования и противоаварийную, как локальную, так и системную), для сигнализации неисправностей этого оборудования, и для взаимодействия с автоматизированными системами управления (АСУ).

**1.2.** Перечень устройств РЗА, техническое обслуживание (ТО) которых осуществляется на основе требований настоящей Инструкции, приведен в п. 1.2 «Типового положения о службах релейной защиты и электроавтоматики» [1].

Требования настоящей Инструкции не распространяются на работы в устройствах и вспомогательных цепях управления, автоматики и сигнализации котельных, нагревательных, вентиляционных, осветительных, бытовых установок, а также устройств пожаротушения, охранной сигнализации и в других аналогичных цепях.

**1.3.** Требования настоящей Инструкции обязательны для персонала, занимающегося эксплуатацией устройств РЗА. К этому персоналу относятся работники служб релейной защиты и автоматики (СРЗА) сетевых предприятий и энергообъединений, работники электролабораторий (ЭТЛ), обслуживающие устройства РЗА на электростанциях, подстанциях, энергоучастках.

Требования настоящей Инструкции также распространяются на персонал специализированных организаций, проводящий работы по монтажу и ТО устройств РЗА электростанций и подстанций. При этом ряд работ, проводимых согласно положениям настоящей Инструкции, должен выполняться совместно с эксплуатационным персоналом, обслуживающим устройства РЗА, на которых проводятся работы. К таким работам, в частности, относятся подача оперативной заявки, инструктаж оперативного персонала, подготовительные операции при допуске к работам в действующих цепях, проверка взаимодействия и подключение вводимых устройств РЗА к действующим.

**1.4.** Порядок работ по оперативному обслуживанию устройств РЗА регламентирован «Инструкцией для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем» [2] и поэтому в настоящей Инструкции отражен не полностью.

При производстве работ наряду с настоящей Инструкцией необходимо пользоваться заводской документацией, инструкциями, методическими указаниями по обслуживанию отдельных видов устройств и аппаратуры.

При отсутствии нормативно-технических документов по обслуживанию отдельных видов устройств работа в этих устройствах производится по программам и местным инструкциям, утвержденным техническим руководителем эксплуатационной организации.

Наряду с методами проверок, указанными в настоящей Инструкции, могут применяться и другие методы, не снижающие надежность работы устройств РЗА.

Виды, объемы и периодичность работ определяются «Правилами технического обслуживания» [3, 4].

Эти правила определяют следующие виды технического обслуживания:

- проверка при новом включении (наладка);
- первый профилактический контроль;
- профилактический контроль;
- профилактическое восстановление (ремонт);
- тестовый контроль;
- опробование;
- технический осмотр;
- внеочередная проверка;
- послеаварийная проверка.

**Примечание.**

Если проверка при новом включении производится персоналом сторонней организации, то перед проверкой устройств РЗА рабочим током и напряжением производится их приемка в эксплуатацию.

## **2. Организационные мероприятия при проведении работ в устройствах РЗА.**

### **2.1. Разработка программ работ**

**2.1.1.** Работы в действующих электроустановках по техническому обслуживанию устройств РЗА со сложными внешними связями или требующие координации отдельных этапов работ, особенно охватывающих несколько объектов или связанных с большим объемом работ по сложной реконструкции устройств РЗА, выполняются, как правило, по программам.

**2.1.2.** Программы составляются в целях обеспечения такого порядка работ в устройствах РЗА действующих электроустановок, который не привел бы к снижению надежности работы электростанций и подстанций и был бы безопасным для персонала, проводящего эти работы.

**2.1.3.** В программах должны быть указаны объемы и порядок производства тех этапов работ, проведение которых связано с возможным нарушением режимов работы энергооборудования и технологических систем электростанций, тепловых и электрических сетей, энергосистем, либо при их проведении возможно ложное действие или отказ какого-либо устройства РЗА при ошибочных действиях персонала, осуществляющего техническое обслуживание устройств РЗА.

Если при производстве работ потребуется определенная последовательность операций с коммутационными аппаратами первичной сети или согласованные действия оперативного персонала и персонала, обслуживающего устройства РЗА, то это должно быть указано в программе.

Остальные этапы работ, не связанные с вышеперечисленными в настоящем пункте обстоятельствами, могут быть указаны в программе или в ней должна быть сделана ссылка на нормативные документы, по которым эти этапы работы будут производиться.

**2.1.4.** Программа работ должна содержать:

**2.1.4.1.** Объект, наименование, цель, объем и последовательность работы (расширение объема по сравнению с объемом, указанным в программе, не допускается).

**2.1.4.2.** Исходное состояние прилегающей сети, оборудования и устройств РЗА, если это требуется по условиям производства работ.

**2.1.4.3.** Указания о состоянии схемы первичных соединений и режимах работы электрооборудования к моменту окончания работ с устройствами РЗА. Указания о выполнении схемы первичных соединений и режимах работы электрооборудования, которые требуются по завершении работы (при необходимости).

**2.1.4.4.** Перечень мер, предотвращающих непредусмотренные воздействия на оборудование (как работающее, так и выведенное в ремонт) и на цепи других устройств РЗА. Если программа не составляется, то содержание этого пункта должно быть изложено в заявке (п. 2.2.11). В программе указываются:

- а) устройства РЗА, которые должны быть выведены для обеспечения проведения работы, исключающей излишнее действие на работающее оборудование;
- б) устройства РЗА, которые остаются в работе для защиты от повреждений или нарушений режима электрооборудования или линий электропередачи;
- в) устройства РЗА, которые включаются только на время проведения работы или замены отключаемых устройств (например, подменные устройства при проверке вновь включаемых защит рабочим током), и их уставки;
- г) устройства РЗА, которые должны отключаться только на время подготовки вспомогательных цепей (тока, напряжения, оперативных), необходимых для проведения работы, а затем обратно включаться в работу, продолжительность их отключения и способ проверки восстановления цепей, если такая проверка требуется;
- д) устройства РЗА, режим работы которых необходимо изменять (ввод оперативного ускорения, вывод направленности защиты, изменение уставок и т.п.);
- е) порядок операций с устройствами РЗА при выводе их из работы и порядок ввода устройств РЗА после окончания работы.

Последний пункт подразумевает перечень переключений, выполняемых оперативным персоналом, а также перечень опробований действий устройств РЗА на коммутационные аппараты перед вводом устройств в работу.

Порядок операций, выполняемых непосредственно релейным персоналом при выводе и вводе устройств РЗА, определяется внутренними документами служб РЗА (ЭТЛ), типовыми или разовыми. К таким операциям относятся:

- а) переключения неоперативными переключающими устройствами;
- б) отсоединение и изолировка проводов в цепях, не имеющих переключающих устройств (например, во вспомогательных цепях трансформаторов напряжения), подсоединение отключенных проводников, снятие перемычек;
- в) закрытие изоляционным материалом действующих цепей, проходящих через место работы, последующее удаление этого материала;
- г) закорачивание и отсоединение цепей тока и т.п., последующее их восстановление;
- д) работоспособности устройств РЗА, цепи которых нарушались при работе (измерение токов и напряжений, опробование действий устройств РЗА на реле, вольтметры и т.п.).

**2.1.5.** Программа на проведение технического обслуживания устройств РЗА должна составляться ответственным исполнителем и утверждаться техническим руководителем организации, проводящей работы по ТО устройств РЗА электростанций и подстанций. Кроме того, в службе РЗА, электротехнической лаборатории (ЭТЛ) энергопредприятия должны быть рабочие программы вывода в проверку (ввода в работу) сложных устройств РЗА с указанием последовательности, способа и места отсоединения их цепей от остающихся в работе устройств РЗА, цепей управления оборудованием, цепей тока и напряжения (приложение 6). Перечень групп устройств, на которые должны быть составлены рабочие программы, утверждается техническим руководителем энергопредприятия [8, п. 5.9.10].

**2.1.6.** Для облегчения составления программ службами РЗА (ЭТЛ) могут быть подготовлены типовые программы. Перечень таких программ определяется на месте. Требования к содержанию типовых программ такие же, как к программе разового действия. При наличии типовых программ составление разовой программы работ упрощается и сводится к ссылке на типовую программу и записи дополнений к ней. Если в типовой программе содержатся исчерпывающие сведения о порядке проведения работы, то допускается рабочую программу не составлять, сделав запись в заявке о том, что работы будут выполняться согласно типовой программе.

В качестве типовых программ или их составных частей могут быть использованы «Правила» [3, 4], инструкции и методические указания по техническому обслуживанию устройств РЗА, «Образцы программ проведения сложных типовых операций с устройствами РЗА» [5].

## **2.2. Оформление оперативной заявки**

**2.2.1.** На все работы по техническому обслуживанию и испытаниям устройств РЗА действующих электроустановок оформляются оперативные заявки.

**2.2.2.** Монтажно-наладочные работы на новых устройствах РЗА расположенных в непосредственной близости к действующим устройствам, могут выполняться без заявок при условии, что новые устройства РЗА полностью отключены от действующих вспомогательных цепей, и сам характер работ не может повлечь за собой неправильные действия устройств РЗА

Производство монтажных и других видов работ, могущих вызвать отключение основного оборудования, или неправильные действия устройств РЗА, должно оформляться заявками на вывод соответствующих устройств или при необходимости на отключение первичного оборудования.

Ввод в действие новых устройств РЗА при необходимости их подключения к действующим цепям должен оформляться заявкой, в которой должны быть предусмотрены необходимые операции с другими устройствами РЗА, находящимися в действии, и содержаться указания, необходимые для ввода нового устройства РЗА.

Ввод в работу новых устройств РЗА на действующем оборудовании должен оформляться соответствующими плановыми заявками. Допускается оформление одной заявкой ввода нескольких устройств РЗА с указанием очередности ввода каждого устройства.

Ввод в работу нового устройства РЗА может быть совмещен с работами по подключению этого устройства РЗА к действующим вспомогательным цепям, его проверкой под нагрузкой и на ВЧ канале. В этом случае в заявке должны быть указаны основные этапы работы и необходимые мероприятия, проводимые на действующих устройствах РЗА на каждом этапе работы.

При вводе в работу нового оборудования отдельных заявок на ввод в действие устройств РЗА этого оборудования не требуется. Операции с новыми устройствами РЗА включаются в общую программу по включению нового оборудования. При этом срок производства работ определяется сроком действия общей заявки на производство работ по данной программе. После включения оборудования под нагрузку и истечения срока действия заявки на работу по программе дальнейшее производство работ по вводу новых устройств РЗА должно оформляться отдельными заявками.

**2.2.3.** Производство работ в цепях устройств РЗА, требующих отключения первичного оборудования, должно оформляться как заявка на вывод оборудования в ремонт. В заявке должны быть оговорены объем и порядок переключений при отключении оборудования (переключения по программам типовых операций, отключений выключателей без разборки их схемы и т.п.).

**2.2.4.** Оперативные заявки должны оформляться независимо от того, включена ли данная работа в утвержденный план или на ее проведение имеются указания руководства или вышестоящих организаций.

**2.2.5.** Заявки делятся на следующие виды:

а) **плановые** — подаются на работы, выполняемые в соответствии с утвержденными графиками технического обслуживания устройств РЗА;

б) **срочные** — подаются для проведения неплановых, неотложных и аварийных работ. Под неплановыми понимаются работы, необходимость проведения которых возникла в процессе эксплуатации, например, для изменения уставок и внесения изменений в схемы согласно указаниям вышестоящих служб РЗА, направленных на улучшение параметров устройств РЗА. Под неотложными понимаются работы, не являющиеся аварийными, но которые необходимо выполнить для предотвращения возможных аварийных отключений, а также для выявления причин отказов, излишней работы или неясных случаев срабатывания устройств РЗА, для выявления и устранения причин действия предупредительной сигнализации о неисправности аппаратуры, отклонения от нормы контролируемых параметров и др. Под аварийными понимаются работы, которые требуют срочного отключения устройств РЗА в целях устранения возникших неисправностей и восстановления работоспособности устройств РЗА.

**2.2.6.** Заявки подаются в порядке и сроки, определяемые действующими Положениями о порядке подачи прохождения и проработки оперативных заявок на производство работ, разрабатываемых СО-ЦДУ, соответствующими территориальными ОДУ, региональными ДУ, электрическими сетями и электростанциями, в диспетчерскую службу, в оперативном управлении которой находится соответствующее устройство РЗА.

**2.2.7.** На работы в устройствах РЗА, которые находятся в оперативном ведении и управлении только дежурного подстанции, начальника смены электроцеха, диспетчера электрической сети, оформляется местная заявка. Порядок оформления и подачи местной заявки определяется руководством электростанции и электрических сетей.



**2.2.8.** В отдельных, не терпящих отлагательства случаях оперативные заявки на неотложные аварийные работы могут подаваться в любое время суток непосредственно дежурному диспетчеру, в управлении или ведении которого находится устройство РЗА, на котором необходимо провести работы. Дежурный диспетчер имеет право разрешить заявку лишь в пределах своей смены. Разрешение на более длительный срок должно быть дано главным диспетчером (начальником диспетчерской службы) энергопредприятия, РДУ, ОДУ, СО-ЦДУ.

**2.2.9.** Оперативная заявка на работы в устройствах РЗА и во вспомогательных цепях подготавливается персоналом СРЗА (ЭТЛ).

**2.2.10.** Заявка должна быть тщательно подготовлена, при ее составлении должны быть предусмотрены следующие меры.

- а) Обеспечение полноценной защиты оборудования и линий электропередачи другими устройствами РЗА от всех видов повреждений, удовлетворяющих требованиям быстродействия, чувствительности и, по возможности, селективности. Если это условие не выполняется, должна быть осуществлена временная быстродействующая защита или введено оперативное ускорение резервных защит или присоединение должно быть отключено.
- б) Предотвращение возможности ошибочного отключения работающего оборудования и линий электропередачи при проведении работы.
- в) Исключение нарушения режима работы и обеспечение резервного питания потребителей или проведение других мероприятий при ошибочном отключении присоединения в связи с проводимыми работами по заявке.
- г) Обеспечение режима работы электрооборудования и линий электропередачи, необходимого для проверки устройства РЗА токами нагрузки. Для этого следует предварительно по предполагаемым значениям перетоков активной и реактивной мощности определить ориентировочные значения и фазы вторичных токов и поведение проверяемого устройства РЗА.

**2.2.11.** В содержании подготовленной заявки должны быть указаны:

- а) операции с устройствами РЗА в процессе выполнения работ. Если имеется программа или специальное указание на проведение работы, прикладываемые к заявке, то порядок операций с устройствами РЗА в заявке не указывается, а дается лишь ссылка на эту программу или указание на их номер и дату.

При их отсутствии в заявке должен быть приведен перечень мер, предотвращающих непредусмотренные воздействия на оборудова-

ние (как работающее, так и выведенное в ремонт) и на цепи других устройств РЗА согласно п. 2.1.4.4;

- б) время аварийной готовности ввода устройств РЗА в работу;
- в) все другие условия проведения работы по заявке в соответствии с п. 2.2.

Если при проведении работ по заявке могут возникнуть непредусмотренные нарушения быстродействия, чувствительности (в том числе резервирования смежных участков), селективности или снижение надежности работы, а также опасность ошибочного отключения, то все это должно оговариваться в заявке.

### **2.3. Общие требования при производстве работ**

**2.3.1.** Порядок и методика проведения работ по техническому обслуживанию (ТО) устройств РЗА приведены в разделе 3.

**2.3.2.** Производитель работ в устройствах РЗА действующих электроустановок должен назначаться из числа персонала СРЗА (ЭТЛ), обученного и допущенного к самостоятельным проверкам соответствующих устройств, а также из числа соответствующего персонала специализированных организаций, проводящих работы по ТО устройств РЗА электростанций и подстанций.

Персонал, не имеющий допуска к самостоятельному ТО какого-либо устройства РЗА, может производить работы на таком устройстве, выведенном из работы для ТО, в составе бригады, в которой производитель работ имеет допуск к самостоятельной проверке устройства РЗА.

Во всех случаях, когда работы на устройствах РЗА производятся персоналом, не допущенным к их самостоятельной проверке, ответственность за выполняемую этим персоналом работу несет технический руководитель, разрешивший ее проведение.

**2.3.3.** Производителя работ и членов бригады, производящих работы на устройствах РЗА по разрешенной заявке до окончания работы, запрещается отвлекать на другие работы, не связанные с выполнением работы по заявке. Исключение допускается только для выполнения работ по ликвидации аварий, пожаров и стихийных явлений.

**2.3.4.** Включения и отключения первичных коммутационных аппаратов, требующиеся по условиям производства работы и выполняемые персоналом, производящим эти работы, должны проводиться в соответствии с ПТБ [6],

## **2.4. Подготовка к проведению работы**

**2.4.1.** К любым работам по разрешенной заявке и оформленным в соответствии с правилами техники безопасности нарядами или распоряжениями можно приступать только по разрешению диспетчера, в управлении которого находится данное устройство РЗА, полученному непосредственно перед началом работ. Перед выдачей такого разрешения диспетчер и перед обращением за его получением дежурный должны проверить, не возникли ли какие-либо причины, препятствующие проведению работ в сроки и в условиях, указанных в разрешенной заявке.

**2.4.2.** До начала допуска для работы по заявке персонал, допускаемый к работе, обязан:

- а) подготовить необходимую для проведения работы документацию на устройство РЗА (паспорта-протоколы, принципиальные и монтажные схемы, рабочие программы вывода в проверку (ввода в работу) сложных устройств РЗА (п. 2.1.5), техническое описание и инструкции по эксплуатации, методические указания или инструкции по техническому обслуживанию, рабочие журналы и, в случае необходимости, письма и пояснительные записки по уставкам);
- б) при проверке устройств РЗА не входящих в перечень групп устройств, на которые должны быть составлены рабочие программы по п. 2.1.5, записать в рабочем журнале маркировку цепей, которые должны быть отключены при выводе устройств РЗА из работы, с указанием номеров клемм на рядах зажимов, выводов аппаратов, реле и пр. Для этой цели удобно составлять таблицы, в которых отмечаются все выполняемые в цепях устройств РЗА операции как при выводе их из работы, так и при вводе в работу;
- в) подготовить необходимые приборы, испытательную аппаратуру и все необходимое для сборки схемы и проведения ТО устройств РЗА;
- г) подготовить необходимый инструмент и приспособления для удобного и безопасного проведения работ, в частности, стремянки для обслуживания верхней части панелей;
- д) обеспечить достаточную по нормативам освещенность рабочего места.

**2.4.3.** Подготовка к проведению работы по заявке на устройствах РЗА производится как оперативным персоналом в части переключающих устройств, которыми ему разрешено выполнять операции

(испытательные блоки, накладки, переключатели, автоматические выключатели и т.п.), так и персоналом СРЗА (ЭТЛ), допускаемым к производству работы, в части отсоединения цепей, аппаратов, реле и т.п.

**2.4.4.** После получения разрешения диспетчера на подготовку рабочего места и на допуск к работе по заявке оперативный персонал должен выполнить следующее.

- а) Выполнить необходимые отключения и включения первичного оборудования (при этих операциях присутствие персонала, допускаемого к работе, не является обязательным).
- б) Для проведения работы отключить (вывести из работы) отключающими устройствами (накладками, ключами, предохранителями, испытательными блоками и т.п.) устройства РЗА, указанные в заявке. Подразумеваются отключающие устройства, которыми имеет право оперировать оперативный персонал. Перед работами на устройствах РЗА состоящих из нескольких полу комплектов, расположенных на разных объектах, эти устройства должны быть выведены на всех объектах.
- в) Закрыть изолирующими шторками или оградить панели (или их отдельные части) устройств РЗА, находящиеся рядом с теми, на которых будут проводиться работы по заявке. Панели должны закрываться как с лицевой, так и с задней сторон. Там, где отсутствует техническая возможность выполнить закрытие части остающихся в работе устройств РЗА шторками или ограждениями, допускается это требование не выполнять, но предупредить производителя работы о необходимости работать с особой тщательностью и повышенной осторожностью. Для ограждения остающихся в работе устройств РЗА следует, по возможности, привлекать производителя работ по заявке, поскольку это повышает надежность данного мероприятия.
- г) Выполнить все мероприятия в соответствии с требованиями ПТБ [6].
- д) Провести целевой инструктаж бригады, которая будет производить работы, в том числе производителя работы по заявке, обязательно указав, какое время отведено при разрешении заявки на выполнение работы и какие дополнительные условия и ограничения должны выполняться при этом.
- е) Произвести допуск к работе бригады в соответствии с нарядом или распоряжением на проведение работы по заявке.

В случае совмещения производителем работ обязанностей допускающего (п. 8.5 ПТБ [6]) выполнение подп. б) — е) п. 2.4.4 возлагается на производителя работ.

**2.4.5.** Во время допуска руководитель (если он назначен) и производитель работ должны выяснить у допускающего, какие меры приняты при подготовке рабочих мест, и проверить эту подготовку личным осмотром в пределах рабочих мест. Они должны убедиться в следующем.

- а) Первичная схема соединений соответствует условиям производства работ по положению коммутационной аппаратуры. При допуске к работе в открытых и закрытых распределительных устройствах коммутационная аппаратура должна быть осмотрена на месте. При проведении работы в релейных залах и на щитах управления проверка первичной схемы соединений производится по положению сигнальных устройств, свечению сигнальных ламп, показаниям измерительных приборов, отображениям на мониторе автоматизированного рабочего места дежурного персонала (при наличии АСУ ТП).
- б) Правильны положения отключающих устройств в цепях РЗА, которыми оперировал оперативный персонал. Положение отключающих устройств должно соответствовать условиям разрешенной заявки. Обязательный контроль со стороны персонала СРЗА не снимает полноты ответственности оперативного персонала за правильность положения отключающих устройств, которыми ему разрешено выполнять операции.
- в) Выполнены все остальные требования разрешенной заявки на проведение данной работы.
- г) Достаточны ограждения места работы, соседних панелей, рядов зажимов и остающейся в работе аппаратуры, выполненные согласно п. 2.4.4, в.

В случае совмещения производителем работ обязанностей допускающего (п. 8.5 ПТБ [6]) выполнение п. 2.4.5 возлагается на производителя работ.

**2.4.6.** После допуска к работе оперативным персоналом производитель работы из персонала СРЗА должен приступить к подготовительным работам перед проверками устройств РЗА, т.е. к отключению выведенного устройства РЗА по всем цепям для проведения работы по заявке. При этом, а также в процессе проведения работы производителю работ и членам бригады, производящим работу, запрещается без разрешения оперативного персонала выполнять какие-либо работы на любом другом действующем оборудовании, кроме того, куда был произведен допуск к работе.

Подготовка рабочего места персоналом СРЗА заключается в надежном отсоединении устройств РЗА на которых должны производиться работы по заявке. Отсоединение необходимо производить либо

мостиками измерительных зажимов, либо отключением и изолированием проводников на рядах зажимов с соблюдением мер предосторожности, исключающих возможность ошибочного отключения или включения выключателей, нарушения исправности цепей напряжения, тока, оперативных и пр. Такими мерами являются следующие.

- а) Выполненное оперативным персоналом при подготовке рабочего места предварительное отключение устройств РЗА по п. 2.4.4, б. При необходимости производителем работ выполняются дополнительные отключения устройствами, не находящимися в управлении оперативного персонала (крышками испытательных блоков, ключами, предохранителями и т.п.).
- б) Применение специального изолирующего инструмента.
- в) Тщательный контроль вторым лицом, входящим в состав бригады, за правильностью отсоединения цепей по рабочим программам (п. 2.1.5) или предварительно составленным таблицам для устройств, по которым рабочие программы не требуются.

**2.4.7.** При выводе из работы устройств РЗА для производства работ на них рекомендуется следующая очередность отсоединения цепей (этот же порядок должен быть отражен и в предварительно составленной рабочей программе или таблице):

- а) Размыкаются путем отсоединения выходные цепи, через которые может произойти непосредственное отключение и включение выключателей, отделителей, короткозамыкателей, АГП, посадка стопорных клапанов турбины, воздействие на ЭЧСР, другие непредусмотренные воздействия, изменяющие режимы работы энергетического оборудования, а также те цепи, через которые указанные воздействия могут произойти косвенно (цепи УРОВ, АПВ, устройства телеотключения, противоаварийной автоматики, пожаротушения и т.п.). Указанные цепи должны быть отсоединены либо мостиками измерительных зажимов, либо отключением проводников при отсутствии или ненадежности измерительных зажимов. В последнем случае отсоединяемые проводники должны быть надежно изолированы.
- б) Отключаются цепи оперативного напряжения автоматически выключателями или предохранителями.
- в) Отсоединяются цепи тока отключаемого устройства без размыкания цепей устройств, остающихся в работе. На время переключений в указанных цепях, если подключенные к ним

другие устройства РЗА, остающиеся в работе, могут сработать ложно от несимметрии, и это оговорено в программе (заявке), они должны быть временно выведены оперативным персоналом. Перед их обратным вводом в работу персоналу СРЗА (ЭТЛ) под наблюдением оперативного персонала следует проверить исправность цепей тока, остающихся в работе устройств РЗА.

Устройства РЗА, которые соединены по цепям тока с отключаемым устройством РЗА для производства работ внутри панели и не могут быть отсоединены от него с помощью испытательных блоков или на рядах зажимов, должны быть выведены отключающими устройствами на все время работы. Действующие цепи этих устройств (отключения, включения, напряжения, оперативного тока и пр.) должны быть, по возможности, закрыты изолирующими шторками.

- г) Отключаются и изолируются цепи напряжения. Оперативный персонал должен быть предупрежден о производимых отключениях цепей напряжения для принятия мер в случае возможного короткого замыкания в этих цепях и необходимости быстрого включения автоматических выключателей или замены предохранителей. На устройствах РЗА без надежного отключения на мостиках измерительных зажимов, а при их ненадежности или отсутствии — без отсоединения и изолирования действующих цепей напряжения производить работы запрещается, за исключением проверок рабочим током и напряжением и измерений напряжения.
- д) Отсоединяются остальные цепи, связывающие проверяемые устройства РЗА с другими устройствами, если это необходимо по условиям производства работ. К таким цепям относятся: цепи сигнализации, пуска осциллографов и фиксирующих приборов, связи с АСУ и т.п., цепи других устройств РЗА, воздействующих на проверяемое устройство.

**2.4.8.** В рабочей программе вывода в проверку устройств РЗА, а при их отсутствии в рабочем журнале должны делаться отметки обо всех произведенных отсоединениях цепей.

**2.4.9.** При невозможности выполнения мероприятий, указанных в п. 2.4.7, работа на устройствах РЗА должна производиться либо при отключенных аппаратах, на которые может подействовать устройство РЗА, либо по заявке, в которой предусматриваются возможность ошибочного отключения (включения) выключателей и мероприятия для их быстрого обратного включения.

## **2.5. Подготовка устройств РЗА к включению в работу**

**2.5.1.** После окончания проверки устройства РЗА от посторонних источников тока производится их проверка током нагрузки и рабочим напряжением методами, указанными в п. 3.12, а также в инструкциях и методических указаниях по проверкам отдельных устройств РЗА. Эту проверку целесообразно совместить с приемкой (п. 2.6), если работа выполнялась наладочной организацией.

Для такой проверки в устройство РЗА подается переменный ток от трансформаторов тока и напряжение от трансформаторов напряжения, а также оперативное напряжение в случаях, когда оно необходимо для питания измерительных органов или индикации их срабатывания.

При работах в цепях тока (в том числе при проверке устройства током нагрузки) должны быть выведены из работы устройства РЗА указанные в п. 2.4.7, в.

Все переключения в цепях тока и напряжения при проверках рабочим током и напряжением должны производиться с особой осторожностью, чтобы не устроить КЗ в цепях напряжения или не раскоротить цепи тока.

Анализ поведения устройств РЗА при проверке рабочим током и напряжением должен производиться в соответствии с п. 3.12, а также согласно инструкциям и методическим указаниям по проверке отдельных устройств РЗА сразу же после снятия векторных диаграмм и проведения необходимых имитаций.

**2.5.2.** По окончании проверки рабочим током и напряжением производится соединение всех цепей, отсоединявшихся ранее в соответствии с п. 2.4.7, в порядке, указанном в п. 2.5.3, кроме цепей, которые уже были подсоединены для проверки устройства рабочим током и напряжением.

Обо всех соединениях делается отметка в рабочей программе или рабочем журнале против отметки, выполнявшейся при отсоединении. Такой порядок обеспечивает соединение всех отсоединявшихся ранее цепей.

По окончании соединения цепей измеряются напряжения от трансформатора напряжения на устройстве РЗА во всех цепях, на которых производились работы, токи в фазном и нулевом проводах цепей тока. После проверки рабочим током и напряжением производить какие-либо работы в токовых цепях, цепях напряжения и измерительных органах устройства РЗА запрещается.

**2.5.3.** При работах на устройствах РЗА действующего электрооборудования работу по присоединению цепей рекомендуется производить в следующем порядке.



- а) Подключаются цепи напряжения.
- б) Подключаются цепи тока. При этом должны быть выведены из работы все остальные подключенные к этим цепям тока и оставшиеся ранее в работе устройства РЗА, которые могут сработать ложно от несимметрии токов. Обратное включение в работу этих устройств РЗА производится после окончания проверки током нагрузки и рабочим напряжением проверяемого устройства и проверки обтекания цепи тока остальных устройств током нагрузки. Перед проверкой током нагрузки и рабочим напряжением при необходимости к устройствам РЗА подключаются цепи оперативного напряжения. После этого производится проверка током нагрузки и рабочим напряжением проверяемого и всех других устройств РЗА, подключенных к общим с ним цепям тока.
- в) Подключаются цепи оперативного напряжения, если это не сделано в предыдущем пункте. При этом проверяются положения реле на панели или показания на дисплее микропроцессорного терминала. Если положение реле или отображение на дисплее правильное, работа выполняется дальше.
- г) Подключаются цепи сигнализации.
- д) Подключаются цепи связей данного устройства РЗА с другими устройствами РЗА и АСУ ТП.
- е) Подключаются цепи отключения и включения коммутационных аппаратов.

**2.5.4.** На подготовленном к включению в работу устройстве РЗА запрещается даже на короткий срок оставлять разрывы в каких-либо цепях на мостиках измерительных зажимов за исключением случаев, когда эти разрывы предусмотрены схемой устройства для установления определенного режима работы. При необходимости оставить какую-либо цепь временно разомкнутой следует выполнить ее разрыв вне рядов зажимов, например, размыканием накладки или снятием крышки испытательного блока.

**2.5.5.** После полного окончания всех работ необходимо проверить отсутствие «плюса» оперативного напряжения на отключающих устройствах (накладках, ключах и т.п.) в цепях отключения и включения коммутационных аппаратов, связей устройств РЗА с другими устройствами.

**2.5.6.** После присоединения связей с другими устройствами РЗА, отключающих цепей и их опробования на устройстве РЗА не должны выполняться какие бы то ни было работы, за исключением оперативного обслуживания.

## **2.6. Приемка устройств РЗА и включение их в работу**

**2.6.1.** Если пусконаладочные работы на вновь вводимых, расширяемых или реконструируемых энергообъектах проводились наладочной организацией, то после окончания (или в процессе исполнения) работ должна быть проведена приемка устройств РЗА эксплуатирующей организацией.

Приемка производится представителем СРЗА (ЭТЛ), за которым закрепляется вновь вводимое устройство РЗА, или другим лицом, допущенным к самостоятельной проверке вновь вводимых типов устройств РЗА, назначаемым руководством СРЗА (ЭТЛ) или руководством вышестоящей службы РЗА. Приемка производится с участием представителя наладочной организации, проводившего наладку. В процессе приемки принимающий должен проверить, что наладочные работы были выполнены с необходимым качеством и в объеме, не меньшем регламентированного действующими правилами технического обслуживания при новом включении [3, 4]. Следует проверить, что исполнительные схемы устройств РЗА соответствуют проектным принципиальным схемам с учетом выполненных в установленном порядке корректировок. При проведении приемки производится внешний осмотр, выборочная проверка отдельных элементов устройств, проверка временных характеристик устройства РЗА в полной схеме, проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами, проверка устройств РЗА, расположенных на разных объектах (например, диффазные защиты), проверка устройств РЗА первичным током и напряжением. Проверка взаимодействия вновь вводимой аппаратуры и проверку первичным током и напряжением по п. 2.5. целесообразно выполнять совместно принимающим лицом и персоналом наладочной организации с целью уменьшить общий объем работ и переключений. Для проведения работ представляется техническая документация согласно п. 2.7.3.

При проведении приемки микропроцессорных устройств РЗА производится проверка требуемой конфигурации устройства защиты в соответствии с принятыми проектными решениями и задания уставок устройства в соответствии с этой конфигурацией. Производится проверка временных характеристик терминалов или совокупности терминалов, входящих в защиту, проверка взаимодействия защиты с коммутационными аппаратами и другими устройствами РЗА, а также проверка функций регистрации событий, диагности-

ки коммутационных аппаратов и других функций, предоставляемых фирмами-изготовителями.

**2.6.2.** Ввод в работу новых устройств РЗА, не бывших в эксплуатации, может производиться лишь при наличии разрешенной заявки на их включение.

Перед вводом таких устройств в работу производитель работ (представитель СРЗА или ЭТЛ) должен подробно проинструктировать оперативный персонал с демонстрацией (имитацией) на месте операций, предусмотренных местной инструкцией по оперативному обслуживанию устройства РЗА. Инструктаж проводится для одной работающей смены оперативного персонала. Остальным сменам инструктаж передается старшим оперативным лицом при сдаче-приемке дежурства. Оперативный персонал подстанций без постоянного дежурства для получения инструктажа должен прибыть на подстанцию. Без проведения инструктажа оперативного персонала включение в работу устройств РЗА не должно допускаться. Аналогичный инструктаж производится после реконструкции устройства РЗА, повлекшей изменение порядка его обслуживания оперативным персоналом.

**2.6.3.** По окончании работ проводивший их производитель должен сделать запись в журнале релейной защиты на щите управления о проведенной работе, состоянии устройства РЗА и его готовности к включению в работу согласно п. 2.7.8.

Если проводились пусконаладочные работы, то запись в журнале релейной защиты делают ответственные исполнители наладочной организации и службы РЗА принявшей в эксплуатацию устройство РЗА.

Запрещается ввод в работу устройств РЗА при отсутствии записи в журнале релейной защиты, указывающей на возможность такого включения.

**2.6.4.** После ознакомления с записью в журнале релейной защиты на щите управления оперативный персонал производит тщательный осмотр сдаваемого устройства РЗА во всех местах, где производились работы. При этом следует обратить внимание на:

- а) состояние рядов зажимов;
- б) общее состояние монтажа и отсутствие отсоединенных неизолированных проводов, наличие необходимых надписей, наличие таблиц положений переключающих устройств для используемых режимов;
- в) положение указательных реле и переключающих устройств (накладок, ключей, рубильников, кнопок, крышек испытательных блоков, разъемов и т.п.);

- г) наличие и исправность сигнальных ламп и соответствие их состояния режиму;
- д) показания измерительных приборов высокочастотных аппаратов, контрольных устройств, показания дисплеев микропроцессорных терминалов и т.п.

## **2.7. Требования к оформлению технической документации**

**2.7.1.** Принципиальные схемы устройств РЗА до начала наладочных работ согласовываются со службой РЗА той ступени управления, к которой относится устройство РЗА (по оперативному управлению, в соответствии с диспетчерской подчиненностью). На схемах должна быть надпись «Согласовано» и подпись ответственного лица службы РЗА.

Исполнительными схемами являются откорректированные при монтаже и наладке принципиальные схемы и схемы соединений (монтажные схемы) или выполненные на их базе развернутые принципиально-монтажные схемы. Исполнительными схемами логических связей устройства РЗА. Для сложных комплектных устройств РЗА в качестве исполнительных схем, кроме указанных выше, могут использоваться откорректированные схемы технических описаний завода-изготовителя. Рекомендуется подготавливать схемы в электронном виде, что позволяет оперативно вносить в исполнительные схемы изменения при реконструкциях.

Исполнительные схемы, по которым производятся работы, должны быть выверены и полностью соответствовать фактически выполненному монтажу устройства РЗА. Все отсоединенные цепи на рядах зажимов и зажимы, на которых не включены контактные мостики, а также отсоединенные цепи или перемычки на выводах аппаратов должны быть четко указаны в схемах. Исполнительная схема должна содержать надпись «Схема исполнительная» и быть подписана ответственным лицом службы РЗА (ЭТЛ), осуществляющей эксплуатацию устройства РЗА.

Исполнительные схемы должны соответствовать проектным (или заданным вышестоящей службой РЗА). Если в этих схемах имеются отличия от проектных, то в примечаниях должно быть разъяснено, почему и кем эти отличия внесены, и дана ссылка на документ (акт технического решения, письмо вышестоящей организации, информационное письмо и др.).

Исполнительные принципиальные схемы устройств РЗА должны высылаться в вышестоящие службы РЗА (ОДУ, РДУ, ОГК, ТГК и др.)

в объеме, определяемом п. 5.6.3 «Типового положения» [1], или иными нормативными документами, определяющими взаимоотношения между службой РЗА (ЭТЛ) и вышестоящими ступенями управления.

**2.7.2.** Инструкции по оперативному обслуживанию вводимых устройств РЗА должны быть подготовлены соответствующей службой РЗА эксплуатирующей организации и утверждены техническим руководителем этой организации перед вводом в работу устройств РЗА. Также должны быть подготовлены таблицы положений переключателей устройств для используемых режимов.

**2.7.3.** Если работы производились наладочной организацией, то для проведения приемки она представляет:

- а) скорректированные исполнительные схемы, в том числе функциональные схемы микропроцессорных терминалов;
- б) протоколы наладки устройств РЗА, оформленные в соответствии с действующими формами протоколов. Допускается также применение вместо протоколов наладки паспортов — протоколов, разработанных энергосистемами в соответствии с действующими формами протоколов.

Если отсутствуют действующие формы протоколов на вводимое устройство, то временно, до разработки типовой формы протоколов, допускается применение протоколов, разработанных наладочной организацией.

Для тех устройств РЗА окончательная приемка которых производится в процессе проведения завершающих этапов наладочных работ, протоколы временно, на период проведения предварительной приемки, передаются лицу, осуществляющему приемку. Оформление в них результатов завершающих этапов проверок (проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами, проверка рабочим током и напряжением и т.д.) и передача эксплуатационному персоналу производится в двухмесячный срок после полного окончания работ.

**2.7.4.** Если производится реконструкция устройства РЗА, то после окончания монтажных и наладочных работ должны быть составлены точные исполнительные схемы этого устройства либо откорректированы проектные схемы в соответствии с внесенными при монтаже изменениями. Заранее подготовленные схемы в электронном виде существенно облегчают и ускоряют внесение изменений (п. 2.7.1).

**2.7.5.** Если в процессе реконструкции устройства РЗА возникает необходимость прервать работы и срочно включить это устройство, то перед включением его следует по возможности внести все изменения в исполнительные схемы. При отсутствии такой возможности все из-

менения следует внести не позднее 24 ч после включения устройства РЗА в работу.

**2.7.6.** Включение в работу устройств РЗА при отсутствии исполнительных схем не допускается.

**2.7.7.** Во всех случаях реконструкции устройства РЗА, приводящей к изменению условий его обслуживания, в инструкции по оперативному обслуживанию этого устройства, находящиеся у оперативного персонала, должны быть внесены соответствующие изменения. При необходимости внесения в инструкцию существенных изменений допускается это сделать позже (в пределах месяца). В течение этого времени соответствующий раздел инструкции заменяется записью в журнале релейной защиты, что должно быть отмечено в инструкции. Порядок внесения изменений в инструкции определяется эксплуатирующей организацией.

**2.7.8.** Кроме указанных в пп. 2.7.5-2.7.7 мероприятий перед вводом устройства РЗА в работу делается запись в журнале релейной защиты, которая должна содержать:

- а) сведения о проведенной работе;
- б) изменения в порядке обслуживания;
- в) готовность к включению устройства в работу.

С записью в журнале РЗА должен ознакомиться весь оперативный персонал, в зону обслуживания которого входит вводимое устройство РЗА, и расписаться об ознакомлении. Журнал РЗА должен периодически просматриваться в целях контроля правильности внесенных записей руководством СРЗА (ЭТЛ) и администрацией структурного подразделения, что также удостоверяется их подписями. Периодичность просмотра устанавливается по местным условиям.

**2.7.9.** Сразу после ввода устройства РЗА в работу, либо перед его вводом вносятся изменения в карты уставок, таблицы допустимых нагрузок, паспорта-протоколы, таблицы положений переключающих устройств для используемых режимов.

В кратчайший срок персонал СРЗА (ЭТЛ), допущенный к самостоятельной проверке вводимого устройства РЗА, должен передать в СРЗА, выдавшую уставки, сведения о выполненных уставках.

**2.7.10.** Сведения о дефектах и недостатках в схемах устройств РЗА необходимо направлять в проектные организации, на заводы — изготовители аппаратуры и оборудования, в службы РЗА энергопредприятий, в чьем управлении или ведении находятся устройства РЗА, для принятия мер по их устранению, учету, анализу и обобщению.

### **3. Технические мероприятия по проверке устройств РЗА**

#### **3.1. Подготовительные работы**

**3.1.1.** Подготовительные работы должны быть разделены на два этапа. Первый этап включает в себя работы, выполняемые заблаговременно, например, при реализации проектов на вновь вводимые устройства, при выполнении реконструктивных работ и т.п. Второй этап включает в себя объем подготовки, требуемый для проведения технического обслуживания (ТО), и выполняется непосредственно перед началом работы по заявке. При плановом ТО действующего устройства пп. 3.1.2-3.1.3 выполняются по мере необходимости.

**3.1.2.** При новом включении или реконструкции следует произвести проверку запроектированной аппаратуры РЗА, принципиальных и монтажных схем на предмет проектных ошибок, в особенности в части стыковки вновь вводимой аппаратуры с действующими устройствами, на выполнение заданных технических требований, предъявляемых к устройству, на соответствие аппаратуры, поставляемой фирмами-изготовителями, проектным решениям и требованиям «Правил» [7, 8]. Следует произвести анализ правильности работы схемы по отдельным цепям (переменного тока и напряжения, по оперативным цепям управления, блокировок, защиты, автоматики и т.п.) и всего устройства в целом. Целью анализа является устранение возможностей появления ложных цепей или неправильной работы схемы при повреждении в отдельных элементах схемы. Проверяется, в частности, следующее.

- а) Соответствие устанавливаемой аппаратуры РЗА первичному оборудованию, в частности, по коэффициентам трансформации трансформаторов тока и напряжения, по параметрам приводов коммутационных аппаратов и т.д.
- б) Соответствие заданных уставок шкалам используемых реле или пределам регулирования уставок микропроцессорных устройств.
- в) Соответствие источника оперативного напряжения условиям работы аппаратуры, в частности, по коэффициенту пульсаций выпрямленного напряжения, по допустимой длительности перерывов питания микропроцессорных защит и т.д.

- г) Правильность выбора помехозащищенности аппаратуры и цепей вторичной коммутации в заданной электромагнитной обстановке, определенной заранее, согласно рекомендациям «Методических указаний по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях: СО 34.35.311-2004» [15].
- е) Достаточность и надежность связей вновь вводимого или реконструируемого устройства РЗА с АСУ ТП, необходимость и достаточность объема информации, вводимой на каждое рабочее место АСУ ТП от анализируемого устройства РЗА.
- ж) Выполнение требований директивных документов.
- з) Правильность выполнения цепей переменного тока защит, схем соединений токовых цепей направленных и дифференциальных защит, правильность заземлений токовых цепей и т.п. В отдельных случаях (изменение проекта, реконструкция токовых цепей и т.п.) следует произвести проверку трансформаторов тока на допустимую погрешность.
- и) Правильность выполнения цепей трансформаторов напряжения, в частности, правильность заземления вторичных обмоток, правильность выбора защиты от токов короткого замыкания, соответствие работы трансформатора напряжения заданному классу точности и т.д.
- к) Селективность автоматических выключателей и предохранителей, установленных в оперативных цепях; правильность работы схемы управления коммутационными аппаратами, в частности, блокировки от многократного включения выключателя на короткое замыкание, блокировки от несинхронного включения генераторов и т.п.
- л) Надежность работы контактных систем (по допустимому напряжению, по коммутационной способности и т.д.). Проверка надежности контактных систем выходных реле микропроцессорных защит имеет особую важность, поскольку выход из строя контактов этих реле приводит к выходу из строя всего дорогостоящего терминала.
- м) Правильность подключения цепей указательных реле в цепях сигнализации, особенно при стыковке вновь вводимого устройства с действующей схемой центральной сигнализации, правильность работы схемы при одновременном появлении максимально возможного количества сигналов.
- н) Правильность функционирования устройств РЗА при подаче и снятии оперативного напряжения.



о) Соответствие монтажных схем принципиальным схемам.

Настоящий перечень не является исчерпывающим и может быть расширен, исходя из конкретных условий.

Для устройств на электромеханической элементной базе весь указанный выше анализ удобно производить в процессе составления развернутых принципиально-монтажных схем. При использовании микропроцессорных защит анализ производится с использованием логических схем отдельных терминалов и схем внешних соединений.

**3.1.3.** При необходимости следует разработать, согласовать со всеми заинтересованными сторонами и утвердить в порядке подчиненности программу работ согласно п. 2.1.

**3.1.4.** Непосредственно перед проведением работы следует подготовить необходимую документацию.

- а) Исполнительные принципиальные и монтажные схемы, а также развернутые принципиально-монтажные схемы, если таковые имеются, функциональные схемы микропроцессорных терминалов. Производить какие-либо работы на устройствах РЗА без исполнительных схем запрещается.
- б) Инструкции или методические указания по ТО (наладке) проверяемых устройств РЗА.
- в) Технические описания и инструкции по эксплуатации (заводская документация) на проверяемые устройства РЗА. При отсутствии такой документации должны быть направлены запросы на заводы-изготовители.
- г) Паспорта устройств РЗА и оборудования (данные заводских испытаний) и бланки протоколов наладки для внесения в них результатов проверки (только при новом включении).
- д) Паспорта-протоколы (исключая новое включение).
- е) Рабочие журналы (для текущих записей и сверки результатов с результатами предыдущего ТО). Эти журналы, хотя и не являются официальным документом, но в распоряжении производителя работ являются важным средством качественного проведения ТО.
- ж) Уставки защит, выданные службой РЗА.
- з) Документы по изменению схем и уставок РЗА (письма СРЗА, циркуляры и т.п.).
- и) рабочие программы по выводу в проверку (вводу в работу) сложных устройств РЗА.

**3.1.5.** Следует подготовить испытательные устройства, измерительные приборы, инструмент, приспособления, соединительные провода и необходимые запасные части, дополнительные светильники (при не-

достаточной освещенности рабочего места). Для микропроцессорных устройств РЗА следует подготовить персональный компьютер с необходимым для данных устройств программным обеспечением.

**3.1.6.** После допуска к работе следует произвести подготовительные работы согласно пп. 2.4.6-2.4.8.

## **3.2. Внешний осмотр**

**3.2.1.** Осмотру подлежат все элементы проверяемого устройства: релейная и коммутационная аппаратура; проводка и ряды зажимов на щитах управления, в релейных залах, в распределительных устройствах, в приводах выключателей и разъединителей, в шкафах сборок зажимов; кабельные каналы и лотки, контрольные кабели, их концевые разделки и соединительные муфты, трансформаторы тока и напряжения, высокочастотное оборудование и т.д. При этом следует учитывать разграничение ответственности между службой РЗА (ЭТЛ) и службой подстанций (участком ремонта электроцеха) согласно п. 5.7.21 «Типового положения» [1].

**3.2.2.** При внешнем осмотре проверяется следующее:

- а) Выполнение требований «Правил устройства электроустановок» [7], «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» [8, пп. 5.9-5.10] и других директивных документов, относящихся к проверяемому устройству или к отдельным его узлам, а также соответствие проекту установленной аппаратуры и контрольных кабелей в пределах доступности для внешнего осмотра.
- б) Надежность крепления и правильность выполнения заземлений самой панели, ящиков, пультов с устройствами РЗА и установленной там аппаратуры.
- в) Отсутствие механических и коррозионных повреждений аппаратуры. Отсутствие следов попадания на аппаратуру воды. Оценивается внешний вид состояния изоляции выводов реле и другой аппаратуры. На шпильки реле заднего присоединения старых типов должны быть надеты изоляционные трубки, а в случае переднего присоединения под выводы реле должны быть подложены изолирующие прокладки (за исключением разъемов типа СУРА).
- г) Состояние монтажа проводов на панелях, шкафах, ящиках и т.п. Должны отсутствовать неизолированные провода и жилы

- кабеля. В местах прохода проводов через отверстия не должно быть острых углов и заусенцев.
- д) Отсутствие на смежных зажимах цепей, случайное соединение которых может вызвать отключение и включение присоединения, короткое замыкание в цепях постоянного или переменного тока.
  - е) Надежность и правильность выполнения ответвлений от шин управления и сигнализации (должна обеспечиваться возможность отсоединения и присоединения любого отходящего провода под напряжением и без нарушения разводки основной цепи).
  - ж) Соответствие марки и сечения кабелей проекту (отступление от проекта должно быть в установленном порядке согласовано с проектной организацией или соответствующей службой РЗА в порядке подчиненности).
  - з) Состояние кабелей по трассе прокладки (целостность брони или защитной оболочки и правильность их заземлений, окраска брони, очистка кабелей от джутового покрова), соответствие раскладки кабелей по трассе проекту, состояние конструкций для крепления кабелей, правильность выполнения защиты от механических повреждений, герметичность уплотнений труб, используемых для механической защиты кабелей наружной прокладки, герметичность уплотнений в местах прохождения кабелей через стены и междуэтажные перекрытия, выполнение мер противопожарной безопасности в пределах существующих зон обслуживания. Данный пункт, поскольку он может выполняться в любое удобное время, не обязательно следует совмещать с временем планового техобслуживания, поскольку это ТО может происходить, к примеру, в зимнее время. Целесообразно выполнять этот пункт при наладке или капитальном ремонте энергообъекта, с учетом разграничения ответственности между эксплуатационными подразделениями (п. 3.2.1).
  - и) Качество монтажа и подключения кабелей с алюминиевыми жилами. Изгибы алюминиевых жил кабелей должны выполняться с помощью шаблона, обеспечивающего трехкратный радиус изгиба по отношению к наружному диаметру жилы. Изгибы плоскогубцами и повторные перегибы не допускаются. Резервные алюминиевые жилы кабеля не следует скручивать в спираль. Их необходимо увязывать в жгут и закреплять за конструкцию панели (шкафа).

- к) Достаточность длины резервных жил, которая должна позволять подключение с запасом к наиболее удаленному зажиму. Концы резервных жил должны быть изолированы, и на одной из жил должна быть надпись с указанием принадлежности к кабелю. Недопустимо объединять в один жгут резервные жилы разных кабелей. Подключенные рабочие жилы кабеля должны иметь нестирающуюся маркировку с указанием схемного обозначения жилы и принадлежности к конкретному кабелю.
- л) Правильность и качество выполнения концевых разделок кабелей, исключающих проникновение влаги, вытекание мастики и кабельной массы, наличие защиты резиновой изоляции жил кабеля от разделки до сборки зажимов, а для кабелей с бумажной изоляцией замена бумажной изоляции хлорвиниловыми трубками или лентой (хлорвиниловой или тафтяной) на лаке или эпоксидной смоле, надежность защиты кабельных разделок от дождя и снега, надежность выполнения кабельной связи и подключения газовых реле.

Подводка к газовым реле должна выполняться кабелями с маслястойкой изоляцией. Подключение кабелей непосредственно к газовым реле производить через специальные коробки, которые обеспечивают необходимую герметичность.

- м) Герметичность уплотнений отверстий и крышек в шкафах, исправность замков, правильность и надежность крепления кабелей, уплотнений выводных отверстий для кабелей, наличие и соответствие проекту нагревательных элементов.
- н) Отсутствие течи масла у маслонаполненных трансформаторов тока и напряжения, отсутствие течи мастики, отсутствие трещин на выводных изоляторах вторичных обмоток, исправность и затяжка выводов, наличие маркировки.
- о) Наличие в цепях каждой группы гальванически связанных вторичных обмоток трансформаторов тока (или напряжения) одного отдельного заземления в регламентированном месте. В схемах дифференциальной защиты, использующих две и более группы трансформаторов тока, заземление должно быть только в одной точке. После отделения одной из групп трансформаторов тока от общей схемы защиты должно быть обеспечено ее независимое заземление. Неиспользуемые вторичные обмотки трансформаторов тока должны быть закорочены и заземлены.
- п) Отсутствие закорачивающих перемычек в испытательных блоках цепей напряжения и оперативных цепей, правильность

сборки перемычек в испытательных блоках токовых и других цепей, если это предусмотрено схемой. Цепи от трансформаторов тока, трансформаторов напряжения и источников оперативного напряжения должны подходить к испытательным блокам снизу. При снятой крышке блоков, установленных в токовых цепях, их цепи должны закорачиваться и оставаться заземленными со стороны трансформаторов тока.

Если суммирование тока от разных комплектов трансформаторов тока производится на измерительных клеммах рядов зажимов панели, то соединение этих клемм надо производить со стороны панели в соответствии с рис. 1.

- р) Направление перевода накладок и ключей установки режима из положений, соответствующих основному рабочему режиму, в положения, соответствующие другим режимам, всегда должно быть справа налево.
- с) Состояние и правильность выполнения заземлений конденсаторов связи и фильтров присоединения высокочастотных каналов защиты и автоматики.
- т) Наличие на панелях надписей с обслуживаемых сторон, указывающих присоединение, к которому относится панель, ее назначение и порядковый номер, а на установленной на панелях аппаратуре — наличие надписей, указывающих ее наименование и назначение в соответствии с исполнительными схемами и оперативными наименованиями элементов первичной схемы. Таблички с надписями должны устанавливаться под аппаратурой, к которой они относятся. Если конструкция или заводское исполнение панели или шкафа не позволяет выполнить указанное требование (например, на панелях каркасно-реечного типа), допускается устанавливать таблички с надписями в другом месте, но как можно ближе к правому нижнему углу аппарата, к которому табличка относится. Надписи должны быть четкими и не допускать их различного толкования.

На панелях с аппаратурой, относящейся к разным присоединениям или разным устройствам РЗА одного присоединения, должны быть четкие разграничительные линии. Эти линии могут наноситься непосредственно на панели или на дополнительно устанавливаемые полосы из картона и подобного изоляционного материала (на панелях каркасно-реечного типа).

- у) Правильность надписей на бирках и достаточность бирок, маркирующих кабели, правильность маркировки жил кабелей и проводов.

- ф) Наличие маркировок крышек испытательных блоков и разъемов, если они выполнены по специальной схеме, отличной от стандартной (например, на панелях перевода присоединений на обходной выключатель).
- х) Соответствие условий работы изделий состоянию окружающей среды. В частности, места установки панелей и шкафов устройств РЗА должны быть защищены от попадания брызг воды, масел, эмульсий, а также от прямого воздействия солнечной радиации.

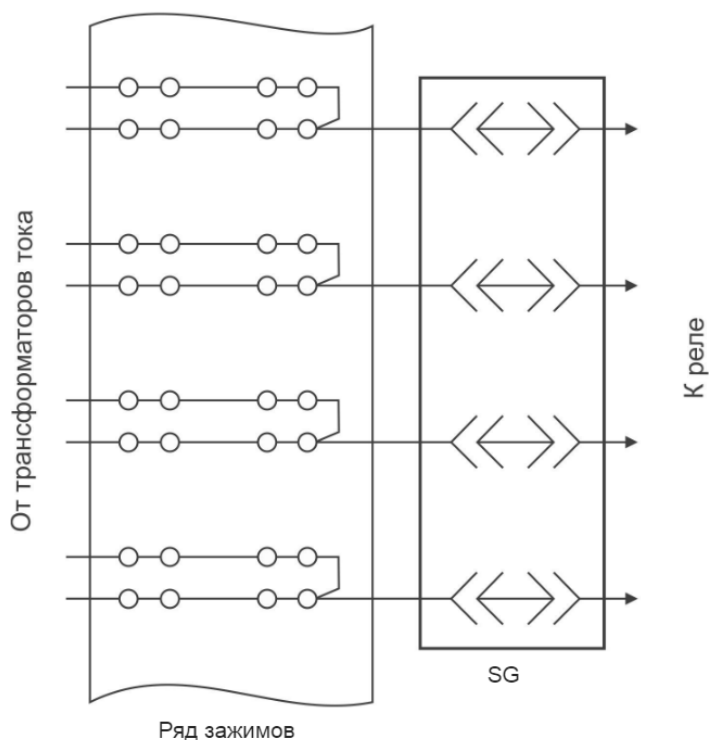


Рис. 1. Схема суммирования вторичных токов на клеммах панели

### **3.3. Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры<sup>1</sup>**

**3.3.1.** При осмотре необходимо проверить следующее.

- а) Целостность кожухов и стекол реле, комплектов и надежность их уплотнений в соответствии со степенью защиты, оговоренной в технической документации.
- б) Наличие и целостность всех деталей аппаратуры.
- в) Надежность креплений всех деталей аппаратуры. Все жестко закрепленные (или скрепленные) детали не должны иметь люфта. Крепящие винты, гайки и контргайки должны быть затянуты до отказа. Выводные контактные винты и шпильки не должны проворачиваться.
- г) Правильность установки подвижных систем, отсутствие препятствий для их перемещения в требуемых пределах при любой уставке реле, наличие и надежность упоров, наличие и надежность зазоров между вращающимися и неподвижными деталями, отсутствие искривлений осей, наличие необходимого продольного люфта и др.
- д) Целостность, правильность установки, надежность крепления противодействующих, возвратных, ведущих и других пружин; равномерность зазоров между витками спиральных пружин при любой их затяжке, возможной при изменении настройки или положения подвижной системы реле. Правильность установки безмоментных контактных подвижных соединений.
- е) Правильность установки механических передач, наличие свободного хода шестеренок и червячных пар, достаточность глубины их зацепления.
- ж) Четкость хода часовых механизмов (проверяется без их разборки, на слух), надежность и равномерность вращения их подвижных частей при работе механизма.
- з) Целостность и правильность установки подпятников и правильность заточки осей. Оценка состояния подпятников и концов осей производится по отсутствию затирааний без разборки реле. Только при наличии затирааний подпятник вывертывают и проверяют. Исправность агатовых подпятников (отсут-

---

<sup>1</sup> Приведены общие указания по осмотру и проверке механической части аппаратуры. Особенности аппаратуры и проверки ее механической части рассматриваются в специальных инструкциях или методических указаниях по отдельным типам реле и устройств. Внутренний осмотр терминалов микропроцессорных устройств не производится, если иное не указано в заводском руководстве по эксплуатации.

ствие трещин и выкрашиваний) проверяют, прощупывая кратер стальной иглой. Бронзовые подпятники и концы осей осматривают через лупу. Подпятники ни в коем случае не следует смазывать.

- и) Правильность установки тормозных постоянных магнитов, равномерность зазоров, отсутствие затираний в междуполюсном пространстве.
- к) Целостность выводов и катушек реле, резисторов, отсутствие их механических повреждений, отсутствие следов термического разрушения изоляции.
- л) Состояние и целостность изоляции соединительных проводов внутри аппаратуры. Применение в аппаратуре проводов в резиновой изоляции не допускается (резина выделяет серу, покрывающую серебряные контакты реле темным налетом).
- м) Правильность регулировки, ход, нажим и чистоту контактов.
- н) Надежность контактных соединений и паек, которые можно проверить без разборки элементов. Все винты и гайки, прикрепляющие соединительные провода к контактам, выводным зажимам и другим элементам реле, должны быть надежно закреплены. Оконцеватели проводов, установленных под разные винты, не должны касаться один другого. Оконцеватели должны быть удалены от кожухов реле. Пайка должна иметь чистую поверхность, достаточную механическую прочность и лаковое или иное покрытие, если оно предусмотрено техническими условиями на аппаратуру. Наличие антикоррозионного покрытия на выводах и контактных соединениях, установленных на открытом воздухе и в помещениях с агрессивной средой.
- о) Отсутствие грязи, пыли и посторонних предметов (металлических стружек и опилок) на деталях реле и зазорах.
- п) Состояние и правильность регулировки блок-контактов приводов выключателей, разъединителей, автоматических выключателей и другой аппаратуры (размеры люфтов, правильность регулировки рычажной передачи, надежность замыкания и размыкания контактов, их чистота), соответствие их положений принципиальной схеме, наличие незамерзающей смазки всех движущихся частей за исключением контактов.

**3.3.2.** Для аппаратуры и панелей РЗА, выполненных с применением полупроводниковых элементов, ИМС, для микропроцессорной аппаратуры дополнительно проверяется следующее.

- а) Надежность крепления направляющих планок для установки модулей и блоков в кассете, надежность крепления разъемов.



- б) Наличие свободного хода (около 2-3 мм) у пружин крепящих винтов (для розеток разъема РП14-30, обеспечивающих электрическое соединение модуля с кассетой).
- в) Качество пайки и целостность печатного монтажа. Печатный монтаж не должен иметь видимых повреждений в виде отслаивающихся проводников и заусенцев, перемычек между дорожками печатной схемы и выводами элементов, касаний крепящих винтов к дорожкам печатного монтажа, видимых нарушений металлизации монтажного отверстия и повреждения контактных площадок, нарушений лаковых покрытий.
- г) Надежность соединительных разъемов и качество пайки проводников, подходящих к разъемам, состояние контактных поверхностей. При выявлении неудовлетворительного механического состояния контактного соединения, выполненного навивом, перемонтаж можно осуществить пайкой. Выполнять навив без специальных приспособлений недопустимо ввиду ненадежности контакта.

**3.3.3.** Обнаруженные при осмотре дефекты следует устранить.

- а) Удалить пыль и грязь. Удаление пыли производится мягкой щеткой или пылесосом. Липкую грязь (лак, смазку и пр.) смывают соответствующим растворителем (спирт, спирто-бензиновая смесь). Металлические опилки или стружки из зазоров магнитов и магнитопроводов удаляют тонкой стальной пластинкой, деревянной палочкой из лиственных пород (несмолистой) или бумагой. Загрязненные подпятники прочищают заостренной деревянной несмолистой палочкой.
- б) Загрязненные или оплавленные контакты зачищают острым лезвием ножа или надфилем, промывают вышеуказанными растворителями и полируют воронилом. Применение для чистки контактов резины и абразивных материалов не допускается.
- в) Для реле прямого действия типов РТВ, РТМ, РНИ, РНВ в приводах выключателей, короткозамыкателей и отделителей присоединений на переменном оперативном токе произвести разборку, чистку и сборку механизмов электромагнитов включения и отключения. После сборки проверить четкость работы механизмов и отсутствие затираний сердечников и ударников с деталями привода и реле.
- г) Следует заменить поломанные или изношенные детали, детали крепежа (винты, гайки) с сорванной резьбой.
- д) Заменить или дополнительно заизолировать провода с поврежденной изоляцией.

- е) Произвести полную затяжку всех резьбовых соединений.
- ж) Устранить дефекты регулировки контактов.
- е) Выполнить ремонт печатных плат аппаратуры с использованием полупроводников и ИМС согласно приложению 1. Печатные платы микропроцессорных устройств ремонту не подлежат и должны заменяться исправными.

### **3.4. Проверка схемы соединений устройства РЗА**

**3.4.1.** Проверку правильности выполненной схемы и маркировки жил и проводов следует произвести осмотром и проверкой наличия цепи, в том числе «прозвонкой». Следует проверить фактическое выполнение кабельных связей, соединений между отдельными элементами в панелях, шкафах, ящиках и т.п., а также цепи связи проверяемого устройства с другими устройствами РЗА, АСУ ТП и коммутационными аппаратами. В схемах, где не имеет особого значения способ разводки монтажа отдельных цепей внутри панели, шкафа и т.п., а важно только их принципиальное исполнение, фактическое выполнение схемы может быть проверено при проверке взаимодействия элементов проверяемого устройства РЗА (п. 3.8).

**3.4.2.** Осмотр можно применять в простых наглядных схемах, например, при однослойном плоском монтаже, когда все провода и места их присоединения хорошо видны. В этом случае осмотром проверяется правильность присоединения каждого провода от одного зажима к другому по монтажной и принципиальной или развернутой принципиально-монтажной схеме. Особое внимание должно быть обращено на наличие проводов, подключенных к зажимам и не учтенных в схемах. Эти провода должны быть отключены от зажимов и изолированы или демонтированы.

**3.4.3.** Метод проверки наличия цепи следует применять при скрытом монтаже (перфорации, в жгутах и при многослойном монтаже), а также при проверке кабельных связей.

**3.4.4.** Проверку правильности внутреннего многослойного монтажа панелей, шкафов, пультов, агрегатных шкафов выключателей и т.п. заводского исполнения производить не следует за исключением случаев видимых повреждений, вызванных нарушением условий транспортировки и хранения.

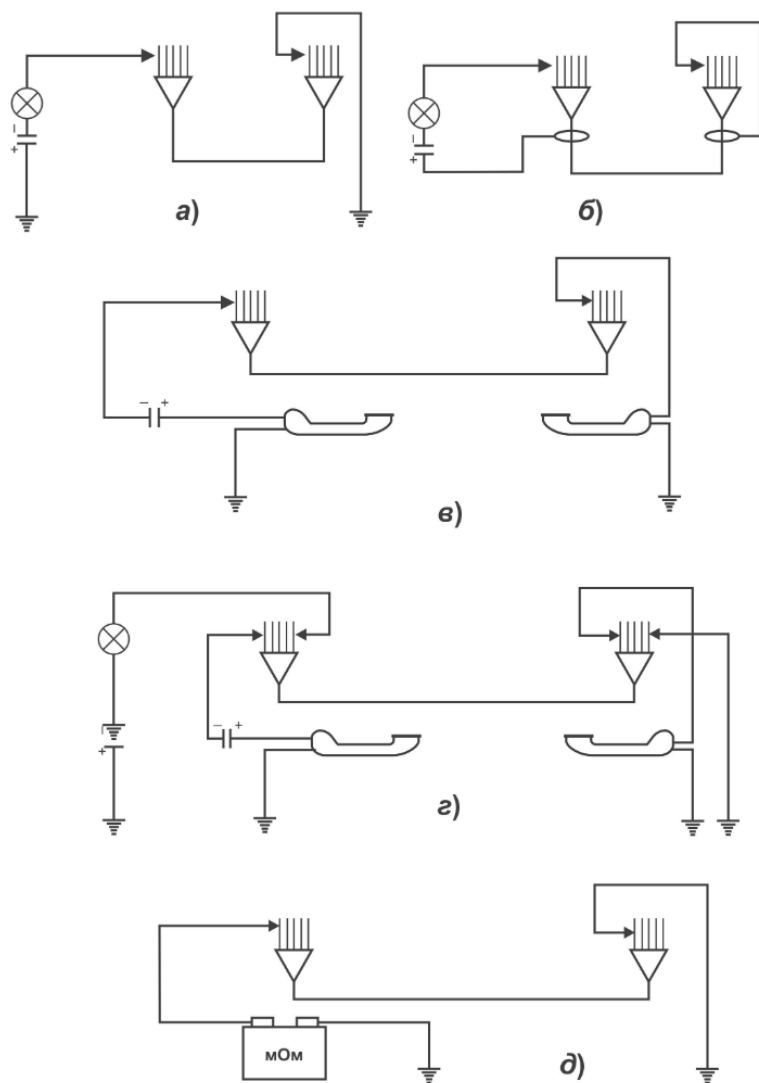
**3.4.5.** При «прозвонке» схемы на проверяемый провод подается напряжение от внешнего вспомогательного источника, присоединя-

емого между проверяемым и вспомогательным проводами по схеме, приведенной на рис. 2. На другом конце между проверяемым и вспомогательным проводами подключается любой указатель наличия тока или напряжения. Указатель дает показания при подключении к проверяемому проводу и не дает при подключении к другим проводам. В качестве источников питания следует применять: сухие батареи, аккумуляторы, понизительные трансформаторы со вторичным напряжением 6-24 В (так называемые «трансформаторы безопасности»). Использование для «прозвонки» мегаомметров напряжением до 500 В допускается в крайних случаях. Во всех случаях должны быть выполнены требования «Правил» [6, 10, 11]. Указателем может быть лампа накаливания, светодиод, вольтметр, телефонные трубки, звонок, сигнальное реле и пр. Обычно источник питания и указатель объединяются в одном устройстве, называемом пробником. Для «прозвонки» можно применять также различные омметры, например, в комбинированных приборах, а также приборы, построенные на базе различных генераторов с выходным зуммером. Вспомогательным проводом может быть земля, металлическая оболочка или другая жила проверяемого кабеля, специально проложенный временный провод.

Вместо телефонных трубок удобно использовать микротелефонные гарнитуры, которые не нужно держать в руке.

Для «прозвонки» можно использовать пробники промышленного изготовления, если они соответствуют требованиям [10, 11]. Преимуществом таких пробников является то, что они обеспечивают кроме проверки целостности электрических цепей также индикацию наличия напряжения на проверяемой цепи. При проверке схем соединений, содержащих полупроводниковые элементы и ИМС, не следует применять такие пробники, выходные уровни сигналов которых опасны для полупроводниковых элементов и ИМС. Обычно для этой цели используют омметры комбинированных приборов с соответствующими пределами.

Следует иметь в виду, что при «прозвонке» кабеля по схеме, приведенной на рис. 2, в разговор при «прозвонке» может заглушаться блуждающим током, протекающим в земле, или токами, наведенными в проверяемом проводе от силовоточных устройств. В таком случае в качестве вспомогательного провода вместо земли можно использовать ранее проверенную жилу проверяемого кабеля или жилу другого кабеля, концы которого находятся вблизи проверяемого.



**Рис. 2.** Основные схемы «прозвонки» цепей:

*а* — с использованием в качестве пробника батарейки и лампы, а в качестве обратного провода земли; *б* — то же, а в качестве обратного провода оболочки (брони) кабеля; *в* — с использованием микрофонных трубок; *г* — то же, что и на рис. *а* или *б*, и с использованием микрофонных трубок для связи; *д* — с использованием в качестве пробника мегаомметра

**3.4.6.** Рекомендуется следующий порядок «прозвонки» кабелей сложных схем:

- а) на основании монтажных и принципиальных схем использовать проектный или составить кабельный журнал по следующей форме:

Кабель \_\_\_\_\_

Номера зажимов панели	Марка жилы кабеля	Номера зажимов панели

- б) отключить заземляющие проводники, имеющиеся в схемах;
- в) отсоединить провода от схемы с обеих сторон путем разъединения мостиков измерительных зажимов, снятием крышек испытательных блоков, приведением в разомкнутое состояние контактов реле, отсоединением проводов на рядах зажимов и на выводах аппаратуры;
- г) по одной из схем, приведенных на рис. 2, проверить правильность монтажа, при этом желательно отмечать цветным карандашом проверенный провод в месте его маркировки, в кабельном журнале и в развернутой принципиально-монтажной схеме;
- д) после «прозвонки» очередной жилы целесообразно сразу подсоединить ее на место с обеих сторон.

**3.4.7.** При «прозвонке» следует обратить особое внимание на проверку соответствия проекту положения контактов реле и кнопок, а также диаграмме переключателей, согласование полярностей обмоток реле и измерительных трансформаторов, а также на согласование подключения реле с несколькими обмотками и контактов с магнитами гашения дуги к схеме оперативного тока. Кроме того, следует контролировать место подключения перемычек на ряде зажимов (со стороны подключения кабелей или со стороны подключения внутренней коммутации панели). Это обстоятельство необходимо учитывать при сборке токовых цепей и при сборке схем, в которых различные режимы устанавливаются снятием или установкой контактных мостиков на испытательных выводах.

**3.4.8.** При «прозвонке» схемы проверяется правильность маркировки проводов, кабелей, надписей под аппаратурой и соответствия этих надписей диспетчерским наименованиям первичного оборудования.

### 3.5. Проверка изоляции

**3.5.1.** Проверка изоляции включает в себя измерение сопротивления изоляции и испытание электрической прочности.

**3.5.2.** Проверку изоляции при новом включении следует производить в два этапа:

**I** этап — предварительное измерение сопротивления изоляции отдельных узлов устройств РЗА (трансформаторы тока и напряжения, приводы коммутационных аппаратов, панелей, шкафов, пультов РЗА, контрольных кабелей и т.д.);

**II** этап — измерение и испытание электрической прочности изоляции устройств в полностью собранной схеме.

При техобслуживании действующих устройств РЗА первый этап может не выполняться, если результаты измерений в полной схеме удовлетворяют нормам. Второй этап целесообразно выполнять после предварительной проверки временных характеристик (п. 3.6.1).

Измерение сопротивления изоляции следует производить:

- а) относительно земли (корпуса);
- б) между отдельными электрически не связанными между собой группами цепей, в частности, между группами цепей тока, цепей напряжения, оперативных цепей, цепей сигнализации и др.;
- в) между жилами контрольных кабелей тех цепей, где имеется повышенная вероятность замыкания между жилами с серьезными последствиями; к таким цепям относятся: токовые цепи отдельных фаз, где имеется реле или устройства с двумя и более первичными обмотками (реле КРС, КРБ, РТФ и др.), токовые цепи трансформаторов тока с номинальным значением тока 1А, цепи газовой защиты, цепи конденсаторов, используемых как источник оперативного напряжения и т.п.;
- г) между верхними и нижними выводами испытательных блоков при снятых крышках и отсоединенной на панели земле в этих цепях в тех случаях, когда внутри блоков устанавливаются закорачивающие перемычки.

**3.5.3.** Для проверки изоляции нужно провести следующие подготовительные работы.

- а) Проверить, что проверяемые цепи полностью отсоединены от действующих цепей. Для этого необходимо отключить автоматические выключатели или предохранители в цепях оперативного напряжения, сигнализации, вторичных обмоток трансформатора напряжения (во избежание обратной трансформации напряжений на высокую сторону). Цепи, не имеющие автоматических выключателей или предохранителей, необходимо отсоединить от общих шинок.
- б) Тщательно очистить всю проверяемую аппаратуру, кабельные разделки, ряды зажимов от пыли, грязи, ржавчины, влаги и т.п.

- в) Отключить от схемы все заземляющие проводники.
- г) Исклучить из проверяемой схемы все аппараты, изоляция которых проверяется более низкими уровнями напряжений. Для этого надо снять с панелей магнитоэлектрические, поляризованные реле, платы полупроводниковых нуль-индикаторов, закоротить выводы конденсаторов, диодов, стабилитронов, неоновых и электронных ламп, цепей выходных напряжений блоков питания полупроводниковых устройств РЗА, входных выводов промежуточных реле РП18, если они не закорачиваются обмотками других реле, резисторами или перемычками, установленными на выводах для проверки изоляции. От испытуемой схемы отсоединяются также терминалы микропроцессорных защит.
- д) В пределах испытуемой схемы установить в рабочее положение переключатели, накладки, рабочие крышки испытательных блоков, кожухи аппаратуры.
- е) Для панелей, выполненных на полупроводниковой элементной базе, установить в рабочее положение задние крышки кассет, переключатели защит и автоматические выключатели блоков питания, отсоединить от корпуса панели шинки питания, переключатели контроля изоляции блоков питания установить в отключенное положение (для устройств с блоками питания БП-180).
- ж) Цепи, входящие в состав проверяемой схемы и отделенные от нее контактами реле или другой коммутационной аппаратурой, соединить с ней установкой в соответствующее положение ключей, накладок, контактов реле и т.п. или присоединить их к проверяемой схеме временными перемычками.
- з) На рядах зажимов устройства РЗА целесообразно собрать все цепи, электрически связанные между собой в отдельные группы, объединив выводы с помощью гибкого неизолированного провода или иным способом, например, специально изготовленными перемычками с учетом конструктивных особенностей зажимов. Такими группами являются, например, токовые цепи проверяемой защиты, цепи напряжения, оперативные цепи и т.д. Оперативные цепи и цепи сигнализации, подключаемые к разным автоматическим выключателям или предохранителям, относят к разным группам.

При наличии на устройстве цепей, питающихся от двух аккумуляторных батарей, эти цепи должны быть объединены в разные группы. В случаях, когда в схемах имеются реле или измерительные приборы с обмотками, расположенными на общем каркасе (ваттметры, счетчики

и т.п.), следует эти обмотки выделить из схемы, соединить одну с другой и подключить к одной из испытываемых групп цепей.

**3.5.4.** Процесс измерения сопротивления изоляции регламентируется нормативными документами [3, 4, 7, 8, 14] и настоящей Инструкцией в соответствии с п. 1.14 [14]. В случае расхождений между этими документами следует пользоваться документом с более поздней датой выпуска. При этом нормируются напряжения, используемые для измерения сопротивления изоляции, и минимально допустимые значения сопротивления изоляции. Методика измерения и выявления мест с ослабленной изоляцией рассматривается в настоящем пункте.

**3.5.4.1.** Напряжение, используемое для измерения сопротивления изоляции, зависит от рабочего напряжения испытываемых цепей. Измерение сопротивления изоляции цепей с рабочим напряжением выше 60 В следует производить мегаомметром с номинальным напряжением, указанным в табл. 1.

При проверке изоляции между фазами в токовых цепях, где имеются двухобмоточные реле с обмотками, включенными в разные фазы, необходимо учитывать, что они имеют пониженную электрическую прочность изоляции между обмотками (особенно, если они выполнены одновременной намоткой на общий каркас, и, следовательно, их провода касаются один другого). Эту проверку следует производить с помощью мегаомметра с номинальным напряжением 500 В.

Измерение сопротивления изоляции цепей с рабочим напряжением 60 В и ниже следует производить мегаомметром с номинальным напряжением 500 В.

Измерение сопротивления изоляции цепей устройств РЗА на микроэлектронной и микропроцессорной базе с рабочим напряжением 24 В и ниже следует производить в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

**3.5.4.2.** Значение сопротивления изоляции относительно земли и между электрически не связанными цепями должно быть не менее значений, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Испытуемый элемент	Напряжение мегаомметра, В	Наименьшее допустимое значение сопротивления изоляции, МОм
1. Шины постоянного тока на щитах управления и в распределительных устройствах (при отсоединенных цепях)	1000-2500	10



Окончание таблицы 1.

2. Вторичные цепи каждого присоединения и цепи питания приводов выключателей и разъединителей <sup>1</sup>	1000	1
3. Цепи управления, защиты, автоматики и измерений, а также цепи возбуждения машин постоянного тока, присоединенные к силовым цепям	1000	1
4. Токовые цепи с многообмоточными реле, включенными в разные фазы токовых цепей	500	1
5. Вторичные цепи и элементы при питании от отдельного источника или через разделительный трансформатор, рассчитанные на рабочее напряжение 60 В и ниже <sup>2</sup>	500	0,5
6. Вторичные цепи микропроцессорных и микроэлектронных устройств на рабочее напряжение 24 В и ниже	По рекомендациям завода-изготовителя	

<sup>1</sup> Измерение производится со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, контакторы, пускатели, автоматические выключатели, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т.п.).

<sup>2</sup> Должны быть приняты меры для предотвращения повреждения устройств, в особенности, микроэлектронных и полупроводниковых элементов

**3.5.4.3.** Для оценки состояния изоляции отдельных элементов схемы можно ориентироваться на средние опытные значения сопротивления изоляции, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Наименование	Ориентировочное значение сопротивления исправной изоляции относительно «земли», МОм
1. Отдельные панели устройства РЗА с отключенными контрольными кабелями	50-100
2. Вторичные обмотки встроенных трансформаторов тока	10-20
3. Вторичные обмотки трансформаторов напряжения и выносных трансформаторов тока	50-100
4. Обмотки электромагнитов управления	15-25
5. Контрольный кабель длиной до 300 м	20-25

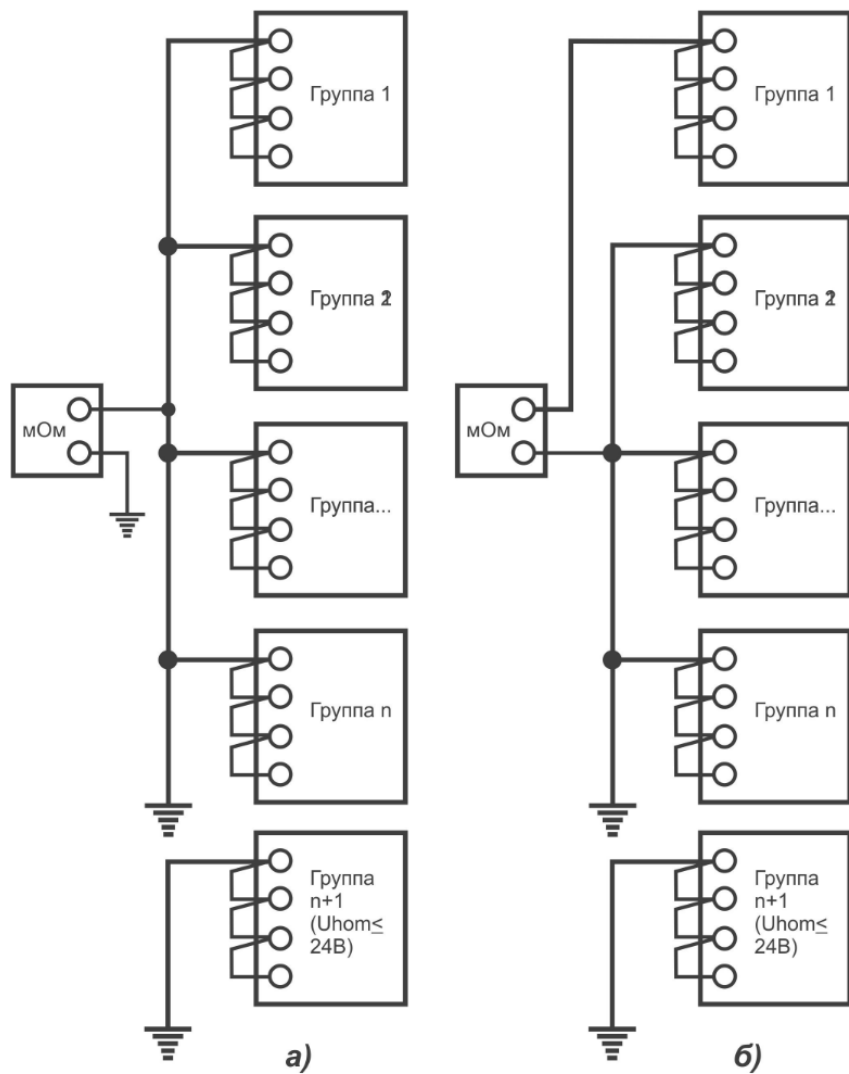
**3.5.4.4.** Измерение сопротивления изоляции следует производить в следующем порядке:

- а) соединить все группы цепей, проверяемые мегаомметрами с одним и тем же номинальным напряжением, между собой с помощью вспомогательной шинки (удобно выполнить из гибкого оголенного проводника), измерить сопротивление изоляции относительно земли (рис. 3, а);
- б) заземлить вспомогательную шинку и, поочередно отключая от нее каждую группу, измерить сопротивление изоляции этой группы относительно всех остальных групп, объединенных между собой и заземленных (рис. 3, б). При этом группа (группы) цепей, для которой предусмотрена проверка мегаомметром с меньшим номинальным напряжением (группа  $n + 1$  на рис. 3, б), должна быть заземлена и отключена от вспомогательной шинки.

**3.5.4.5.** Для панелей, выполненных на базе полупроводниковых элементов и ИМС, измерение сопротивления изоляции следует производить сначала при вынутых из кассет модулях или блоках, а затем при вставленных. Вращение ручки мегаомметра с ручным приводом следует начинать медленно, постепенно доводя до номинальных оборотов. При бросках стрелки мегаомметра в направлении нулевого значения шкалы вращение ручки мегаомметра прекратить во избежание повреждения полупроводниковых элементов. При использовании электронного мегаомметра измерение сопротивления изоляции необходимо производить, переходя с помощью переключателя выходных напряжений мегаомметра от меньших значений испытательного напряжения к большему.

**3.5.4.5.** Для панелей, выполненных на базе полупроводниковых элементов и ИМС, измерение сопротивления изоляции следует производить сначала при вынутых из кассет модулях или блоках, а затем при вставленных. Вращение ручки мегаомметра с ручным приводом следует начинать медленно, постепенно доводя до номинальных оборотов. При бросках стрелки мегаомметра в направлении нулевого значения шкалы вращение ручки мегаомметра прекратить во избежание повреждения полупроводниковых элементов. При использовании электронного мегаомметра измерение сопротивления изоляции необходимо производить, переходя с помощью переключателя выходных напряжений мегаомметра от меньших значений испытательного напряжения к большему.

**3.5.4.6.** В случае пониженного значения сопротивления изоляции необходимо:



**Рис. 3.** Схема измерения сопротивления изоляции:  
 а — всех групп относительно земли (корпуса);  
 б — выделенной группы относительно других групп и земли

- а) выяснить место и причину ухудшения изоляции (дефекты конструкции, неправильный монтаж или случайные местные дефекты, грязь, сырость, порча изоляции и пр.). Для этого следует разделить схему на участки и выделить те из них, которые имеют пониженное значение сопротивления изоляции. Затем, разделяя эти участки на более мелкие: отдельные обмотки, провода и детали и, проверяя сопротивление изоляции каждого из них, определить дефектный элемент;
- б) устранить причины, вызвавшие ухудшение изоляции, затем повторить измерение.

**3.5.5.** Следует произвести испытание электрической прочности изоляции всех объединенных в группы цепей (п. 3.5.4.4, за исключением цепей с номинальным напряжением до 60 В) устройств РЗА подвергшихся реконструкции, ремонту или вновь смонтированных, напряжением 1000 В синусоидального переменного тока частоты 50 Гц в течение 1 мин относительно земли. Такое же испытание следует произвести при первом профилактическом контроле.

**3.5.5.1.** Испытание электрической прочности изоляции производят с помощью специальных испытательных установок, изготавливаемых различными фирмами. При отсутствии испытательных установок испытания могут проводиться по схеме, приведенной на рис. 4. В схеме в качестве повышающего трансформатора Т может быть использован трансформатор НОМ-3, НОМ-6 или любой другой трансформатор мощностью 200-300 В. А с коэффициентом трансформации 100-200/1000-6000 В. Для плавного регулирования напряжения используется автотрансформатор АТ типа ЛАТР или комплектное устройство достаточной мощности.

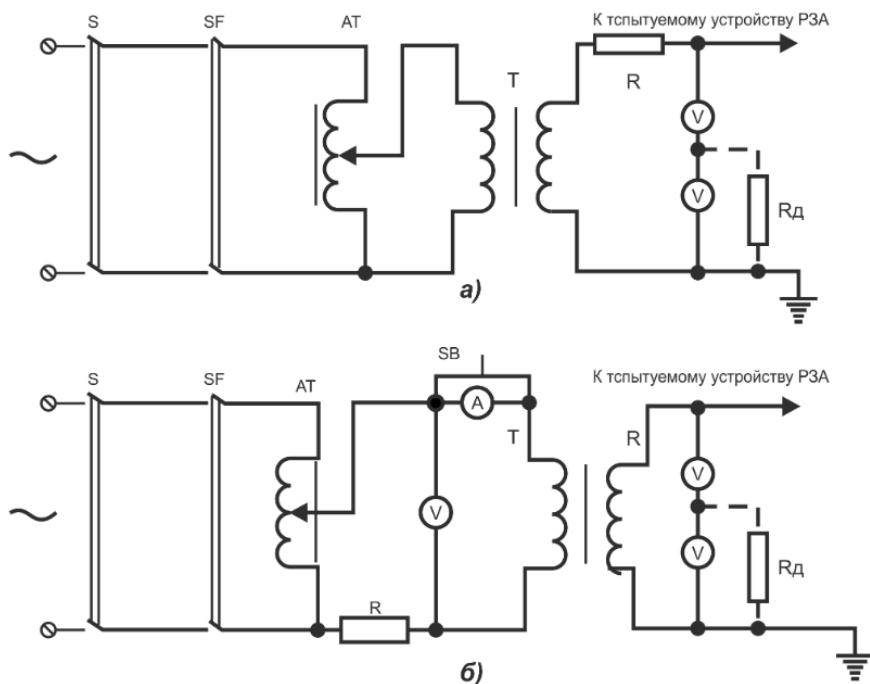
Резистор R служит для ограничения тока при пробое изоляции. В схеме на рис. 4, а устанавливается резистор сопротивлением 1000 Ом, а в схеме на рис. 4, б сопротивление резистора R (Ом) подсчитывается по формуле:

$$R = \frac{100}{n_{\text{ТН}}^2} \quad (1)$$

где  $n_{\text{ТН}}$  — коэффициент трансформации повышающего трансформатора Т.

Измерение напряжения следует производить на стороне высшего напряжения повышающего трансформатора Т с помощью киловольтметра, двух одинаковых последовательно включенных вольтметров V или вольтметра с добавочным сопротивлением  $R_d$ . Допускается производить измерение на стороне низкого напряжения повышающего транс-

форматора при условии, что при испытании ток в обмотке низкого напряжения, измеряемый амперметром А, не превышает тока холостого хода повышающего трансформатора.



**Рис. 4.** Схема испытания электрической прочности изоляции:

*а — при измерении испытательного напряжения с высокой стороны повышающего трансформатора; б — то же с низкой стороны повышающего трансформатора*

### 3.5.5.2. Перед производством испытаний следует:

- а) выполнить все мероприятия, предусмотренные «Правилами» [6] при производстве высоковольтных испытаний (п. 5.1), в том числе убедиться в отсутствии напряжения в испытываемой схеме, оградить схему от возможного прикосновения, вывесить необходимые плакаты, удалить людей из зоны проведения испытаний, тщательно проверить схему для исключения попадания испытательного напряжения в другие схемы и т.д.;

- б) соединить группы цепей для испытаний. Разветвленные цепи допускается испытывать по отдельным участкам для исключения перегрузок испытательной установки. Например, сложные цепи, связывающие несколько присоединений — схемы дифференциальной защиты шин, синхронизации, АВР, цепи напряжения и сложных блокировок, — испытывать отдельными участками для каждого присоединения;
- в) произвести непосредственно перед испытаниями измерение сопротивления изоляции относительно земли мегаомметром.

**3.5.5.3.** После присоединения к испытываемым цепям испытательной установки подать напряжение питания и произвести плавный подъем напряжения до 500 В.

Осмотреть с соблюдением правил техники безопасности всю испытываемую схему. В случае, если не замечено искрения или пробоя, и испытательное напряжение не изменяется, увеличить напряжение до 1000 В, которое подавать в течение 1 мин, после чего напряжение плавно снизить до нуля и отключить питание от испытательной установки.

Испытательную схему замкнуть на землю для снятия остаточного заряда.

**3.5.5.4.** После окончания испытаний повторно измерить сопротивление изоляции мегаомметром.

**3.5.5.5.** Изоляция устройства РЗА считается выдержавшей испытание на электрическую прочность, если во время испытания не произошло пробоя изоляции, перекрытия поверхности изоляции или резкого снижения показаний вольтметра испытательной установки, и значение сопротивления изоляции, измеренное до и после испытаний, существенно не изменилось.

**3.5.5.6.** Если устройства РЗА и вспомогательные цепи не выдержали испытания напряжением 1000 В, то после обнаружения места повреждения и устранения неисправности испытание следует повторить.

**3.5.5.7.** При профилактическом восстановлении допускается проводить испытание электрической прочности изоляции относительно земли мегаомметром с номинальным напряжением 2500 В вместо испытания напряжением 1000 В переменного тока. Такая замена недопустима для устройств РЗА, содержащих полупроводниковые элементы и ИМС. Испытание мегаомметром проводится при тех же условиях, что и испытание напряжением 1000 В переменного тока.

**3.5.5.8.** После проведения испытания изоляции необходимо восстановить схему электрических соединений устройств РЗА и вспомогательных цепей.

### **3.6. Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА**

**3.6.1.** Проверка электрических и временных характеристик устройств РЗА производится при техническом обслуживании (ТО) в объемах, определенных [3, 4]. При плановом ТО действующего устройства РЗА до выполнения внутреннего осмотра, механической ревизии и проверки изоляции следует выполнить предварительную проверку временных характеристик устройства в полной схеме (п. 3.9). Этим проверяется работоспособность устройства, выявляются дефекты, возникшие за время, прошедшее с момента предшествовавшего ТО, и элементы устройства, на которые проверяющему персоналу следует обратить первоочередное внимание. В противном случае, обнаружение дефектов при проверке временных характеристик только в конце ТО не дает ответа на вопрос, возникли ли эти дефекты ранее, или они внесены при данном ТО. Удобнее всего выполнять такую предварительную проверку с помощью испытательных устройств, обеспечивающих автоматическую проверку устройств РЗА по специальным программам, например, типа РЕТОМ-51 (приложения 3, 4).

Конкретные перечни параметров и характеристик отдельных типов реле и устройств РЗА, а также условия их проверки определены инструкциями и методическими указаниями по техническому обслуживанию, разработанными для соответствующих типов реле и устройств РЗА. Перечень этих материалов также изложен в [3, 4]. Устройства РЗА, в частности, микропроцессорные, для которых отсутствуют соответствующие методические материалы, проверяются в соответствии с указаниями фирм-изготовителей.

Программы, инструкции и методические указания по техническому обслуживанию должны в установленном порядке периодически пересматриваться с учетом опыта эксплуатации в целях повышения эффективности проверок устройств РЗА с одной стороны, и облегчения труда обслуживающего персонала, сокращения времени на обслуживание и снижения вероятного количества ошибок, с другой стороны.

Методические указания по проверке сложных устройств РЗА должны допускать возможность автоматической проверки соответствия параметров устройства заданным уставкам в пределах заданных допустимых отклонений. При этом оценка точности должна производиться автоматически по факту фиксации попадания контролируемого параметра (уставки) в заданную область допустимого отклонения (погрешности).

Приведенные ниже общие указания по проверке электрических и временных характеристик реле и устройств РЗА являются основой, определяющей подход к этим проверкам, и предназначены для руководства при составлении или пересмотре методических указаний и инструкций на отдельные виды и типы реле и устройств РЗА.

Указания по проверке электрических и временных характеристик элементов приводов коммутационных аппаратов приведены в п. 3.7.

**3.6.2.** Проверку устройства РЗА или отдельных элементов можно производить на месте установки или в другом приспособленном для этой цели помещении. При проверке и настройке в другом помещении после возвращения устройства РЗА или отдельных элементов на место установки необходимо проверить контрольные точки их характеристик и работу этих устройств РЗА в полной схеме.

**3.6.3.** При проверках устройств РЗА питание испытательных устройств должно производиться, как правило, не от рабочих, а от посторонних источников постоянного и переменного напряжения через специальные щитки, обеспеченные защитой, чувствительной к коротким замыканиям в схеме испытаний, кроме проверок по п. 3.12.

**3.6.4.** Для экономии времени и сокращения возможных ошибок проверку устройств РЗА следует производить с помощью комплектных испытательных устройств (переносных, передвижных или стационарных, а также встроенных в устройства РЗА).

Испытательные устройства должны обеспечивать возможность регулирования и измерения тока, напряжения и угла сдвига между ними в нужных пределах и быстрый переход (с помощью специальных переключателей) от одних испытательных схем к другим и от проверки реле на одних фазах к проверке их на других, а также измерение временных характеристик устройств РЗА.

В качестве испытательных устройств целесообразно применять ранее выпускавшиеся устройства У5053, ЭУ 5001, или другие устройства, удовлетворяющие вышеуказанным требованиям, например, РЕТОМ-51, РЕТОМ-11 НПП «Динамика», Уран 1, 2 НПФ «Радиус». Рекомендации по выбору измерительных приборов для проверки устройств РЗА приведены в приложении 2.

Методические указания по автоматической проверке сложных устройств РЗА с помощью устройств типа РЕТОМ-51 и аналогичных ему должны допускать возможность проверки измерительных органов и логической схемы (алгоритма) устройства со стороны входных зажимов во всех, предусмотренных схемой, режимах его функционирования. Проверка должна производиться путем подачи/снятия определенных последовательностей сигналов переменного тока и напряжения, а



также внешних логических сигналов, на ряды зажимов устройства при значениях оперативного напряжения, равных номинальному и 0,8 и 1,1 номинального.

При проверке устройств РЗА с большим входным сопротивлением токовых цепей (например, электромеханических устройств) и недостаточным значением выходного напряжения в канале тока испытательного устройства допускается подключение канала тока этого устройства непосредственно к проверяемому аппарату.

Для быстрой и качественной регулировки отдельных электромеханических реле и всего устройства РЗА в целом рекомендуется применять специальные наборы инструментов. Аналогично, для быстрого и качественного задания функций микропроцессорных устройств РЗА рекомендуется применять переносные компьютеры и программы задания уставок, поставляемые фирмами комплектно с устройствами РЗА.

Все испытательные устройства должны быть укомплектованы набором соединительных проводов для их подключения к источнику питания, проверяемому устройству РЗА и измерительным приборам. Все провода должны иметь маркировку с обоих концов и подобранные по размерам и форме наконечники к выходным зажимам испытательного и проверяемого устройства. Провода должны иметь хорошую изоляцию и защиту от механических повреждений. Для уменьшения влияния магнитных полей, создаваемых током соединительных проводов, облегчения сборки схемы и уменьшения загроможденности рабочего места рекомендуется свивать соединительные провода в шнуры. В частности, для питания цепей тока и напряжения проверяемого устройства рекомендуются четырехжильные шнуры, для включения секундомера — двух- и трехжильные и т.д. Для питания цепей переменного и постоянного напряжения достаточно применять сечения проводов 1-1,5 мм<sup>2</sup> в основном по условиям механической прочности. По условиям нагрева для токовых цепей рекомендуется применять провода сечением не менее 2,5-4 мм<sup>2</sup>, а для соединения устройства с источником питания — 4-6 мм<sup>2</sup>. Для всех соединительных проводов рекомендуются гибкие многожильные провода с резиновой или хлорвиниловой изоляцией, а для цепей питания — шланговые провода с резиновой изоляцией. Должна иметься возможность подключения соединительных проводов к устройству РЗА под винт, чтобы избежать соскакивания проводов в процессе испытаний с возможностью повреждения аппаратуры, неправильных действий РЗА и т.п.

**3.6.5.** При проверке и настройке электрических характеристик аппаратуры в схеме устройства РЗА ток и напряжение от испытательных устройств должны, как правило, подводиться к входным за-

жимам панели, по крайней мере, при новом включении. В этом случае учитывается наличие в цепях устройства различных вспомогательных аппаратов, влияющих на его характеристики, и обеспечивается одновременно проверка правильности монтажа устройства РЗА и взаимодействие реле в схеме.

Поскольку при плановом ТО возможна подача тока и напряжения от испытательных устройств через контрольные штекеры испытательных блоков, при новом включении должна быть проверена правильность монтажа цепей от ряда зажимов панели до испытательных блоков.

После присоединения устройства РЗА к действующим цепям подключение проверочной аппаратуры при проведении планового ТО может осуществляться с помощью контрольных штекеров испытательных блоков. Это целесообразно во избежание случайного попадания напряжения от проверочной аппаратуры в цепи трансформаторов тока, напряжения, оперативного напряжения и т.п. При этом все контактные шпильки контрольных штекеров, находящихся под рабочим напряжением, должны быть изолированы, а необходимые перемычки на штекерах выполняться изолированным проводом.

**3.6.6.** Проверку электрических характеристик аппаратов, параметры которых зависят от формы кривой тока, например, некоторых индукционных реле с зависимой характеристикой, реле с насыщающимися трансформаторами, быстродействующих полупроводниковых реле и др., следует производить по схемам, обеспечивающим синусоидальность тока, подаваемого на реле защиты. Синусоидальность тока может быть обеспечена, например, питанием проверочных устройств от линейных напряжений, от понижающих трансформаторов достаточной мощности, включением активных сопротивлений в цепь регулируемого тока и т.п.

При настройке или проверке электрических характеристик аппаратов, реагирующих на угол между векторами напряжения и тока или между векторами двух токов (напряжений), необходимо учитывать возможность появления вносимых испытательными установками дополнительных углов сдвига между измеряемыми и подаваемыми в проверяемый аппарат величинами. Следует, по возможности, исключить эти углы сдвига или учесть их при проверке.

**3.6.7.** Параметры срабатывания реле или измерительного органа зависят от способа подачи сигнала на его вход: плавно или толчком, так как в состав реле и датчиков сигнала входят реактивные элементы. При коротких замыканиях в энергосистеме все электрические величины на входе защиты меняются именно толчком, в отличие от режима перегрузки, где они изменяются плавно. При разработке устройств РЗА

обычно в числе технических требований указывается допустимая динамическая погрешность уставки реле, то есть допустимый процент отклонения уставки, измеренной при плавном изменении входной величины и при ступенчатом изменении (подаче ее толчком). В определенных случаях для быстродействующих реле эта погрешность должна учитываться при расчете уставок защит, если уставка при проверке определялась плавным изменением входной величины.

При плавном нарастании тока или напряжения легче обнаружить различные неисправности деталей электромеханических реле и ошибки в регулировке. Поэтому определение электрических параметров срабатывания и возврата всех реле следует производить, как правило, при плавном изменении электрических величин, на которые реагируют реле, если в инструкции или в указаниях завода-изготовителя по проверке данного реле нет других указаний. Испытательные устройства, обеспечивающие автоматическую проверку характеристик устройств РЗА, должны использовать в основном физически правильный динамический метод проверки уставок реле — при подаче входного воздействия толчком. Однако испытательные устройства автоматической проверки должны позволять также в необходимых случаях определять электрические параметры срабатывания и возврата реле при плавном изменении входной электрической величины или при ступенчатом изменении с достаточной степенью дискретности.

**3.6.8.** При проверке необходимо учитывать термическую стойкость устройств РЗА, проявляя особую осторожность при подведении к проверяемому устройству токов или напряжений, превышающих длительно допустимые значения. В этом случае необходимо подавать ток (напряжение) кратковременно или исключать из схемы термически неустойчивые элементы.

**3.6.9.** Времена срабатывания и возврата устройств РЗА, в том числе, промежуточных реле и реле времени в электромеханических устройствах определяются при номинальном значении оперативного напряжения на выводах панели. Если временные параметры промежуточных реле определяют селективность работы устройств РЗА, то они должны также проверяться и при изменении оперативного напряжения в диапазоне от 80 до 110% номинального значения.

Временные параметры аппаратов, используемых в измерительных органах устройств РЗА, определяются при определенных кратностях по отношению к параметру срабатывания (возврата), указанных в технических данных на это устройство.

**3.6.10.** На устройствах РЗА должны быть выставлены уставки, заданные соответствующей службой РЗА в письменном виде. Устав-

ки, если специально не оговорено, задаются в первичных величинах. Эти уставки должны быть пересчитаны во вторичные величины с учетом коэффициентов трансформации трансформаторов тока, напряжения и схемы включения реле по следующим формулам:

$$I_2 = \frac{I_1}{K_{\text{ТТ}}} K_{\text{схI}}; \quad U_2 = \frac{U_1}{K_{\text{ТН}}} K_{\text{схU}} \quad (2)$$

$$Z_2 = \frac{Z_1 K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}}; \quad S_2 = \frac{U_1}{K_{\text{ТТ}} K_{\text{ТН}}} K_{\text{схU}} \quad (3)$$

где  $I_1, U_1, Z_1, S_1$  — первичные значения тока (А), напряжения (В), сопротивления (Ом) и мощности (ВА);

$I_2, U_2, Z_2, S_2$  — вторичные значения тока (А), напряжения (В), сопротивления (Ом) и мощности (ВА);

$K_{\text{схI}}$  — коэффициент схемы, учитывающий схему соединений вторичных обмоток трансформаторов тока, равный отношению значения тока, протекающего в устройстве РЗА в симметричном режиме, к значению тока во вторичной обмотке трансформатора тока;

$K_{\text{схU}}$  — коэффициент схемы, учитывающий соответствие между фазными и линейными значениями напряжения, задаваемыми в уставках, и схемой включения реле во вторичных цепях;

$K_{\text{схS}}$  — коэффициент схемы, учитывающий соответствие между мощностью (однофазной и трехфазной), заданной в уставках и схемой подключения устройства ко вторичным цепям;

$K_{\text{ТТ}}, K_{\text{ТН}}$  — коэффициенты трансформации трансформатора тока и трансформатора напряжения.

Желательно в целях уменьшения вероятности ошибок при настройке устройства указывать в уставках, задаваемых службой РЗА, также их вторичные (пересчитанные) значения. Это особенно важно, например, в случаях, когда коэффициенты схемы не равны единице, или когда дистанционная защита трансформатора подключена к трансформаторам тока со стороны обмотки высокого напряжения, а трансформаторы напряжения, питающие дистанционную защиту, подключаются к обмотке низкого напряжения силового трансформатора.

**3.6.11.** Промежуточные реле и реле времени электромеханических устройств РЗА допускается проверять отдельно от общей схемы, отключая от нее обмотки реле или снимая сами реле с панели, если в схеме не предусмотрены токоограничивающие резисторы, конденсаторы, диоды, резисторы, шунтирующие обмотки реле и другие элементы, влияющие на работу реле. При наличии таких элементов необходимо реле проверять в полной схеме. При этом следует учи-

тивать такие факторы, как длительность подачи напряжения в схему до начала измерения (для того, чтобы успели полностью зарядиться конденсаторы, участвующие в работе схемы), так и возможные изменения в цепях, шунтирующих обмотку испытуемого реле в процессе измерения, например, возможные колебания оперативного напряжения от испытательных устройств.

В случае если проверка аппаратуры производилась со снятием с панели (шкафа, ящика, пульта и т.п.) и отключением проводов внешней коммутации, после окончания проверки и подсоединения аппарата должна быть проверена его схема соединений одним из способов, указанных в п. 3.4.

**3.6.12.** Регулировку и настройку уставок аппаратуры необходимо выполнять с учетом следующих условий:

- а) Для выходных быстродействующих реле постоянного тока (или реле воздействующих на выходные), ложное срабатывание которых может привести к действию коммутационных аппаратов или устройств противоаварийной автоматики, необходимо устанавливать напряжение срабатывания реле равным 60-65% номинального значения оперативного напряжения.
- б) Проверка шкалы уставок электромеханических реле должна производиться с учетом имеющихся разбросов параметров реле в связи с зависимостью времени срабатывания от фазы включения тока или напряжения. Поэтому уставка должна определяться как среднее арифметическое значение из трех измерений на одной точке шкалы для электромеханических реле и среднего из десяти измерений для быстродействующих полупроводниковых реле. В последнем случае может быть использовано устройство включения в заданную фазу. При этом можно также ограничиться тремя измерениями.
- в) Электромеханические токовые реле, реле напряжения, времени, сопротивления, мощности, а также пусковые и блокирующие устройства следует проверять только на рабочей уставке, а также на тех делениях шкалы, где уставки изменяются оперативным персоналом.
- г) Электромеханические промежуточные реле, реле тока и напряжения, имеющие несколько обмоток, включенных в разные цепи, должны проверяться при подаче тока или напряжения поочередно в каждую из обмоток. Кроме того, должна быть проверена полярность включения обмоток.
- д) Настройка уставки реле сопротивления должна производиться при заданных углах и токах настройки в соответствии с ме-

тодическими указаниями по техобслуживанию дистанционных защит.

- е) Настройка уставок микропроцессорных защит выполняется путем задания их через дисплей устройства или по специальной программе задания уставок через подключенный компьютер. После ввода требуемых значений производится их проверка подачей соответствующих величин от испытательного устройства. При отсутствии промежуточных контрольных точек и наличии только выходных и сигнальных реле следует использовать выделение одного из этих реле (которое можно перепрограммировать) для проверки различных внутренних функций устройств.

**3.6.13.** При выполнении работ в устройствах с микроэлектронной элементной базой модульной или блочной конструкции следует дополнительно соблюдать следующие меры предосторожности:

- а) при необходимости работы с модулем вне панели заземлить шасси модуля;
- б) запрещается при протекании через устройство РЗА рабочего тока вынимать модули, содержащие токовые элементы и цепи, при вставленных рабочих крышках испытательных блоков в токовых цепях, поскольку самозакорачивающиеся токовые штекерные разъемы не всегда обеспечивают надежное закорачивание цепей при вынутом модуле (блоке);
- в) во избежание повреждений микросхем модули и блоки вынимать из кассет и вставлять их в кассеты следует только при отключенном блоке питания.

**3.6.14.** В уставках на устройства РЗА следует, как правило, указывать полное время работы устройства РЗА или его отдельных ступеней. В случае, когда указанное в уставках время действия ступени или устройства РЗА должно быть выставлено непосредственно на элементе задержки, это должно быть специально оговорено. В полное время работы устройства РЗА входит время от момента приложения воздействующей величины на вход устройства РЗА до момента замыкания контактов выходных реле, воздействующих на отключение (включение) коммутационных аппаратов или на другие устройства РЗА.

Поэтому запускать секундомер следует одновременно с подачей аварийных параметров тока, напряжения или дискретного сигнала на вход устройства РЗА, а останавливать от контакта выходного реле схемы. Регулируя при этом время действия элементов задержки, реле времени или промежуточных реле (имеющих такую регулировку), добиваются, чтобы полное время работы устройства РЗА было равно заданному.

Учитывая вышеизложенное, целесообразно проверку времени действия устройств РЗА совмещать с проверкой временных характеристик устройств РЗА (п. 3.9).

Время срабатывания или возврата отдельных элементов в сложных защитах, в том числе на ИМС, измеряется с помощью выносных или встроенных приспособлений и выносного или встроенного в испытательное устройство секундомера.

Для таких схем измерение времени действия отдельных элементов устройств РЗА можно производить с помощью дополнительного быстродействующего (герконового) реле, включаемого на выход схемы. При этом следует проверять допустимость дополнительной нагрузки на бесконтактном выходе схемы и при недопустимости этой нагрузки включать герконовые реле через полупроводниковый повторитель.

Время срабатывания этого реле при измерении небольших выдержек времени следует вычитать из измеренного времени.

**3.6.15.** Уставки устройств РЗА следует настраивать при текущем техническом обслуживании в случаях, если отклонения уставок устройств РЗА отличаются от ранее выставленных на значения более, чем указанные в табл. 3. Допустимое отклонение выражено в единицах измерения параметра или в процентах от заданного значения уставки.

**Таблица 3**

Наименование параметра	Допустимое отклонение
1. Выдержка времени быстродействующих защит без элемента задержки, с	Примечание 1
2. Выдержка времени устройств РЗА с элементами задержки на базе электромеханических реле, с: с реле времени с максимальной уставкой более 3,5 с с реле времени с максимальной уставкой менее 3,5 с устройств БАПВ, УРОВ, противоаварийной автоматики, выполненной с реле времени повышенной точности (с максимальной уставкой по времени 1,3 с)	$\pm 0,1$ $\pm 0,06$ $\pm 0,03$
3. Выдержка времени устройств РЗА с зависимой характеристикой, с: в зависимой части (контрольные точки) в независимой части	$\pm 0,15$ $\pm 0,1$
4. Выдержка времени встроенных в привод реле в независимой части (с учетом времени отключения выключателя), с	$\pm 0,15$
5. Ток и напряжение срабатывания реле, встроенных в привод, %	$\pm 5$

Окончание таблицы 3.

6. Сопротивление срабатывания дистанционных органов устройств РЗА, %	$\pm 3$
7. Ток и напряжение срабатывания реле переменного тока и напряжения, %	$\pm 3$
8. Ток и напряжение срабатывания для отключающих и включающих катушек приводов коммутационных аппаратов, %	$\pm 5$
9. Мощность срабатывания реле мощности, %: Устройств РЗА (кроме измерительных органов противоаварийной автоматики) Измерительных органов противоаварийной автоматики	$\pm 5$ $\pm 3$
10. Напряжение и ток срабатывания реле постоянного тока, %	$\pm 3-5$
11. Коэффициент возврата реле: не встроенного в привод встроенного в привод	$\pm 0,03$ $\pm 0,05$
12. Напряжение и ток прямой, обратной и нулевой последовательности пусковых органов устройств РЗА, %	$\pm 5$
13. Выходные напряжения блоков питания полупроводниковых защит, %: стабилизированные нестабилизированные	$\pm 1-3$ $\pm 5-10$
14. Угол между векторами напряжения реле контроля синхронизма, %	$\pm 10$
15. Угол срабатывания панели угловой автоматики, %	$\pm 2$
16. Параметры срабатывания и возврата поляризованных реле измерительных органов устройств РЗА, %	$\pm 5-10$
17. Напряжение срабатывания устройства блокировки неисправности цепей напряжения, %	$\pm 10-15$
18. Сопротивление компенсации сопротивления обратной последовательности, %	5-10
19. Ток компенсации емкостного тока ВЛ, %	$\pm 15$
20. Проводимость компенсации емкостной проводимости ВЛ, %	$\pm 15$
21. Координаты особых точек характеристик реле сопротивления, %	15-20
22. Время срабатывания и возврата промежуточных реле, для которых оно задано в уставках или определено в инструкциях или методических указаниях, %	$\pm 10$

**Примечания:**

1. В соответствии с указаниями завода-изготовителя. Если допустимое значение не указано, то оно определяется как сумма максимальных значений времени срабатывания последовательно работающих элементов.

2. См. также Приложение 2 «Правил» [3]



### **3.7. Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационных аппаратов**

Под коммутационными аппаратами, рассматриваемыми в настоящем параграфе, понимаются выключатели, предназначенные для коммутации токов нагрузки и отключения токов КЗ, а на подстанциях упрощенного типа — короткозамыкатели и отделители, также предназначенные для отключения токов КЗ путем создания искусственного короткого замыкания, которое чувствует защита на питающем конце линии электропередачи.

В электроэнергетике России используется несколько типов выключателей как отечественного, так и зарубежного производства. Наибольшее распространение имеют масляные и воздушные выключатели. Для относительно низких напряжений используются также электромагнитные выключатели. Все более широкое распространение приобретают элегазовые и вакуумные выключатели.

Для управления коммутационными аппаратами используются приводы электромагнитные, пневматические, пружинные, грузовые и др. Привод и управляемый им коммутационный аппарат следует рассматривать как единое целое. Правильность работы коммутационного аппарата зависит от правильности регулировки привода и наоборот. Поэтому регулировать механизм привода необходимо совместно с регулировкой аппарата.

Обязательным условием правильной работы привода является полная исправность всех деталей его механизма, чистота, отсутствие ржавчины, надлежащая смазка, выполнение всех требований в части зазоров, люфтов и др. требований, излагаемых в нормативных материалах и инструкциях фирм-изготовителей. Только после выполнения всех требований к механике привода имеет смысл производить проверку его электрических характеристик.

Согласно [1] регулировку приводов и его блок-контактов осуществляет персонал, обслуживающий коммутационные аппараты.

**3.7.1.** Проверку электрических и временных характеристик следует производить в объемах, указанных в «Правилах» [3, 4] и в «Объеме и нормах испытаний электрооборудования» [14] на механически исправных приводах после их ревизии и проверки правильности регулировки их блок-контактов. Вследствие большого разнообразия коммутационных аппаратов и приводов перед проверкой их электрических характеристик следует изучить материалы фирм-изготовителей, поскольку в ряде случаев указанные объемы не совпадают с требованиями из-

готовителя. Например, проверка блока управления вакуумного выключателя ВВ-TEL, имеющего единственный электромагнит, управляющий как включением, так и отключением, должна выполняться по особым требованиям.

**3.7.2.** При техническом обслуживании следует измерить сопротивление постоянному току электромагнитов управления и контактора электромагнитов включения. Измерение можно производить с помощью моста постоянного тока или методом амперметра и вольтметра с ближайшего к приводу ряда зажимов. Измеренные значения должны соответствовать заводским нормам, а по ряду выключателей — значениям, приведенным в [14].

Для электромагнитов с форсировкой это измерение следует произвести как в режиме форсировки, так и в режиме ввода дополнительной части обмотки или сопротивления при дешунтировании блок-контакта электромагнита от руки. Измеренное значение должно соответствовать данным завода-изготовителя.

При новом включении или реконструкции следует измерить также сопротивление постоянному току всей цепи включения и всей цепи отключения (или всех упомянутых цепей для выключателей с пофазным приводом или для выключателей с двумя электромагнитами отключения) от шин постоянного тока как в нормальной схеме, так и при замкнутых электромагнитах управления. По измеренным значениям расчетным путем следует убедиться в том, что падение напряжения в кабелях управления в момент включения и отключения не превышает 10% номинального значения. Для воздушных выключателей с электромагнитами, имеющими форсировку, падение напряжения в кабелях необходимо определять при расчетном токе, составляющем 50% от установившегося значения при несработавших электромагнитах (блок-контакты форсировки замкнуты).

Для электромагнитов с внешним токоограничивающим резистором (выключатели ВВД-330, ВВБ-500 и ВВБ-750) при новом включении следует отрегулировать в соответствии с требованиями завода-изготовителя, а при последующих проверках измерить от шин управления сопротивление постоянному току петли включения и отключения каждой фазы в режиме форсировки и после ввода дополнительной части сопротивления. В состав петли входят жила включения (отключения), токоограничивающий резистор данной фазы, обмотка электромагнита и обратный провод до отрицательной шинки управления. Цепи электромагнитов других двух фаз должны быть разомкнуты. При проверках при новом включении для этих выключателей следует убедиться в том, что в наиболее тяжелом случае (при одно-

временном отключении наибольшего реально возможного числа выключателей) напряжение на шинках управления не будет ниже 80% номинального значения.

**3.7.3.** Необходимо проверить параметры срабатывания и возврата электромагнитов управления и контакторов электромагнитов включения.

**3.7.3.1.** Для всех электромагнитов отключения и включения электромагнитных, ручных, пружинных и грузовых приводов, электромагнитов управления воздушными выключателями и контакторов включения электромагнитных приводов постоянного и переменного тока различают напряжение (ток) надежной работы и напряжение (ток) срабатывания.

Напряжением (током) надежной работы считается минимальное напряжение (ток), при подаче которого толчком электромагнит отключает или включает выключатель, отделитель, короткозамыкатель и т.п. с временными и скоростными характеристиками, гарантированными заводом-изготовителем для данной конструкции. При проверках определяется не абсолютное значение этого напряжения (тока), а только то, что оно не превышает нормативного значения.

Напряжением (током) срабатывания считается минимальное напряжение (ток), при котором электромагнит отключает или включает коммутационный аппарат с возможным отклонением временных и скоростных характеристик от гарантированных заводом-изготовителем. При проверках определяется либо абсолютное значение этого напряжения, либо то, что оно не превышает нормативного значения.

Для всех электромагнитов определение параметра срабатывания производится при плавном увеличении напряжения или тока, т.е. определяется напряжение или ток срабатывания. Такой метод рекомендуется по следующим причинам:

- при плавном нарастании тока или напряжения легче обнаруживаются различные неисправности деталей и ошибки в регулировке;
- во многих конструкциях, особенно в пружинных и грузовых приводах, применены облегченные сердечники, скорость движения которых при токе или напряжении срабатывания невелика. Невелика и кинетическая энергия, накопленная сердечником в момент соприкосновения с отключающей планкой, так как их масса и ход малы. Поэтому поворот планки происходит в основном за счет статического усилия, развиваемого сердечником. Заводы-изготовители регулируют приводы по статическому усилию на отключающей планке;

- в некоторых конструкциях электромагнитных приводов начальное расстояние между головкой бойка и защелкой равно нулю, поэтому электромагнит начинает сразу, без свободного хода, поднимать защелку.

Напряжение надежной работы также подбирается при плавном увеличении напряжения. Затем значение напряжения надежной работы уточняется при подаче напряжения толчком.

Напряжение или ток срабатывания (возврата) является одним из основных показателей правильности сборки, регулировки и исправности привода. Если напряжение или ток срабатывания электромагнита оказываются чрезмерно велики (малы), то необходимо выяснить причину неисправности электромагнита или привода.

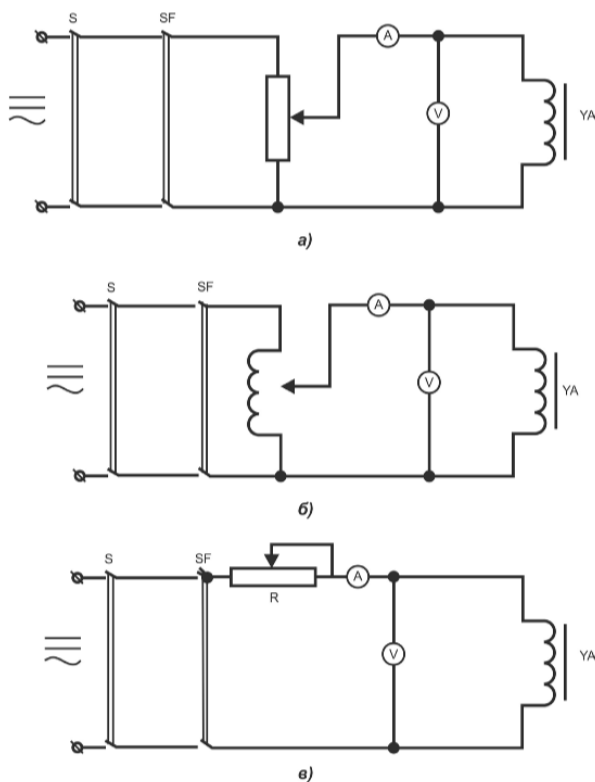
Основные причины, вызывающие отказ электромагнитов, следующие:

- обрыв одной из секций двухсекционной обмотки;
- межвитковое замыкание в обмотке;
- неправильно выбранные номинальные напряжение и ток электромагнита;
- неисправность механизма: грязь, заусенцы, перекосы, малое начальное расстояние между бойком и защелкой, неправильно установленное начальное расстояние между сердечником и контрполюсом.

Неисправности обмоток постоянного тока определяют измерением их сопротивления. Неисправности обмоток переменного тока определяются при снятии их вольт-амперных характеристик или при определении их сопротивления на переменном токе. Эти значения определяют при номинальном напряжении и втянутом якоре, чтобы можно было сравнить результаты измерений с данными заводов-изготовителей. Неисправности механизма определяют осмотром или измерением статического усилия на отключающей планке. Повышенное напряжение или ток срабатывания исправного электромагнита указывает на неисправность привода, обычно на чрезмерно глубокое зацепление.

**3.7.3.2.** Электромагниты включения и отключения и контакторы включения постоянного тока можно проверять по простейшим схемам, приведенным на рис. 5, а), в). Схема на рис. 5, а) применяется для проверки электромагнитов малой мощности, а на рис. 5, в) — большой.

Для проверки шунтовых электромагнитов переменного тока рекомендуется схема, приведенная на рис. 5, б), а для токовых электромагнитов, работающих в схемах дешунтирования, схема на рис. 5, в).



**Рис. 5.** Схемы для проверки электрических характеристик электромагнитов приводов коммутационных аппаратов:

*а — потенциометром; б — автотрансформатором; в — реостатом*

При подборе реостатов, потенциометров и автотрансформаторов необходимо учитывать следующее:

- а) значение тока в обмотках токовых электромагнитов не должно изменяться при втягивании сердечника более чем на 5-10%, поэтому реостат в схеме на рис. 5, в) должен иметь достаточно большое значение сопротивления. Ориентировочное значение сопротивления реостата (R) может быть определено по приближенной формуле:

$$P = (2 - 3) X_{\text{э}} - P_{\text{э}}, \quad (4)$$

где  $X_{\Sigma}$  — индуктивное сопротивление обмотки электромагнита при втянутом положении сердечника, Ом;

$R_{\Sigma}$  — активное сопротивление обмотки электромагнита, Ом.

Проверять токовые электромагниты по схемам рис. 5, а), б) недопустимо, так как они не обеспечивают соблюдения вышеуказанного условия;

- б) значение напряжения на обмотке электромагнита переменного напряжения не должно изменяться при втягивании сердечника. Для выполнения этого условия сопротивление потенциометра в схеме на рис. 5, а) должно быть очень мало. Поэтому рекомендуется проверку этих электромагнитов производить с помощью автотрансформатора по схеме на рис. 5, б);
- в) во всех случаях при проверке электромагнитов постоянного тока сопротивление реостатов и части потенциометра, включенных последовательно с обмоткой электромагнита, должно быть минимальным. Чем больше значение этого сопротивления, тем быстрее будет нарастать ток в обмотке электромагнита при подаче на нее напряжения толчком за счет уменьшения результирующего отношения индуктивности к активному сопротивлению цепи. Напряжение надежной работы при этом снижается, что может вызвать ошибки в регулировке.

Поскольку проверка электромагнитов управления осуществляется, как правило, с помощью комплектных испытательных устройств, следует учитывать особенности испытательного устройства. В частности, для проверки электромагнитов постоянного тока в установках, например, У5053 используется пульсирующий выпрямленный ток. При недостаточном сглаживании значение напряжения или тока срабатывания может несколько искажаться. При проверке электромагнитов управления переменного тока внутреннее сопротивление устройства должно быть значительно меньше, чем сопротивление сердечника изменялся не более чем на 5-10%,

**3.7.3.3.** Для электромагнитов включения и отключения воздушных выключателей следует проверить работоспособность при наибольшем рабочем давлении воздуха и снижении напряжения на зажимах электромагнитов до 70% номинального значения при питании привода от источника постоянного тока и 65% номинального значения при питании привода от источника переменного тока в [14]. Этим проверяется, что напряжение срабатывания ниже нормируемого значения. Проверку следует производить со щита управления (релейного щита) подачей напряжения толчком. Напряжение, равное 70 (65)% номи-

нального значения, подается либо от мощного источника пониженного напряжения (например, от зарядного агрегата, отпайки от аккумуляторной батареи и т.п.), либо создается искусственно путем ввода дополнительных электромагнитов в цепь питания электромагнитов выключателя от источника оперативного напряжения. Для выключателей с последовательным включением электромагнитов трех фаз необходимо включить дополнительно два последовательно включенных электромагнита. Для выключателей с параллельным включением электромагнитов проверка производится пофазно (цепь электромагнитов двух других фаз разрывается) с включением дополнительно двух электромагнитов, собранных параллельно. В данном случае в качестве дополнительных электромагнитов могут быть использованы электромагниты двух других фаз. При отсутствии вспомогательных электромагнитов снижение напряжения на зажимах электромагнитов до 70 (65)% номинального значения можно произвести путем ввода добавочного активного сопротивления в цепь питания электромагнитов выключателя от источника оперативного напряжения по схеме рис. 5, в). В такой схеме за счет последовательно включенного активного сопротивления увеличивается скорость нарастания тока в обмотках электромагнитов. Поэтому при испытании они работают при более легких условиях, чем в действительности. Чтобы компенсировать это различие, рекомендуется проверку производить при понижении напряжения до  $(0,5-0,6)U_{ном}$  в зависимости от схемы соединений электромагнитов вместо нормируемого значения  $0,65 U_{ном}$ . Для выключателей с последовательным включением электромагнитов трех фаз значение этого сопротивления ( $R$ ), в омах, должно быть:

$$R = 0,75 R_{эм}, \quad (5)$$

где  $R_{эм}$  — суммарное активное сопротивление трех электромагнитов. Для выключателей с параллельным включением электромагнитов с форсировкой проверки производятся пофазно (цепь двух других фаз разрывается), а значение добавочного сопротивления (в Омах) должно быть:

$$R_{доб} = R_{эм}, \quad (6)$$

где  $R_{эм}$  — активное сопротивление обмотки проверяемого электромагнита в режиме форсировки.

Сопротивление всех участков кабеля от источника питания до электромагнитов не учитывается и идет в запас. Подачей напряжения

на электромагниты ключом управления или от выходного реле устройства защиты (АПВ) следует убедиться в отключении и включении всех фаз выключателя.

Для электромагнитов управления воздушных выключателей с внешними токоограничивающими резисторами (ВВД-330, ВВБ-500, ВВБ-750) работоспособность проверяется при снижении до 80% номинального значения напряжения на шинках управления. Способы снижения напряжения такие же, как и указано выше. В случае снижения напряжения путем подключения добавочного резистора значение его сопротивления подбирается экспериментально.

**3.7.3.4.** Для электромагнитов отключения масляных выключателей следует проверить напряжение срабатывания, т.е. минимальное значение оперативного напряжения, при котором отключается выключатель.

Проверка производится непосредственно возле привода выключателя с использованием схемы рис. 5, в) следующем порядке:

- а) быстро (чтобы нагрев обмотки электромагнита был минимальным) увеличить напряжение до 35% номинального значения. Снять напряжение и подать его толчком. Выключатель не должен отключаться, в противном случае требуется регулировка;
- б) продолжить увеличение напряжения с контролем по вольтметру до момента отключения выключателя, но не выше 65% номинального значения. Зафиксировать напряжение на электромагните, которое было перед отключением выключателя, как напряжение срабатывания;
- в) если при плавном увеличении напряжения до 65% номинального значения выключатель не отключится, то опробовать действие электромагнита при подаче этого же значения напряжения толчком. Если и при этом он не отключится, то отрегулировать привод.

При проверке напряжения срабатывания после каждой неудавшейся попытки отключить выключатель (при подаче напряжения толчком) вернуть отключающую защелку в исходное положение. При предварительной проверке возврат допускается производить вручную, перед окончательной проверкой следует отключить и включить выключатель от схемы управления.

**3.7.3.5.** Для контактора включения масляного выключателя с электромагнитным приводом проверить напряжение срабатывания и возврата с использованием схемы рис. 5, в).

При снятом питании электромагнита включения и установленных на контакторе гасительных камерх плавно увеличить напряжение на



обмотке контактора включения и зафиксировать напряжение полного вытягивания магнитной системы, которое должно быть не выше 65% номинального значения. Плавно снижая напряжение, проверить напряжение возврата, которое не нормируется, но не должно существенно отличаться от данных предыдущих измерений (снижение напряжения возврата свидетельствует о нарушении механической регулировки, затираниях и т.п.).

**3.7.3.6.** Проверку напряжения срабатывания электромагнитов включения короткозамыкателей, электромагнитов отключения отделителей, электромагнитов включения и отключения выключателей с пружинными и грузовыми приводами осуществляют аналогично описанным в п. 3.7.3.4.

Напряжения срабатывания электромагнитов отключения отделителей и масляных выключателей с грузовым и пружинным приводами (а также электромагнитов включения короткозамыкателей) на постоянном и переменном оперативном напряжении не должно превышать 65% номинального значения.

Напряжение срабатывания электромагнитов включения выключателей с грузовым и пружинным приводами на постоянном и переменном оперативном напряжении должно быть не выше 80% номинального значения.

**3.7.3.7.** У электромагнитов, питающихся переменным током по схеме дешунтирования, проверяется ток срабатывания. На основании опыта эксплуатации рекомендуется обеспечивать ток срабатывания токовых электромагнитов не более 80% тока срабатывания наиболее чувствительной защиты, действующей на этот электромагнит. Поскольку коэффициент чувствительности токовых защит в зоне основного действия в соответствии с ПУЭ должен быть не менее 1,5, то минимальное значение тока, проходящего по обмотке электромагнита при КЗ, должно быть в  $1,5/0,8 = 1,9$  раза больше значения его тока срабатывания. Соответственно, при КЗ в зоне резервного действия минимальное значение тока, проходящего по обмотке электромагнита при КЗ, должно быть в  $1,2/0,8 = 1,5$  раза больше значения его тока срабатывания. За счет этого обычно обеспечивается и необходимое время его работы.

Одновременно с током срабатывания необходимо проверить падение напряжения на обмотке токового электромагнита для проверки пригодности трансформаторов тока, от которого работает электромагнит, и для проверки контактов реле, дешунтирующих обмотки электромагнита.

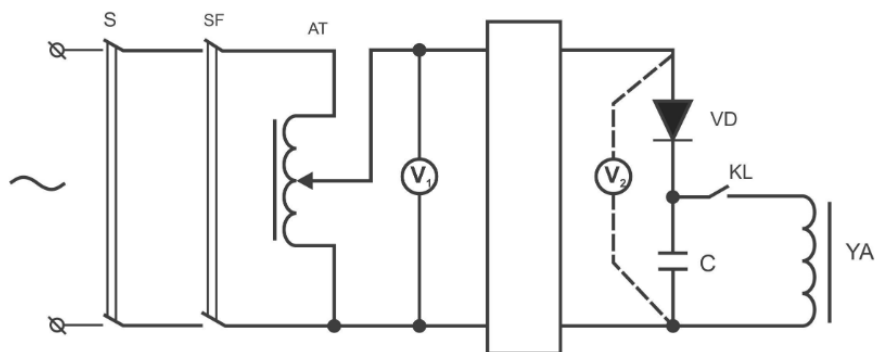
**3.7.3.8.** Для электромагнитов, работающих от предварительно заряженных конденсаторов, рекомендуется выполнить следующие условия:

- а) действительная емкость конденсатора, от которого работает электромагнит, должна быть в 1,5-2 раза больше емкости срабатывания электромагнита;
- б) напряжение срабатывания — минимальное напряжение на конденсаторе, обеспечивающее работу электромагнита при отключенном источнике зарядного напряжения, должно быть равно примерно 50% нормального.

Такие значительные запасы объясняются следующими причинами:

- а) Напряжение срабатывания электромагнитов отключения устанавливается обычно равным 65-70% напряжения питания. Следовательно, после длительного понижения напряжения питания конденсатор может быть заряжен только до 65-70% нормального напряжения. При таком напряжении и выясняется минимальная емкость, необходимая для срабатывания — емкость срабатывания.
- б) При новом включении привод и электромагниты находятся в хорошем состоянии: смазка не загустела, детали не загрязнены и не заржавели. Сопротивление изоляции между конденсатором и электромагнитом высокое. За несколько лет эксплуатации до очередного ремонта состояние привода ухудшается, вследствие чего усилие, требующееся от сердечника электромагнита, значительно увеличивается. Кроме того, ухудшается сопротивление изоляции цепей, и увеличивается утечка. Конденсаторы стареют, и емкость их уменьшается.
- в) Разряд конденсатора на электромагнит продолжается сотые доли секунды. За это время электромагнит должен успеть сработать и освободить запирающий механизм привода. Ухудшение условий работы, несущественное для электромагнитов, питающихся, например, от аккумуляторной батареи, может вызвать отказ электромагнита при питании от конденсатора.
- г) Для надежной работы и обеспечения необходимого времени работы выключателя электромагнит должен успеть сработать за время нарастания тока разряда конденсатора. При этом для обеспечения быстрого отключения выключателя необходимо, чтобы максимальное значение тока разряда значительно превышало ток срабатывания электромагнита.

Исходя из вышеизложенного, необходимо определить минимальное напряжение заряда блока конденсаторов для четкого срабатывания электромагнита, работающего от предварительно заряженных конденсаторов. Проверку следует произвести при совместной работе блоков конденсаторов и зарядных устройств с действием на электромагнит включения (отключения) по схеме рис. 6 в следующем порядке:



**Рис. 6.** Схема измерения минимального напряжения заряда конденсатора, необходимого для четкой работы электромагнита

- а) отключить 30-50% емкости конденсаторной батареи;
- б) зашунтировать контакты реле минимального напряжения зарядного устройства;
- в) подать пониженное напряжение на зарядное устройство для заряда конденсаторных батарей и после заряда измерить напряжение на конденсаторной батарее кратковременным подключением вольтметра с внутренним сопротивлением не менее чем 2 кОм на 1 В;
- г) отключить зарядное устройство;
- в) подключить к заряженному конденсатору обмотку электромагнита;
- г) разрядить конденсаторы и увеличить напряжение на входе зарядного устройства, если электромагнит не работает или работает нечетко;
- д) повторить операцию заряда конденсаторов и подключение к ним обмотки электромагнита. Подобные операции произвести несколько раз до четкого срабатывания электромагнита.

Значение напряжения на выходе зарядного устройства, при котором электромагнит четко срабатывает, должно быть не более 260 В (65% номинального значения выпрямленного напряжения).

После этого следует подключить отключенную часть конденсаторной батареи, расшунтировать реле минимального напряжения зарядного устройства и при номинальном напряжении на батарее опробовать работу электромагнита с целью убедиться в отсутствии ошибок при восстановлении цепей.

**3.7.3.9.** Проверка электромагнитов приводов большинства элегазовых и вакуумных выключателей принципиально не отличается от проверки их в приводах масляных выключателей. Особенности проверки должны быть изложены в заводских инструкциях.

Особое место занимают вакуумные выключатели с так называемой магнитной защелкой (BB-TEL). Длительное включенное состояние этих выключателей обеспечивается за счет остаточной магнитной индукции в магнитной системе привода. Привод снабжен единственным электромагнитом управления, обеспечивающим включение выключателя при подаче на него напряжения от блока управления, поставляемого комплектно с выключателем. Отключение выключателя происходит при подаче на электромагнит напряжения обратной полярности от предварительно заряженного конденсатора в блоке управления. Техническое обслуживание такого привода осуществляется в соответствии с инструкциями фирмы-изготовителя. В настоящее время не накоплен достаточный опыт эксплуатации таких приводов, в частности, влияние старения и загрязнения конденсаторов, участвующих в процессе включения, довключения и отключения, влияние износа контактных систем промежуточных реле в блоке управления на надежную работу выключателя.

**3.7.4.** В соответствии с [14] проверяется надежность работы приводов коммутационных аппаратов в полной схеме при значениях оперативного напряжения  $0,9 U_{ном}$  на включение и  $0,8 U_{ном}$  на отключение. Количество коммутаций зависит от типа выключателя и также нормируется в [14]. При этих же значениях напряжения проверяется надежность работы контакторов и автоматов многократными включениями и отключениями [14, п. 26.4]. Способы получения пониженного напряжения аналогичны указанным в п. 3.7.3.3. При плановом техобслуживании надежность работы привода проверяется при номинальном оперативном напряжении.

**3.7.5.** Проверяется время включения (отключения) выключателя, время включения короткозамыкателя и отключения отделителя, время готовности привода для приводов с механизмом или электрической схемой для повторного включения в цикле АПВ. Время

включения и отключения должно соответствовать нормативам, приведенным в [14].

**3.7.6.** Работы, перечисленные в п. 3.7, выполняются персоналом, которому это вменено в обязанность положениями по разграничению зон обслуживания, по методикам, принятым для данного типа коммутационного аппарата.

### **3.8. Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА**

**3.8.1.** Проверку взаимодействия элементов устройств РЗА следует производить в целях определения правильности выполнения монтажа, его соответствия принципиальной схеме устройства РЗА (особенно важно при проверках тех типовых панелей устройств РЗА, для которых проверка правильности монтажа согласно п. 3.4.4 методом «прозвонки» не производится) и исправности отдельных элементов устройств РЗА.

**3.8.2.** Проверку взаимодействия следует производить при оперативном напряжении, равном 80% номинального значения.

Во время проверки взаимодействия по мере срабатывания реле изменяется потребление проверяемого устройства. При недостаточно мощном источнике питания это может привести к изменению оперативного напряжения на панели, особенно при простейшей схеме питания через потенциометр. Например, потребление по оперативным цепям широко распространенной панели ЭПЗ-1636 колеблется от 110 Вт в режиме дежурства до 370 Вт в режиме срабатывания. Поэтому в процессе проверки необходимо по возможности использовать низкоомные потенциометры, установки с малым внутренним сопротивлением, контролировать значение оперативного напряжения и, при необходимости его корректировать. Фирмы-изготовители в своей документации должны давать внешние характеристики испытательных устройств.

**3.8.3.** В объем проверки взаимодействия элементов устройств входит проверка взаимодействия всех элементов, изображенных на принципиальной проектной схеме, включая оперативные цепи, выходные цепи, цепи сигнализации, резервные выходные цепи. Проверяется надежность отсоединения элементов типовой схемы, отключенных в соответствии с проектной схемой.

**3.8.4.** Проверку взаимодействия реле в схемах устройств РЗА, выполненных на базе электромеханических реле, следует производить, как правило, вызывая замыкание и размыкание контактов реле путем не-

посредственного воздействия от руки на якорь реле. При необходимости проверки монтажа схемы или в процессе проверки ее отдельных элементов допускается замыкание или размыкание отдельных контактов реле методами, не нарушающими механическую регулировку контактной системы реле. Запрещается в процессе проверки подкладывать под контакты реле материалы и предметы, которые могут загрязнить контакты реле или нарушить их механическую регулировку. Вызывая необходимые комбинации срабатываний и возвратов реле, сопоставляют реакции схемы устройства с принципиальной схемой и имитируемыми условиями. Поочередно проверяется действие каждого из контактов схемы на срабатывание или блокировку элементов схемы.

Проверку взаимодействия сложных устройств РЗА, выполненных на базе ИМС, следует производить путем подачи входных воздействий с помощью блоков тестового контроля, имеющих в таких устройствах. В отдельных случаях, когда объем операций, выполняемых блоком тестового контроля, недостаточен для проведения имитируемых режимов, проверку взаимодействия можно производить путем подачи тока, напряжения от посторонних источников на ряды зажимов устройства, путем замыкания или размыкания контактов устройства. Также допускается вызывать требуемые воздействия путем подачи сигналов логического нуля (он часто оказывается связанным с корпусом панели) в контрольные точки схемы за исключением той точки, на которую подан положительный потенциал блока питания. Эту проверку нужно производить с особой осторожностью с тем, чтобы ошибочно не подать сигнал логической единицы, что может привести к повреждению микросхемы. Реакцию устройства следует определять по светодиодной сигнализации, срабатыванию указательных реле, действию промежуточных реле и с помощью омметра или вольтметра, подключенного на выходах устройства к выходным цепям. Для некоторых устройств целесообразно на время проверки устанавливать временную перемычку для подключения выходной группы реле, отключаемой во время тестового опробования.

Взаимодействие микропроцессорных терминалов и функций внутри терминалов проверяется как с помощью тестового контроля, так и подачей входных токов и напряжений, имитирующих аварийные режимы.

**3.8.5.** При проверке взаимодействия устройств РЗА выполняются следующие основные пункты.

- а) Проверяется правильная последовательность работы элементов схемы устройства от пусковых до выходных элементов. В устройствах РЗА имеющих разделение цепей по отдельным

- фазам, — правильность работы и соответствие фаз входного и выходного воздействий, отсутствие связи между цепями отдельных фаз или наличие предусмотренной схемой взаимосвязи.
- б) Проверяется отсутствие обходных связей, приводящих к ложному срабатыванию элементов схемы, которые не должны реагировать на подаваемые входные воздействия.
  - в) Проверяется правильность работы схемы в зависимости от состояния реле направления мощности в устройствах РЗА, имеющих такие реле.
  - г) Проверяется наличие замедления при срабатывании в устройствах РЗА, действующих с выдержкой времени.
  - д) Проверяется правильность взаимодействия элементов устройства, относящихся к цепям каждой из ступеней в устройствах РЗА, имеющих несколько ступеней.
  - е) Проверяется правильность действия различных блокировок, например, блокировки при качаниях, при неисправностях цепей напряжения и др.
  - ж) Проверяется правильность переключений в цепях тока и напряжения, достоверность маркирования фаз тока и напряжения.
  - з) Проверяется правильность работы устройства РЗА во всех положениях переключающих устройств: ключей, переключателей, накладок, испытательных блоков, штекерных разъемов, автоматических выключателей, контактных мостиков измерительных зажимов в случаях, когда с их помощью выставляется режим работы схемы. В последнем случае следует обратить внимание на надежность фиксации отключенного положения контактных мостиков. Учитывая ненадежность контактных мостиков измерительных зажимов, не рекомендуется использовать измерительные зажимы для изменения режима работы схемы.
  - и) Проверяется правильность подключения выводов обмоток (соблюдение полярности) на промежуточных реле с несколькими обмотками, правильность работы реле по цепям основной и удерживающих обмоток.
  - к) Проверяется правильность и полнота содержания надписей под переключающими устройствами, реле, блоками, комплектами в соответствии с обозначениями проектной схемы и диспетчерскими наименованиями первичного оборудования.
  - л) Проверяется соответствие положения переключателя уставок выставленной метке (например, для защит обходных выключателей).

- м) Проверяется надежность отстройки промежуточных реле, обмотки которых включены через добавочные резисторы, от срабатываний, не предусмотренных схемой (по цепям удерживания), надежность удерживания реле через добавочные резисторы.
- н) Проверяется четкость и стабильность срабатывания промежуточных реле, отсутствие «зависаний» якоря реле.
- о) Проверяется эффективность работы и правильность включения искрогасительных контуров, если это возможно оценить по поведению контактов.
- п) Проверяется правильность работы устройств сигнализации: табло, светодиодов, указательных реле.
- р) Проверяется правильность включения цепей, содержащих разделительные диоды в оперативных цепях, в цепях сигнализации и выходных цепях. Следует измерить с помощью омметра сопротивления резисторов (если они предусмотрены схемой) в цепях выходных контактов и в цепях сигнализации устройства. С помощью вольтметра следует проверить значение напряжений в цепях аналоговых выходных сигналов, например, при использовании бесконтактных схем управления коммутационными аппаратами.
- с) Проверяется правильность работы схемы сигнализации при действии максимального количества сигналов, цепи которых включаются параллельно одна другой.
- т) Проверяется обеспечение однократности действий устройства, например, АПВ, а также выполняется ориентировочная оценка времени повторной готовности устройства к работе.
- у) Проверяется отсутствие ложных срабатываний устройства при подаче и снятии оперативного напряжения, при возникновении помех, вызванных коммутациями отдельных элементов с большой индуктивностью проверяемого и других (расположенных вблизи проверяемого) устройств РЗА, а также из-за наводок на жилах контрольных кабелей при операциях с выключателями и разъединителями. Следует обратить внимание, что при проверке взаимодействия микропроцессорных устройств и устройств на ИМС неправильные действия, вызываемые помехами, не всегда выявляются. Поэтому вопросы электромагнитной совместимости таких устройств должны решаться тщательной проверкой принятых проектных решений и проверкой электромагнитной обстановки на объекте, что особенно важно



при замене электромеханических устройств на микропроцессорные в действующих объектах.

- ф) Проверяется обеспечение полноты имитируемых режимов для проверки всех элементов устройства, изображенных на принципиальной схеме.
- х) Проверяется снятие напряжения с группы выходных реле при переводе устройства РЗА в режимы ВЫВОД и ПРОВЕРКА.

Перечисленными основными пунктами проверка взаимодействия не исчерпывается и может быть дополнена при предварительном анализе проверяемой схемы.

**3.8.6.** Проверку взаимодействия элементов схемы управления коммутационными аппаратами следует производить в следующем порядке.

**3.8.6.1.** Предварительно необходимо опробовать взаимодействие элементов схемы без воздействия на коммутационный аппарат. Для этого необходимо временно разомкнуть цепи электромагнитов управления (размыканием разъемов электромагнитов, отключением автоматического выключателя в цепи электромагнита включения масляного выключателя и т.п.). Можно также ограничить токи, протекающие по обмоткам, путем ввода добавочного резистора, если это не сложно, в цепь, соединяющую общую точку обмоток электромагнитов с отрицательным полюсом источника оперативного напряжения. Для схем управления воздушным выключателем это удобно выполнить путем размыкания контакта манометра, разрешающего управление выключателем.

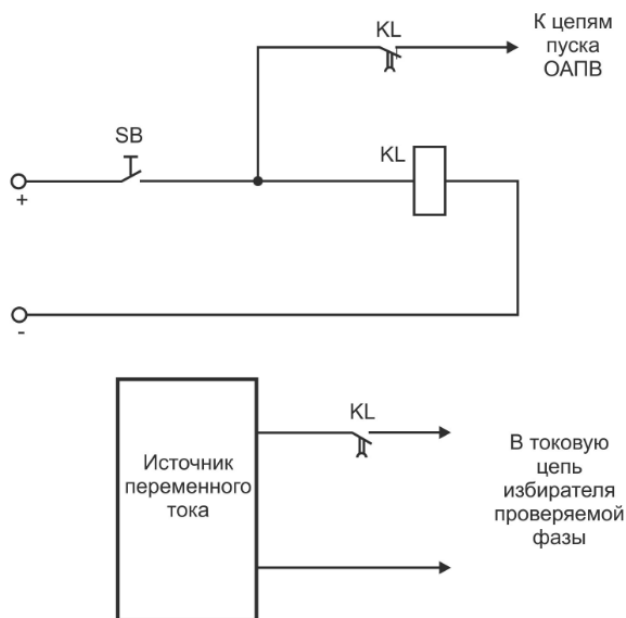
При опробовании цепей управления коммутационными аппаратами следует обратить особое внимание на проверку следующих цепей:

- а) действие защиты от непереключения фаз выключателя (для выключателей с пофазными приводами) на отключение выключателя и на размыкание цепи обмоток электромагнитов при имитации неполнофазного включения (отключения) выключателя;
- б) правильность взаимного включения основной и удерживающих обмоток реле блокировки по давлению;
- в) наличие подхвата импульса, подаваемого на электромагниты, необходимого для предотвращения повреждения контактов реле и ключей;
- г) обеспечение завершения операции при снижении давления ниже уставки блокировки в процессе операции.

**3.8.6.2.** Восстановить цепи обмоток электромагнитов управления и проверить:

- а) отключение и включение аппарата от устройств дистанционного управления (ключей, кнопок), а также от всех предусмотренных схемой реле защиты и автоматики;

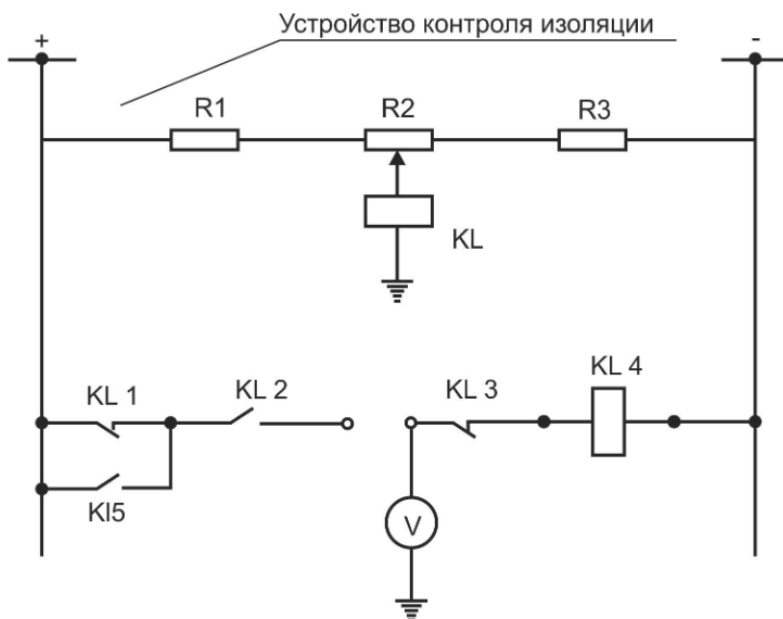
- б) действие блокировки по давлению воздуха при фактическом снижении давления на выключателе ниже уставок;
- в) действие блокировки от многократных включений;
- г) работу выключателей во всех режимах автоматического повторного включения (ТАПВ, БАПВ, УТАПВ, ОАПВ). Имитацию режимов ОАПВ удобно производить с помощью схемы, приведенной на рис. 7, если отсутствует установка ЭУ 5001. В этой схеме к токовым цепям избирателей проверяемой фазы выключателя через размыкающий контакт реле KL (серии РП 251) подводится ток, достаточный для срабатывания избирателя, затем нажатием кнопки SB на время, превышающее время цикла ОАПВ, производится кратковременный пуск схемы ОАПВ.



**Рис. 7.** Схема для отработки ОАПВ

При недостаточной мощности регулировочного устройства, понижающего оперативное напряжение до значения, равного  $0,8 U_{ном}$ , проверки взаимодействия при подключенных электромагнитах управления производятся при номинальном значении оперативного напряжения.

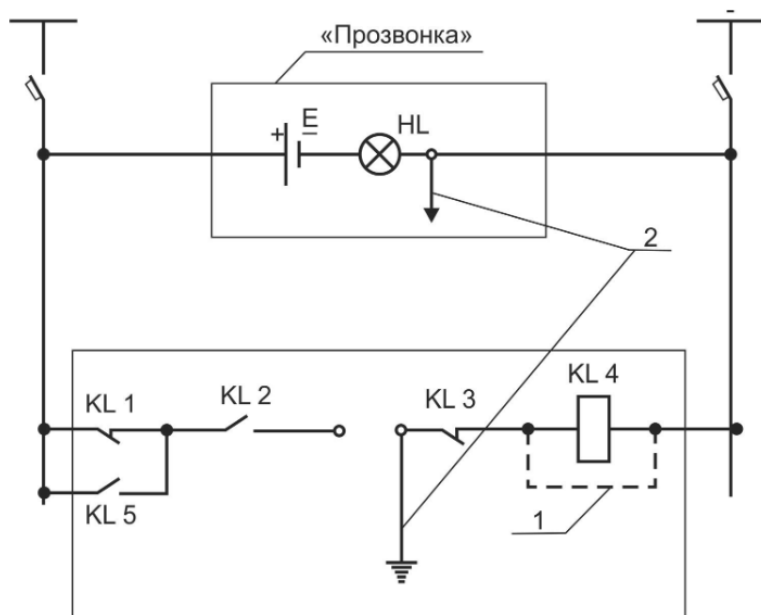
**3.8.7.** Отыскание неисправностей, выявленных при опробовании взаимодействия устройства, удобно производить, измеряя напряжения в различных точках проверяемой цепи высокоомным вольтметром. Измерения могут производиться по отношению к земле (рис. 8), если устройство подключено к сети с включенным устройством контроля изоляции, или по отношению к одному из полюсов источника оперативного напряжения, определяя при этом место обрыва или ложную цепь. В обоих случаях по полярности измеренного напряжения определяют, со стороны какого полюса источника оперативного напряжения, имеет место разрыв или ложная цепь.



**Рис. 8.** Схема отыскания неисправности с помощью вольтметра

На практике вместо вольтметра используют иногда бытовые индикаторы напряжения, в которых установлена неоновая лампа с удлиненным газоразрядным промежутком, например, ВМН-2. В этом случае знак измеряемого напряжения определяется по свечению одного из электродов. Предварительно индикатор маркируют, подключая его к источнику с известной полярностью. Способ неприменим при переменном оперативном напряжении.

Отыскание неисправностей в схеме может быть также выполнено при отключенном оперативном напряжении с помощью «прозвонки», подключаемой по схеме, приведенной на рис. 9.



**Рис. 9.** Отыскание неисправности в схеме с помощью «прозвонки»

В этом случае, временно устанавливая перемычки 1, шунтирующие обмотки аппаратуры или заземляющие перемычки 2 в различных местах устройства, например, начиная с середины цепи, и в необходимых случаях размыкая или замыкая контакты реле, включенных в проверяемую цепь, можно быстро определить место разрыва или ложную цепь. Этот способ менее надежен и удобен, поэтому рекомендуется к использованию лишь в случае, когда отыскание неисправности с помощью вольтметра не приводит к желаемым результатам.

После выявления неисправности следует повторить проверку взаимодействия, поскольку в процессе отыскания неисправности могут быть оставлены излишние перемычки или разрывы цепей.

### **3.9. Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме**

**3.9.1.** Временные характеристики устройства РЗА определяются путем измерения времени действия устройства по каналам срабатывания отдельных функциональных узлов (отдельных видов и ступеней защит, устройств, блокировок и др.), входящих в состав устройства. Характеристики снимаются с учетом взаимодействия устройств между собой при подаче на вход устройства аварийных или пусковых параметров режима (тока, напряжения, замыкания или размыкания контактов других устройств, воздействующих на вход проверяемого устройства РЗА и др.).

**3.9.2.** Полное время действия устройств следует измерять согласно п. 3.6.14.

**3.9.3.** Проверку временных характеристик следует производить от постороннего источника тока и напряжения при полностью собранных цепях устройств, закрытых кожухах реле, установленных и зафиксированных модулях, при номинальном оперативном напряжении.

Для проверки удобно использовать комплектные устройства, например, У5053 (ЭУ5001) или современные устройства РЕТОМ-51, «Уран 1, 2» и другие, обеспечивающие необходимые режимы проверки. Устройства, предполагающие физическое воспроизведение аварийных процессов по математическим программам, разрабатываемым для конкретных типов устройств РЗА, предпочтительнее. Для измерения интервалов времени следует пользоваться встроенным или выносным электросекундомером (миллисекундомером).

**3.9.4.** При проверке временных характеристик сложных устройств РЗА на проверяемое устройство РЗА, как правило, должно быть предварительно подано переменное симметричное напряжение, соответствующее нормальному режиму (ток, соответствующий току нагрузки, на устройство обычно предварительно не подается). Затем одновременно с запуском секундомера на устройство подаются сочетания токов и напряжений, имитирующие различные режимы КЗ (однофазные, двухфазные, трехфазные) различной удаленности в зоне действия устройства или его отдельных ступеней, вне зоны, в начале защищаемого участка, «за спиной» (для защит линий — на шинах подстанции), а также другие режимы, при которых может проявляться правильное или неправильное поведение устройства РЗА, например, при сбросе обратной мощности, снижении переменного напряжения до нуля при отсутствии тока и т.п. Объем имитаций определяется соответствующими инструкциями и методическими указаниями для конкретных видов защит.

**3.9.5.** При проверках времени срабатывания (или возврата) устройств РЗА с характеристиками времени действия, зависящими от кратности подводимых параметров, должно быть проверено несколько точек этих характеристик в соответствии с заданными при расчете уставок требованиями. Если от устройств такая зависимость не требуется, проверки должны проводиться при подведении таких кратностей, которые соответствовали бы расчетным значениям параметров при КЗ.

Эти кратности должны соответствовать приведенным ниже.

- а) Для защит максимального действия должны подаваться кратности, соответствующие 0,9 и 1,1 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания во втором случаях; для контроля времени действия — ток или напряжение, равные 1,3 уставки срабатывания.

Для дифференциальных защит ток подается поочередно в каждое из плеч защиты.

Для токовых направленных защит подается номинальное переменное напряжение с фазой, обеспечивающей срабатывание органа направления мощности. При этом поданная мощность должна превышать мощность срабатывания органа не менее чем в 2-3 раза.

- б) Для защит минимального действия должны подаваться кратности, соответствующие 1,1 и 0,9 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания во втором случаях; для контроля времени действия — ток или напряжение, равные 0,8 уставки срабатывания. Для токовых защит с пуском минимального напряжения должны подаваться кратности, соответствующие комбинациям пп. а и б.

- в) Для многоступенчатых дистанционных защит временную характеристику следует снимать для сопротивлений, равных  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ;  $0,9Z_3$ ;  $1,1Z_3$  и т.д. Регулировку выдержки времени второй, третьей и следующих ступеней следует производить при сопротивлениях, равных соответственно  $1,1Z_1$  и т.д. Регулировку выдержки времени в первой ступени (при необходимости) следует производить при сопротивлении, равном  $0,5Z_1$ . Кроме времени срабатывания следует измерить длительность сработавшего состояния защиты в случае работы по «памяти» при имитации близких КЗ в «мертвой зоне».

При проверках временных характеристик необходимо измерять время действия отдельных ступеней защиты по цепи ускорения. Эти измерения производятся при подведении к защите тех же кратностей тока и напряжения что и при контроле (регулировке) времени действия.

Если выполняется пуск УРОВ от проверяемой защиты, необходимо измерить время замкнутого состояния выходных реле защиты, которое должно быть меньше времени срабатывания УРОВ во избежание его неправильного действия.

**3.9.6.** Следует измерить время повторной готовности всех элементов схемы, невзврат которых может привести к отказу или излишней работе устройств РЗА.

**3.9.7.** Проверку и регулировку временных характеристик следует производить с учетом имеющего место разброса временных параметров (п. 3.6.12, б).

**3.9.8.** После проверки временных характеристик не следует производить работы, в результате которых может нарушиться целостность проверенных цепей и работоспособность устройства, например, изменять положение переключателей уставок, вынимать блоки из разъемов, отсоединять проводники и т.п.

### ***3.10. Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами***

**3.10.1** Перед вводом устройства РЗА в работу (или перед проверкой под нагрузкой, если она будет производиться) следует произвести проверку взаимодействия устройства РЗА с другими устройствами РЗА и коммутационными аппаратами для проверки работоспособности устройств РЗА, коммутационных аппаратов и правильности функционирования оперативных цепей, связывающих их между собой в единый комплекс. Проверка производится при новом включении или после технического обслуживания, связанного с работой в оперативных цепях, при котором эти цепи могли оказаться нарушенными. В последнем случае проверяются по крайней мере те цепи, которые могли оказаться нарушенными в процессе работы.

**3.10.2.** Проверку взаимодействия устройств РЗА следует производить, как правило, на выведенных из работы устройствах РЗА и разобранных разъединителях схемах первичных соединений коммутационных аппаратов. Проверку взаимодействия в этом случае следует производить в следующем порядке.

- а) При снятом с устройств и коммутационных аппаратов оперативном напряжении подсоединяются кабельные связи между устройствами РЗА и коммутационными аппаратами, с предва-

рительной проверкой их изоляции (или проверкой изоляции устройства РЗА в полностью собранной схеме) согласно п. 3.5.

- б) На устройства РЗА подается номинальное оперативное напряжение.
- в) Производится проверка взаимодействия непосредственным воздействием одного устройства на другое для каждой цепи с учетом требований, изложенных в пп. 3.8.4-3.8.7. При проверке взаимодействия следует учитывать положение коммутационных аппаратов и реле, блок-контактов, фиксирующих это положение. Проверку в необходимых случаях следует производить при включенном и отключенном положении коммутационных аппаратов, а если такой возможности нет, размыканием или замыканием блок-контактов коммутационных аппаратов.

Для сложных устройств РЗА выполненных на базе ИМС, или микропроцессорных устройств РЗА в случаях, когда имитация проверяемых режимов затруднена, допускается проводить проверку взаимодействия, устанавливая перемычки в выходных цепях на рядах выводов устройств РЗА при условии, что предварительно на этих выводах были проверены выходные воздействия устройства.

- г) Подается оперативное напряжение на коммутационные аппараты и опробуется действие устройства РЗА на отключение, включение, в том числе АПВ. Действие газовой защиты должно быть опробовано на отключение выключателей (или другие коммутационные аппараты) путем непосредственного воздействия на газовые реле.

При невозможности опробования действия устройства РЗА непосредственно на другие устройства РЗА и коммутационные аппараты следует произвести это опробование косвенным способом, например, на вольтметр при соответствующем положении коммутационного аппарата.

**3.10.3.** Подключение кабельных связей проверяемого устройства и проверку его взаимодействия с включенными в работу устройствами РЗА следует производить при номинальном оперативном напряжении в следующей последовательности:

- а) проверить отсутствие подсоединения на рядах зажимов устройств РЗА цепей связи с проверяемым устройством;
- б) проверить отсутствие (наличие) сигналов на соответствующих зажимах проверяемого устройства;
- в) подсоединить цепи связи с другими устройствами на рядах зажимов проверяемого устройства, предварительно проверив «прозвонкой» правильность маркировки жил и их изоляцию (п. 3.5);



- г) проверить запуск проверяемого устройства от воздействия других устройств по цепям связи с ними подачей сигналов на жилы кабелей со стороны других устройств;
- д) проверить исправность цепей воздействия проверяемого устройства на другие устройства путем измерения сопротивления (напряжения) между жилами кабелей со стороны других устройств;
- е) подготовить цепи управления коммутационными аппаратами, проверить отсутствие сигналов от проверяемого устройства на цепи отключения (включения) коммутационных аппаратов, подсоединить цепи связи проверяемого устройства с коммутационными аппаратами;
- ж) проверить отсутствие (наличие) сигналов от проверяемого устройства на жилах остальных кабелей со стороны других устройств;
- з) подсоединить цепи связи проверяемого устройства к выводам других устройств;
- и) произвести с разрешения оперативного персонала опробование действия цепей отключения (включения) каждого вводимого в работу устройства РЗА на коммутационные аппараты и на другие устройства РЗА, посредством которых производится отключение (включение) коммутационных аппаратов, например, УРОВ, дифференциальной защиты шин, устройства АПВ.

При наличии разделения цепей отключения по фазам должны быть опробованы цепи отключения каждой фазы коммутационного аппарата. Если выключатель имеет два отключающих электромагнита, также должны быть опробованы цепи отключения на каждый электромагнит отдельно.

**3.10.4.** Проверка взаимодействия устройств, реализация действия которых происходит на других энергообъектах, например, с использованием ВЧ каналов устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, должна выполняться по программам (п. 2.1). Проверка производится под контролем служб РЗА, в управлении которых находятся устройства, взаимодействие которых проверяется.

**3.10.5.** Проверка взаимодействия устройств РЗА с АСУ ТП выполняется по программам с участием всех заинтересованных служб: РЗА, АСУ, диспетчерской службы и службы связи. Это взаимодействие частично может проверяться в процессе наладки устройства РЗА. В частности, отображение на мониторах оперативного персонала положения коммутационных аппаратов, отключения их от защиты, срабатывания аварийной сигнализации, срабатывания указательных реле и т.п. может проверяться в процессе вышеописанной проверки вза-

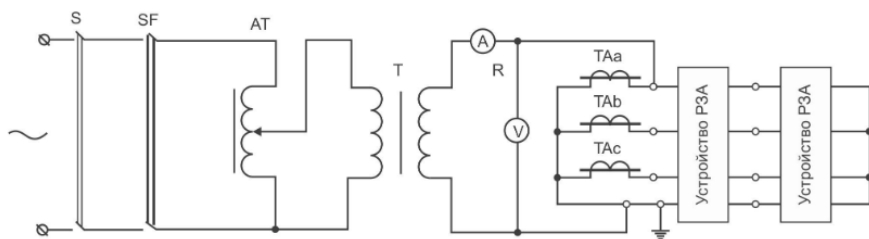
имодействия элементов устройства РЗА и проверки характеристик устройства РЗА в полной схеме.

**3.10.6** После проверки действия проверяемого устройства на коммутационные аппараты работы в оперативных цепях не должны производиться.

### **3.11. Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением**

**3.11.1.** Перед проверкой устройств РЗА первичным током и напряжением в ряде случаев целесообразно проверять правильность прохождения токов через все устройства РЗА и правильность подаваемых на устройства РЗА напряжений путем подключения посторонних источников к проверяемым вторичным цепям тока и напряжения. Это целесообразно в случаях, когда имеется сомнение в правильности сборки схемы токовых цепей или цепей напряжения, или есть необходимость в их предварительной проверке для ускорения последующих этапов работы.

**3.11.2.** Правильность сборки токовых цепей следует проверять, подключая поочередно однофазный источник тока к выводам сборки трансформаторов тока или к выводам ближайшего к трансформаторам тока устройства РЗА между каждым фазным и нулевым проводами (рис. 10) или между фазными проводами, в случае сборки вторичных обмоток трансформаторов тока в треугольник. Вполне можно использовать и трехфазный источник, если это позволяет испытательное устройство. При проверке первичная обмотка трансформаторов тока не должна быть замкнута.



**Рис. 10.** Схема проверки правильности сборки токовых цепей однофазным вторичным током

В процессе проверки следует контролировать протекание токов через каждое из устройств РЗА (на входных зажимах устройств) по тем фазным и нулевым проводам, к которым подключен источник тока, и отсутствие тока (точнее, весьма малое его значение) в остальных проводах и обмотках. Могут контролироваться также токи намагничивания, протекающие по вторичным обмоткам трансформаторов тока. Измерение токов производится токоизмерительными клещами вольтамперфазометра, например, прибора ВАФ-85, «Парма ВАФ-А», или «РЕТОМЕТР» производства «НПП Динамика» или любого другого, имеющегося в наличии (далее для краткости — ВАФ). Если используются нагрузочные устройства без разделительного (нагрузочного) трансформатора Т, следует отключить проводник, заземляющий токовые цепи.

Если в наличии имеется однофазный источник тока, поочередно проверяются цепи, подключенные к каждой из обмоток трансформаторов тока. Если используется трехфазный источник симметричных токов, можно проверить одновременно токи во всех фазах токовых цепей подключенных устройств защиты и даже снять векторную диаграмму токов.

Подключив амперметр А и вольтметр V (см. рис. 10) при этой проверке, можно определить также сопротивление нагрузки токовых цепей. Если источник подключен в непосредственной близости к трансформаторам тока, измеренное сопротивление нагрузки позволяет рассчитать токовую погрешность трансформаторов тока при расчетных видах коротких замыканий.

**3.11.3.** Правильность сборки цепей напряжения следует проверять путем подачи напряжения от источника симметричного трехфазного напряжения со значением подводимого линейного напряжения 100 В к одному из устройств РЗА в релейном зале (или в другом месте) с тем порядком чередования фаз, который предусмотрен схемой цепей напряжения и проверки. При этом проверяется сохранение этого порядка чередования фаз во всей схеме цепей напряжения. Источник напряжения не должен иметь гальванической связи с землей. Автоматические выключатели и рубильники в цепях трансформатора напряжения должны быть отключены. Временно устанавливается дополнительное заземление цепей напряжения после коммутационных аппаратов за исключением случаев, когда заземление установлено на щите управления. Заземляется фаза В цепей напряжения или нуль, если на объекте старого типа нормально предусмотрено заземление нуля. Поочередно или одновременно в обе схемы, если позволяет схема источника, подаются напряжения в цепи «звезды» и «разомкнутого треугольника». При этом прибором ВАФ измеряются значения напряжений на всех устройствах РЗА, и на выводах автоматических выключателей трансформаторов на-

пряжения определяется чередование фаз. Чередование фаз напряжения на устройствах РЗА должно быть такое же, как и на источнике. При определении порядка чередования фаз напряжения в цепях «звезды» вывод В прибора ВАФ присоединяется к земле, если в проектной схеме объекта заземлена фаза В, а выводы А и С — к цепям напряжения с одноименной маркировкой. При проверке схемы цепей «разомкнутого треугольника» от источника напряжения, собранного в схему «звезды» с нулевым проводом, следует установить соответствие между выводами источника напряжения, например, А, В, С, 0 и цепями «разомкнутого треугольника», например, Н, К, И, Ф. При заземлении вывода В прибора ВАФ и подключении его выводов А и С к цепям с маркировкой «Н» и «И» прибор должен показать то же чередование, что и на источнике (А, В, С). Следует иметь в виду, что при наличии в цепях напряжения «разомкнутого треугольника» аппаратуры с термически неустойчивыми обмотками напряжения, например, реле мощности типов РБМ-78, РБМ-278, они должны быть на время проверки в вышеуказанном случае исключены из схемы цепей напряжения на испытательных блоках или рядах зажимов устройства РЗА.

**3.11.4.** При проверках, указанных в пп. 3.11.2, 3.11.3, следует фиксировать работу измерительных щитовых приборов и избегать их зашкаливания.

### ***3.12. Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением***

**3.12.1.** Проверку устройств РЗА первичным током и напряжением следует производить для окончательной проверки исправности и правильности подключения устройств РЗА к цепям тока и напряжения и самих трансформаторов тока и напряжения. В ряде руководств по вводу в работу микропроцессорных устройств РЗА такая проверка зачастую не рассматривается. Это не должно служить основанием для отказа от такой проверки, поскольку в данном случае фактически проверяется не само устройство, а цепи подключения устройства к измерительным трансформаторам тока и напряжения.

**3.12.2.** Проверку следует производить при подаче тока и напряжения непосредственно в первичные обмотки трансформаторов тока и напряжения. Проверка токовых защит может осуществляться либо подачей токов от постороннего источника, либо током нагрузки. Проверка более сложных защит осуществляется, как правило, током нагрузки и рабочим напряжением.

**3.12.3.** Для простых дифференциальных и ненаправленных максимальных токовых защит проверка от постороннего источника тока может быть окончательной, и после нее эти защиты могут вводиться в работу.

Для других устройств РЗА эта проверка может быть выполнена с целью предварительной проверки исправности цепей тока, устройств РЗА и измерительных трансформаторов тока.

**3.12.4.** Проверку устройств РЗА током нагрузки и рабочим напряжением следует производить в следующих случаях:

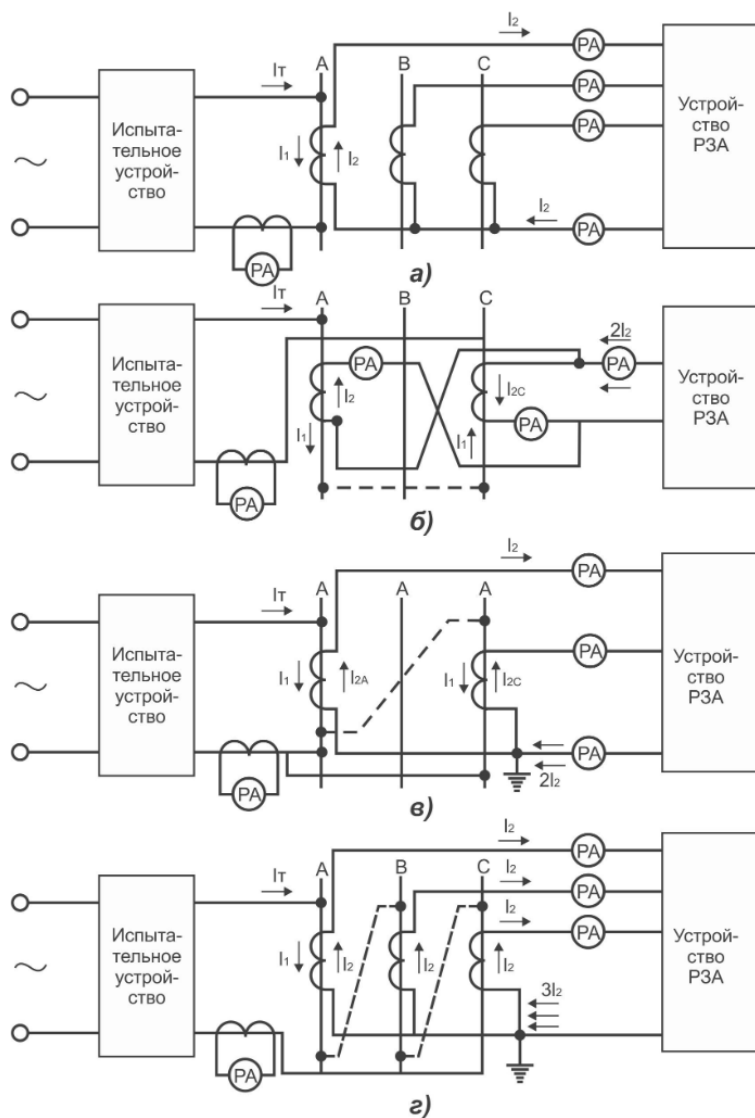
- а) если в защитах есть органы, питающиеся одновременно от трансформаторов тока и напряжения;
- б) когда проверка устройства РЗА производится без отключения силового оборудования, на котором оно установлено;
- в) когда проверка первичным током нагрузки и рабочим напряжением выполняется более просто и с меньшей затратой времени, чем проверка от постороннего источника;
- г) при необходимости двусторонней проверки устройств РЗА линий.

**3.12.5** Для того, чтобы во время проверки не нарушить токовые цепи, измерения токов следует производить с помощью специальных токоизмерительных клещей, имеющихся в вольтамперфазометрах, например, в приборах ВАФ-85, РЕТОМЕТРАХ производства НПП «Динамика», приборах «Парма ВАФ-А» производства ООО «Парма» и др. Малые токи, например токи небаланса, токи, протекающие в нулевом проводе вторичных цепей трансформаторов тока при симметричной нагрузке, и прочие измеряются с помощью миллиамперметров, подключаемых к измерительным зажимам панелей защиты с соблюдением правил безопасности при работе в токовых цепях или к выводам испытательных блоков. Векторные диаграммы токов при малых токах нагрузки и недостаточной чувствительности имеющихся в наличии приборов снимаются способами, указанными в п. 3.12.14.

**3.12.6.** Во избежание коротких замыканий все переключения в цепях напряжения проверяемого устройства РЗА при проверке рабочим напряжением должны, как правило, производиться с помощью контрольных штекеров испытательных блоков либо при снятом напряжении с устройства РЗА.

**3.12.7.** Непосредственно перед проверкой устройств РЗА первичным током и напряжением следует произвести:

- а) осмотр аппаратуры устройств РЗА и рядов зажимов;
- б) проверку целостности токовых цепей путем измерения их активного сопротивления;



**Рис. 11.** Схема проверки максимальных токовых защит первичным током от однофазного источника тока:

**а** — в «полную звезду» при подаче тока в одну фазу; **б** — «на разность токов»;

**в** — в «неполную звезду»; **г** — «полную звезду» при подаче тока в три фазы

- в) проверку изоляции цепей тока и напряжения в соответствии с п. 3.5;
- г) проверку наличия заземления в цепях тока, напряжения и т.п.;
- д) установку накладок, переключателей, крышек испытательных блоков и других переключающих устройств в положения, при которых исключается воздействие проверяемого устройства на другие устройства и коммутационные аппараты.

В отдельных случаях цепи воздействия на коммутационные аппараты могут не отключаться, если схема первичных соединений допускает одновременное опробование отключения коммутационных аппаратов и это предусмотрено программой.

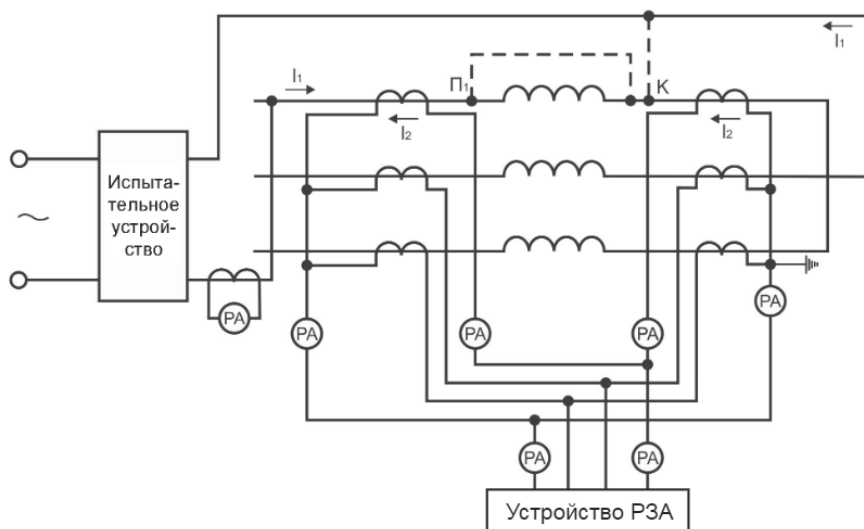
**3.12.8.** При проверке устройств РЗА от постороннего источника ток к первичным обмоткам трансформаторов тока может подаваться разными способами, указанными ниже.

**3.12.8.1.** Одним из способов является проверка от однофазных нагрузочных устройств, например, РЕТ-3000 производства НПП «Динамика». Схемы проверки для разных соединений трансформаторов тока приведены на рис. 11. Первичный ток от любого достаточно мощного нагрузочного устройства поочередно на каждый трансформатор тока или на два, или три последовательно включенных трансформатора тока в зависимости от схемы соединений трансформаторов тока и увеличивают до тех пор, пока ток во вторичных цепях трансформаторов тока не достигнет 10-20% номинального значения тока трансформаторов тока. Измеряя токи во вторичных цепях, проверяют исправность токовых цепей, правильность их соединения и правильность установленного коэффициента трансформации трансформаторов тока.

При этом в схеме «полной звезды» (рис. 11, а) значения токов в фазном проводе проверяемого трансформатора тока и нулевом проводе должны быть практически равны между собой. В схеме «на разность токов» (рис. 11, б) значение тока, поступающего в защиту, должно быть в два раза больше токов, протекающих во вторичных обмотках трансформаторов тока. В схемах «неполной звезды» (рис. 11, в) и «полной звезды» (рис. 11, г) значения токов в фазных проводах должны быть одинаковыми, а значение тока в нулевом проводе должно быть равно сумме токов, протекающих в фазных проводах.

После проверки исправности токовых цепей, если позволяет мощность источника, значение тока следует увеличивать до момента срабатывания защиты. Именно такой способ используется для проверки защит прямого действия.

От однофазного источника могут быть проверены также схемы дифференциальных защит крупных двигателей (рис. 12).



**Рис. 12.** Схема проверки дифференциальной защиты первичным током от однофазного источника тока

Проверку следует производить поочередно для каждой фазы двигателя. При проверке обмотка проверяемой фазы двигателя должна быть замкнута, а испытательное устройство подключено таким образом, чтобы обтекались током оба трансформатора тока проверяемой фазы (имитация КЗ вне зоны действия защиты). Значения токов, измеренных в фазном и нулевом проводах, должны быть одинаковы (при равных коэффициентах трансформации трансформаторов тока), а в дифференциальном проводе — равны нулю. Целостность проводов дифференциальной цепи следует проверять при подсоединении одного из проводов источника тока к точке К, расположенной в зоне действия защиты, или, если в токовых цепях установлены испытательные блоки, — снятием рабочей крышки блока в одном из плеч дифференциальной защиты (в режиме имитации КЗ вне зоны).

**3.12.8.2.** Другим способом проверки устройств РЗА является проверка от трехфазного источника питания. Этот способ применяется для проверки продольных дифференциальных, максимальных токовых защит и других устройств РЗА трансформаторов, автотрансформаторов, двигателей, генераторов и блоков генератор-трансформатор. Этот метод следует применять для проверки мощных сетевых трехобмоточных трансформаторов (автотрансформаторов), когда от обмотки низкого напряжения питаются только собственные нужды подстанции, и



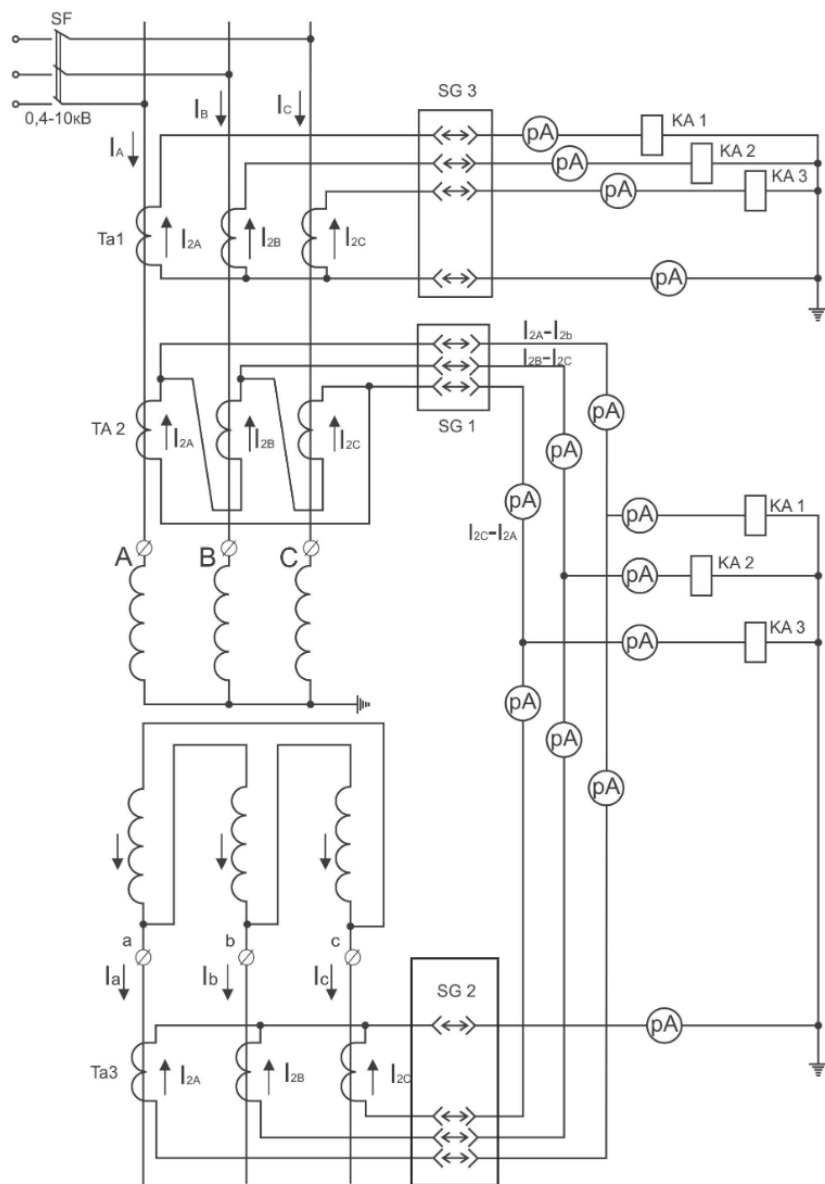


Рис. 13. Схема проверки защиты трансформатора первичным током от трехфазного источника

в этом плече при включении под рабочее напряжение не будет достаточного значения тока для проверки дифференциальной защиты.

Схема проверки защит трансформатора приведена на рис. 13.

Со стороны низкого напряжения трансформатора следует установить испытательную трехфазную закоротку, а со стороны высокого напряжения подать трехфазное напряжение от сети 0,4; 3-10 кВ или от другого трансформатора. Источник питания подключается обычно со стороны высокого напряжения трансформатора для того, чтобы можно было использовать источник меньшей мощности, чем при включении источника со стороны низкого напряжения трансформатора.

Значение испытательного тока ( $I_{исп}$ ), в амперах, проходящего через трансформатор от источника пониженного напряжения, следует определить по формуле:

$$I_{исп} = I_{ном} \frac{U_{исп} \cdot 100}{U_{ном} \cdot U_k} \quad (7)$$

где  $I_{ном}$  — номинальный ток проверяемого трансформатора, А;

$U_{исп}$  — напряжение источника пониженного напряжения, кВ;

$U_{ном}$  — номинальное напряжение проверяемого трансформатора со стороны подключения источника пониженного напряжения, кВ;

$U_k$  — напряжение короткого замыкания проверяемого трансформатора (той пары обмоток, которая участвует в проверке), %.

При использовании в качестве источника питания другого трансформатора его необходимая мощность  $S_{исп}$ , кВА, может быть подсчитана по формуле:

$$S_{исп} \geq S_{ном} \left( \frac{U_{исп}}{U_{ном}} \right)^2 \frac{100}{U_k} \quad (8)$$

где  $U_{исп}$  — номинальное напряжение испытательного трансформатора со стороны обмотки, подключаемой к проверяемому трансформатору, кВ;

$S_{ном}$ ,  $U_k$  — номинальные мощность и напряжение короткого замыкания проверяемого трансформатора соответственно, кВА и %;

$U_{ном}$  — номинальное напряжение проверяемого трансформатора со стороны обмотки, к которой подключается испытательный трансформатор, кВ.

Проверку рекомендуется производить в следующем порядке.

- а) Необходимо подобрать источник питания (по мощности и напряжению), место его подключения (с какой стороны испытуемого трансформатора) и рассчитать значения первичных и вторичных токов. По значению первичного тока выбрать сечение подводящего кабеля и закоротки, а также оценить, допустим ли

режим испытания для источника питания. Рекомендуется в качестве источника питания применять трансформаторы, отключение которых не может вызвать нарушения электроснабжения.

- б) При подключении к источнику питания необходимо обеспечить защиту от короткого замыкания в подводящем кабеле.
- в) По значениям вторичных токов следует оценить возможность получения достоверных результатов проверки.

При достаточных значениях вторичных токов следует измерить токи и напряжения небалансов дифференциальных защит, фильтров тока прямой, обратной и нулевой последовательностей, снять векторную диаграмму вторичных токов. При снятии векторной диаграммы опорное напряжение, подаваемое на прибор ВАФ, должно быть синхронным с напряжением сети пониженного напряжения. Это напряжение может быть взято от вторичных цепей трансформаторов напряжения или непосредственно от трехфазной сети с линейным напряжением 220-380 В.

Измерение углов между векторами токов в измеряемых цепях можно произвести также с помощью двухлучевого осциллографа и двух токоизмерительных клещей прибора ВАФ. В этом случае осциллографом измеряются углы между напряжением на выходах токоизмерительных клещей. Двое клещей первоначально подключают в цепь одного и того же провода одинаковой полярностью и соответствующим образом к входам осциллографа, чтобы на экране две синусоиды совпадали по фазе, затем одни клещи поочередно переносятся в цепь двух других фаз токовых цепей, а другие клещи остаются на прежнем месте. При этом определяются углы сдвига фаз между векторами токов по отношению к вектору тока в цепях первой фазы.

При правильно собранных токовых цепях значения токов в фазных проводах должны быть равны:

$$I_{23\text{В}} = \frac{I_{13\text{В}}}{K_{\text{т}}} \quad (9)$$

$$I_{2\Delta} = \sqrt{3} \frac{I_{1\Delta}}{K_{\text{т}}}, \quad (10)$$

где  $I_{23\text{В}}$ ,  $I_2$  — токи, протекающие в фазных проводах вторичных цепей трансформаторов тока, соединенных соответственно в «звезду» и «треугольник», А;

$I_{13\text{В}}$ ,  $I_1$  — токи, протекающие в первичных обмотках трансформатора тока, А.

$K_{\text{т}}$  — коэффициент трансформации трансформаторов тока.

Токи небаланса, измеряемые миллиамперметром в дифференциальных и нулевом проводах, должны быть близки к нулю и не превышать расчетных токов небаланса более чем на 20-30%. При поочередном снятии крышек испытательных блоков измеряются токи в дифференциальных проводах. Они должны быть равны токам в фазных проводах того плеча защиты, вторичные цепи которого остаются в работе. Равенство токов выполняется при отсутствии токовых отсоединений и закорачиваний в сторону трансформаторов тока соответствующих цепей на рядах зажимов устройства РЗА.

Защиты двигателей высокого напряжения могут быть проверены от трехфазного нагрузочного устройства при закороченных обмотках статора или при подключении обмотки статора к сети пониженного напряжения, например, 380 В при закороченных и заземленных обмотках ротора (для двигателей с фазным ротором).

От трехфазного источника может быть проверена также правильность сборки цепей напряжения. В этом случае закоротки не устанавливаются, к первичным обмоткам трансформаторов напряжения подводится пониженное трехфазное напряжение, а во вторичных цепях трансформаторов напряжение вольтметром (милливольтметром) снимается потенциальная диаграмма и затем методом засечек строится векторная диаграмма, по которой определяется правильность сборки схемы (п. 3.12.11).

**3.12.8.3.** Проверку защит генераторов и блоков генератор-трансформатор удобно выполнять в процессе пусковых испытаний, во время которых производится снятие характеристик КЗ и ХХ.

Трехфазная закоротка (должна быть рассчитана на номинальный ток генератора) устанавливается на выводах генератора, если он работает на сборные шины, или на стороне высокого напряжения повышающего трансформатора, если генератор работает в блоке с трансформатором. При этом если в цепи протекания первичного тока КЗ от генератора находятся выключатели, необходимо принять меры, предотвращающие их отключения во время проверки, а в цепях возбуждения генератора принять меры, предотвращающие повышение напряжения в статоре генератора при обрыве цепи протекания тока КЗ.

Постепенно повышая ток возбуждения генератора, увеличивают ток КЗ до значения, достаточного для проверки устройств РЗА. Проверку правильности сборки токовых цепей защит можно начинать уже с момента достижения генератором более или менее устойчивых частот вращения, если устанавливаются вторичные токи, достаточные для проверки защит. Окончательную проверку токовых защит можно проводить непосредственно во время опыта КЗ, когда генератор работает при номинальной частоте вращения и с номинальным током.

Можно также предварительно снять векторные диаграммы токов, если имеется прибор ВАФ, который может измерять углы сдвига фаз относительно опорного тока.

Цепи напряжения возбужденного генератора проверяются также при пусковых испытаниях во время снятия характеристики ХХ.

Таким же способом можно проверять устройства РЗА трансформаторов и линий электропередачи, когда имеется возможность выделить генератор для проверки из защит.

Устройства РЗА генератора могут быть также проверены при вращении невозбужденного генератора валоповоротным устройством при установленной трехфазной закоротке в цепях статора (или за блочным трансформатором) согласно [9].

**3.12.9.** В случаях, когда проверка устройств РЗА от постороннего источника проводилась малыми токами, недостаточными для достоверной оценки правильности включения устройства РЗА следует после включения оборудования под нагрузку произвести проверку устройств РЗА в полном объеме согласно п. 3.12.10. Если же токи были достаточны, и проверка производилась от трехфазного источника питания, допустимо ограничиться проверкой векторной диаграммы только одной из групп трансформаторов тока и измерить токи небалансов в нулевых проводах, дифференциальных цепях, фильтрах.

**3.12.10.** Проверку устройств РЗА током нагрузки и рабочим напряжением следует производить при включении в работу первичного оборудования за счет токов нагрузки. Эту проверку можно производить также при предварительном включении первичного оборудования под напряжение за счет уравнительных токов параллельно включенных трансформаторов, токов шунтирующих реакторов, подключенных к ВЛ 500-1150 кВ, емкостных токов участков ВЛ напряжением 500-750 кВ.

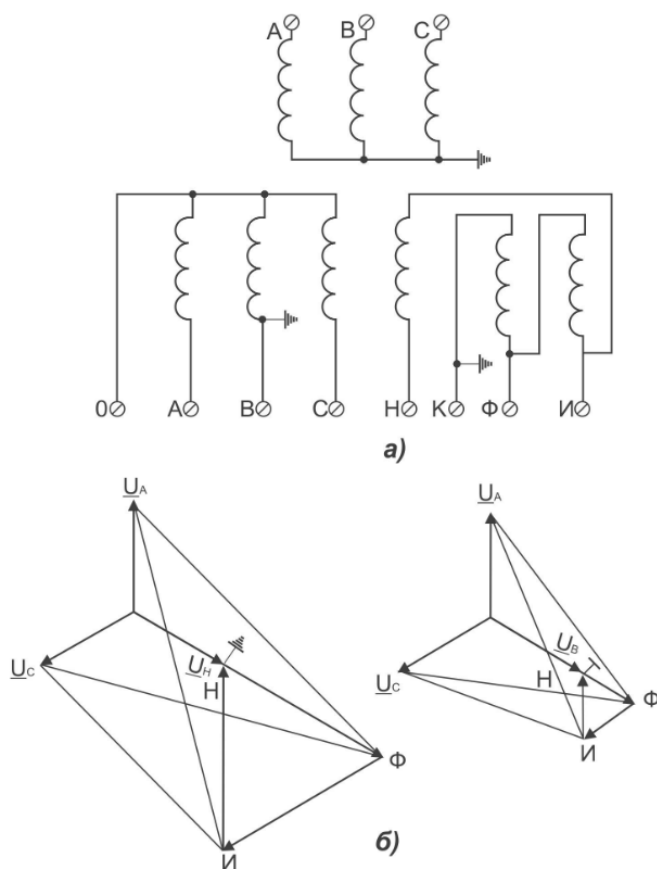
При отсутствии нагрузки или источника питания на стороне низкого напряжения автотрансформатора с выносными регулировочными устройствами можно использовать ток регулировочного трансформатора при установке переключателя в крайние положения. При правильно собранных токовых цепях защиты при установке переключателя в положение 1, что соответствует минимальному коэффициенту трансформации между сторонами высокого и среднего напряжения автотрансформатора, вектор тока стороны низкого напряжения должен примерно совпадать с вектором тока стороны среднего напряжения. При установке же переключателя в другое крайнее положение, соответствующее максимальному коэффициенту трансформации, вектор тока стороны низкого напряжения должен примерно совпадать с вектором тока стороны высокого напряжения.

При новом включении проверку следует производить в полном объеме, указанном в п. 3.12.11.

**3.12.11.** Перед включением под нагрузку должны быть сфазированы первичные цепи вновь вводимого и действующего оборудования. Для этого вновь вводимое оборудование опробуется действующим рабочим напряжением. При этом напряжение должно быть подано и на первичные обмотки вновь вводимых трансформаторов напряжения.

Следует убедиться в исправности вновь вводимых трансформаторов напряжения путем измерения значений напряжений (фазных, линейных,  $3U_0$ , между выводами обмоток, собранных в «звезду» и «разомкнутый треугольник») во вторичных цепях проверяемого трансформатора напряжения и проверкой чередования фаз или снятием векторной диаграммы напряжений прибором ВАФ. Измерения производятся в шкафу трансформатора напряжения и на панели щита управления, куда приходят кабели из шкафа трансформатора напряжения. Удобно сначала измерить все напряжения относительно земли. По результатам этих измерений оценивается правильность соединений вторичных обмоток трансформаторов. Если фазные и линейные напряжения симметричны, а в цепи разомкнутого треугольника напряжение небаланса не превышает 1-3 В, то в схеме нет неправильно включенных (перевернутых по полярностям) обмоток. Правильность наименования фаз определяется при определении чередования фаз, либо пофазным отключением трансформатора напряжения со стороны высокого напряжения, если там установлены однофазные разъединители или предохранители. При пользовании фазоуказателем или прибором ВАФ вывод В прибора соединяется с землей (если в схеме трансформатора напряжения заземлен нуль, а не фаза В, то на время проверки заземление нужно перенести на фазу В при снятом первичном напряжении).

Для трехобмоточных трансформаторов напряжения с номинальным первичным напряжением 35 кВ и выше с выведенными вершинами «разомкнутого треугольника» проверку правильности сборки цепей «разомкнутого треугольника» нужно произвести также построением потенциальной диаграммы напряжений. Если вершины «разомкнутого треугольника» не выведены на панель управления, потенциальная диаграмма строится только по результатам измерений в шкафу ТН. Диаграмма строится методом «засечек» по результатам измерений напряжения между каждым из выводов разомкнутого треугольника и всеми фазами и нулем «звезды». Для стандартной схемы вторичных цепей трансформатора напряжения с заземленными выводами фаз В и К построение потенциальной диаграммы приведено на рис. 14, а значение измеренных напряжений — в табл. 4.



**Рис. 14.** Проверка цепей напряжения:

*а — принципиальная схема вторичных цепей напряжения сети 35кВ и выше;*

*б — векторная диаграмма напряжений для сети с заземленной нейтралью;*

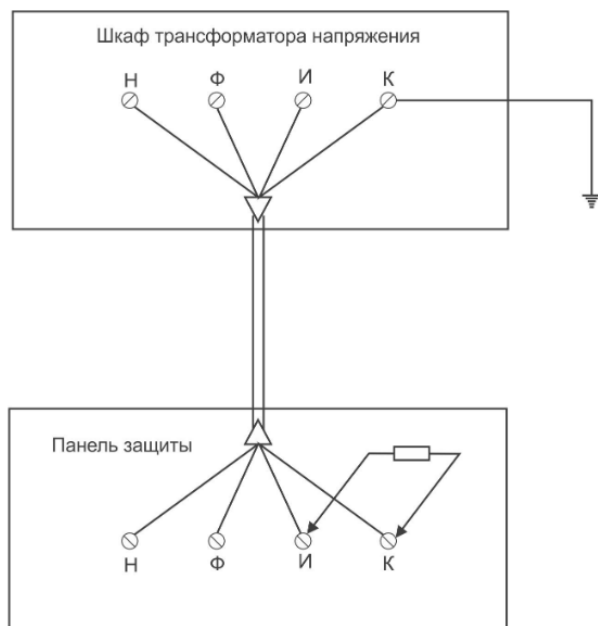
*в — то же для сети с изолированной нейтралью*

Следует обращать особое внимание на проверку правильности маркировки выводов Н и К цепей «разомкнутого треугольника», имеющих приблизительно одинаковые потенциалы по отношению ко всем другим выводам вторичных обмоток трансформатора напряжения. Необходимо проверить на сборке выводов, от какой фазы трансформатора напряжения приходит заземленный конец цепи  $3U_0$ . Следует иметь в виду, что ошибочная маркировка и установка заземления в цепи  $3U_0$

приводят к неправильному включению направленных защит и к их неправильным действиям при КЗ в защищаемой сети.

Напряжение вывода К относительно «земли» должно быть равно нулю, а вывода Н — напряжению небаланса 1-3 В.

В некоторых случаях измеренные значения напряжения выводов Н и К по отношению к корпусу панели, установленной на щите управления, имеют незначительные отличия из-за наведенных напряжений между точкой заземления вторичных обмоток в шкафу трансформатора напряжения и корпусом панели, относительно которого производится измерение на щите управления. В этом случае проверку можно произвести указанным ниже способом.



**Рис. 15.** Схема определения выводов Н и К разомкнутого треугольника

На ряде зажимов панели, на которую подведены кабели от трансформатора напряжения, временно отсоединяют жилу кабеля с маркой Н в сторону трансформатора напряжения (рис. 15). Между выводами И и К включают резистор R сопротивлением 50-100 Ом, при этом в цепях между выводами Н и И протекает ток 1-2 А. С помощью клещей прибором ВАФ измеряют токи в цепях с маркировкой Н, К и И



на ряде выводов панели и в шкафу трансформатора напряжения, где можно визуально определить заземленную жилу. При правильно выполненных обозначениях на жилах кабеля на панели и в шкафу трансформатора напряжения в цепях с маркировкой К и И должен протекать ток 1-2 А, а в цепях с маркировкой Н ток должен отсутствовать.

После этого следует произвести фазирование вторичных цепей проверяемого трансформатора напряжения с цепями другого, заведомо исправного трансформатора напряжения, измеряя вольтметром напряжения между всеми вторичными цепями проверяемого и заведомо исправного трансформаторов напряжений. При этом напряжение на первичные обмотки проверяемого и заведомо исправного трансформатора напряжения должно непосредственно подаваться от одного и того же источника напряжения. Фазировку следует считать правильной, если напряжения между цепями с одноименной маркировкой равны нулю (или близки к нулю для цепей с маркировкой В и К), а между другими цепями соответствуют значениям, приведенным в табл. 4.

Аналогично указанным выше способом следует проверить правильность подвода напряжений от проверяемого ТН к колонке синхронизации и к другим устройствам РЗА.

После этого первичные цепи проверяемого и действующего оборудования разделяются отключением коммутационных аппаратов, и на проверяемое оборудование подается рабочее напряжение от вновь вводимого источника.

Таблица 4

Вид сети	Значения напряжений между фазами вторичных цепей напряжения										
	АО	ВО	СО	АВ	ВС	СА	НИ	ИФ	ФК	НК	АН
С заземленной нейтралью	58	58	58	100	100	100	100	100	100	1-3	100
С изолированной нейтралью	58	58	58	100	100	100	33	33	33	1-3	100

Вид сети	Значения напряжений между фазами вторичных цепей напряжения										
	АИ	АФ	АК	ВН	ВИ	ВФ	ВК	СН	СИ	СФ	СК
С заземленной нейтралью	195	195	100	1-3	100	100	0	100	142	195	100
С изолированной нейтралью	130	129	100	1-3	33	33	0	100	105	130	100

Проверяется фазировка цепей между вторичными цепями вновь вводимого трансформатора напряжения и цепями одного из заведо-

мо исправных трансформаторов напряжения. Этим проверяется фазировка первичных напряжений между проверяемым и действующим оборудованием.

Если на вводимом в работу первичном оборудовании отсутствуют трансформаторы напряжения, оно подключается к специально выделенной системе шин, и фазировка производится аналогично при поданном на оборудование напряжении от противоположного источника между цепями трансформатора напряжения выделенной системы шин и исправными цепями другого трансформатора, питающегося от другого источника. Фазировка цепей считается правильной, если одноименные векторы напряжений совпадают или сдвинуты один относительно другого на небольшой угол, соответствующий углу нагрузки на шунтирующих связях. При правильной фазировке поступающих напряжений первичное оборудование может ставиться под нагрузку (замыкаться в транзит линии электропередачи, подключаться нагрузка к трансформаторам и т.д.).

**3.12.12.** Проверку исправности всех токовых цепей производить путем измерения токов в фазных и нулевом проводах (проверкой «обтекания» токовых цепей). Ток в нулевом проводе следует измерять с помощью миллиамперметра, включаемого в цепь нулевого провода через измерительный зажим или контрольный штекер испытательного блока, если не хватает чувствительности современных приборов ВАФ. Измерения производятся для проверки целостности токовых цепей, поэтому измеряются только значения токов. Токи измеряются во всех вторичных обмотках, в том числе и в неиспользуемых (измерения в этом случае должны быть проведены в месте их закорачивания в ящике выводов трансформаторов тока).

**3.12.13.** Проверка исправности и правильности подключения цепей напряжения.

Ниже приведен полный объем работ, который необходимо выполнить в процессе проверки (объем работ, выполненных при фазировке первичных источников, может не повторяться):

- а) Проверяется исправность цепей напряжений на выходе панели автоматики трансформатора напряжения во всех положениях ключей, переводящих нагрузку с рабочего на резервный трансформатор напряжения путем снятия потенциальной диаграммы и проверки чередования фаз или снятием векторной диаграммы прибором ВАФ. При определении чередования фаз и снятии векторных диаграмм вывод В фазоуказателя (прибора ВАФ) должен быть подсоединен к земле. При этом также измеряются напряжения цепей всех фаз относительно земли. Измеренные значения должны соответствовать приведенным

в табл. 4, напряжение небаланса на выходе «разомкнутого треугольника» не должно превышать 1-3 В.

- б) Измеряются значения напряжений цепей «звезды» и «разомкнутого треугольника» на рядах зажимов всех вводимых устройств РЗА, после чего фазироваться цепи этих напряжений с цепями напряжений на панели автоматики трансформатора напряжения или с другими панелями РЗА, на которых цепи напряжения заведомо исправны.

В отдельных случаях следует производить фазировку напряжений на выводах отдельных реле и аппаратов и на рядах зажимов устройств РЗА, если имеется сомнение в достаточности предыдущих проверок для определения правильности выполнения монтажа панели.

**3.12.14.** Проверяется правильность подключения устройств РЗА к цепям тока. Проверка производится в следующей последовательности:

- а) С помощью прибора ВАФ снимаются векторные диаграммы токов на входе каждого устройства РЗА. Измерения следует производить на рядах зажимов устройств. В отдельных случаях в соответствии с инструкциями на отдельные устройства следует снять векторные диаграммы токов на выводах реле, комплектов, например, при съеме этих реле, комплектов, когда схема переменного тока этих реле, комплектов проверялась при подаче токов не на ряд зажимов устройства, а на выводы реле, комплектов и т.п.

Для обеспечения возможности снятия векторных диаграмм при малых значениях токов нагрузки (меньше 50-100 мА во вторичных цепях трансформаторов тока) применяются современные приборы ВАФ или при их отсутствии следующие методы. В рассечку токовых цепей на контрольных штекерах испытательных блоков или на контактных мостиках измерительных зажимов ряда зажимов включаются катушки из нескольких витков изолированного провода. Токоизмерительными клещами при измерении охватываются все витки катушки, и значения токов, измеренных ВАФ в этом случае, следует разделить на число витков катушки, охватываемых токоизмерительными клещами. Другой метод: между токоизмерительными клещами и прибором ВАФ включаются приставки — усилители тока (схемы таких приставок разработаны в ряде энергосистем) для увеличения тока, поступающего к прибору. Однако следует обратить внимание, что при малых токах нагрузки погрешности трансформаторов тока, к которым подключена защита, могут возрастать, и это может вносить погрешности в векторные диаграммы. Причиной тому полагая начальная часть характеристики намагничивания трансформаторов тока, приводящая к относительному возрастанию погрешности.

Перед снятием векторных диаграмм в токовых цепях следует проверить соблюдение полярности подключаемых к прибору токоизмерительных клещей и установку нуля по току. (Одним из методов проверки исправности прибора ВАФ-85 является подключение клещей обратной полярностью на провод, подходящий к выводу фазы С опорного напряжения. ВАФ-85 должен показать угол  $0^\circ$ ).

При снятии векторных диаграмм токов токоизмерительными клещами следует охватывать провод, в котором измеряется ток, таким образом, чтобы полярная сторона токоизмерительных клещей (отмеченная звездочкой) была обращена в сторону фазных выводов трансформаторов тока.

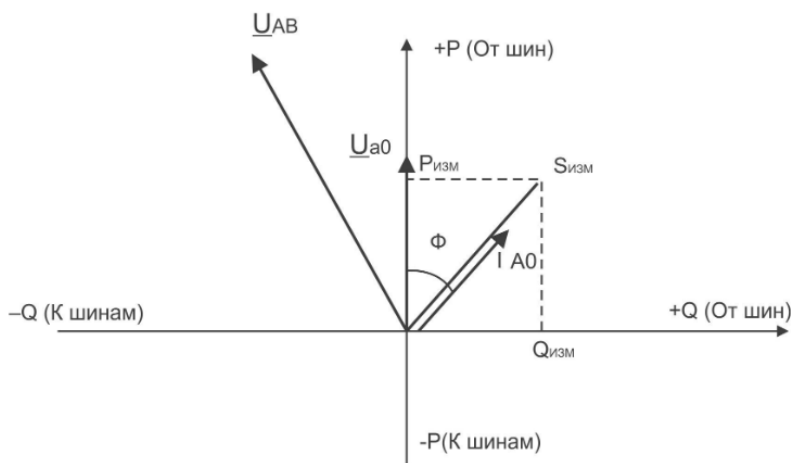
При измерениях должно быть обеспечено плотное прилегание плоскостей магнитопроводов токоизмерительных клещей без зазоров и перекосов, при измерении прибором ВАФ-85 фазы тока относительно опорного напряжения направление вращения лимба и направление движения стрелки к нулю должны обязательно совпадать.

- б) Выясняется точное направление и значения активной, реактивной мощностей и первичного тока, протекающего по данному присоединению. В некоторых режимах направления мощностей заранее известны, например, при прогрузке защит током реактора или емкостным током ВЛ, при работе нагруженного двигателя и т.п. Целесообразно также создавать тупиковый режим нагрузки по присоединению с проверяемой защитой. В остальных случаях определение направления и значений мощностей и тока следует производить по соответствующим ваттметрам и амперметрам и уточнять у диспетчера, в управлении которого находится данное присоединение (стабильность направления и значений активной и реактивной мощностей при проверке токовых цепей под нагрузкой следует периодически контролировать). Для повышения достоверности при определении направления перетоков мощности следует, по возможности, снимать также векторные диаграммы на противоположных концах присоединения.

При симметричной нагрузке положение вектора какой-либо фазы первичного тока, протекающего по присоединению, например,  $I_A$ , относительно вектора соответствующего фазного напряжения, например,  $U_{A0}$ , может быть определено с помощью диаграммы мощностей на плоскости  $P, Q$  (рис. 16). На осях  $P$  и  $Q$  следует нанести (с учетом направления) значения активной и реактивной мощностей, протекающих по присоединению. Поскольку эти значения являются проекциями полной мощности  $S$ , ( $P = U I \cos\varphi$ ,  $Q = U I \sin\varphi$ ) по имеющимся двум проекциям строится изображение полной мощности  $S$ . Угол между направ-

лением  $+P$  и направлением изображения полной мощности  $S$  является также углом между фазным напряжением ( $\underline{U}_{A0}$ ) и соответствующим фазным током ( $\underline{I}_A$ ), поскольку  $P_A = \underline{U}_{A0} I_A \cos\varphi$ . Располагая вектор  $\underline{U}_{A0}$  по оси  $+P$ , получаем, что интересующее нас направление вектора тока ( $\underline{I}_A$ ) совпадает с направлением изображения полной мощности  $S$ . Если рассчитанное таким образом направление тока совпадает с направлением, полученным при снятии векторной диаграммы, значит, токовые цепи защиты собраны правильно, и векторная диаграмма снята правильно.

Точные значения активной и реактивной мощностей могут быть вычислены и в обратном порядке. При снятии векторной диаграммы выяснилось, что ток каждой фазы, например,  $\underline{I}_A$ , отстает от своего фазного напряжения, например,  $\underline{U}_{A0}$ , на угол  $\varphi$ . Активная мощность по фазе  $A$  присоединения вычисляется по выражению  $P_A = \underline{U}_{A0} \cdot I_A \cdot \cos\varphi$ , а реактивная — по выражению  $Q_A = \underline{U}_{A0} I_A \sin\varphi$ ,  $\varphi$  или для трехфазной системы  $P = \sqrt{3}UI\cos\varphi$  и  $Q = \sqrt{3}UI\sin\varphi$ , где все напряжения и токи заданы в первичных значениях, и в двух последних формулах использованы линейные напряжения. Результаты расчета сравниваются с показаниями достоверных щитовых приборов, с данными диспетчера и данными противоположного конца линии.



**Рис. 16.** Построение вектора первичного тока по значениям и направлению активной и реактивной мощностей, протекающих по присоединению

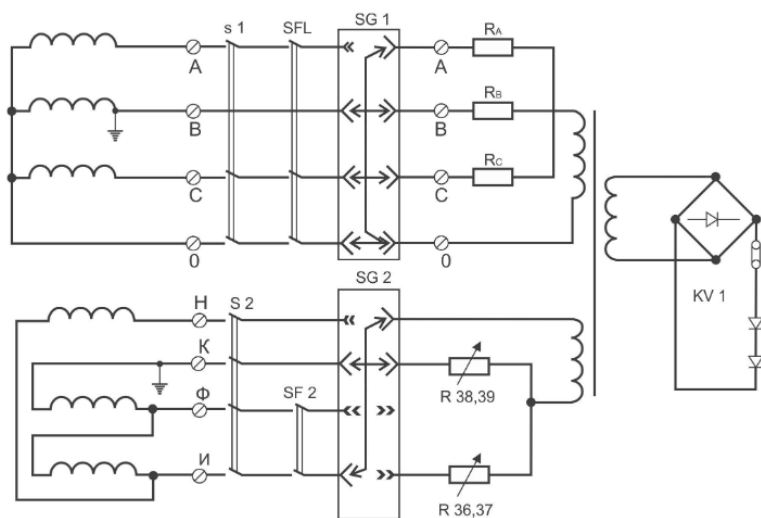
- в) Проверяется соответствие коэффициентов трансформации трансформаторов тока по значениям первичных и вторичных токов и направления векторов одноименных фаз первично-

го и вторичного токов. Направления этих векторов должны совпадать. Исключения допускаются для дифференциальных защит шин, трансформаторов, генераторов и т.п., в которых токи в отдельных плечах защиты могут быть сдвинуты относительно первичного тока на  $180^\circ$ . Если вторичные обмотки трансформаторов тока собраны в «треугольник», сравнивать направления первичных и вторичных токов следует с учетом группы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока.

Правильность сборки токовых цепей дифференциальных защит следует определять по минимальному значению тока небаланса в дифференциальных проводах при протекании по всем плечам защиты тока нагрузки и по увеличению небаланса при поочередном исключении вторичных токов, протекающих в плечах защиты. Исключение вторичных токов производится снятием крышек испытательных блоков. Как правило, нагрузка должна быть не менее 10-20% значения номинального тока трансформаторов тока, используемых в защите. Порядок производства этой работы аналогичен описанному в п. 3.12.8. Во многих реле, в том числе микропроцессорных, дифференциальная цепь существует лишь виртуально, внутри устройства. Значит, небаланс надо измерять иными способами, для реле серий РНТ, ДЗТ по току в реагирующем органе, для МП терминалов по показаниям дифференциального тока на дисплее или иными способами, изложенными в инструкциях фирм-изготовителей.

Не следует делать заключения о правильности подключения токовых цепей только на основе проверки направления вторичных токов без учета соответствия направлению первичных токов.

**3.12.15.** Проверяется поведение устройств блокировок при неисправностях цепей напряжения. Следует проверять поведение устройства при поочередном отключении на ряде выводов устройства всех проводов цепей напряжения «звезды» и «разомкнутого треугольника», при поочередном снятии крышек испытательных блоков цепей «звезды» и «разомкнутого треугольника». В этих режимах следует измерять токи в цепях выходного реле устройства. Значения этих токов должны превышать значения токов срабатывания реагирующего органа, и устройство должно срабатывать при отсоединении любого из проводников цепей напряжения за исключением цепей с маркировкой К и О. При восстановленных цепях напряжения следует измерить значения тока небаланса. Если устройства блокировки выполнены с компенсирующими обмотками, подключенными к напряжениям разомкнутого треугольника ( $3U_0$  и Н-И), следует произвести измерение небаланса при имитации однофазного короткого замыкания в сети (рис. 17).



**Рис. 17.** Схема проверки модернизированного варианта блокировки при неисправностях в цепях напряжения

На представленном рисунке изображен модернизированный вариант блокировки с общей компенсирующей обмоткой, подключенной через резисторы R38, 39 к напряжению  $3U_0$  и через резисторы R36, 37 к напряжению Н-И. Тем не менее, схема имитации однофазного КЗ остается такой же и для варианта блокировки с двумя разными обмотками, подключенными к напряжениям  $3U_0$  и Н-И. В типовом исполнении цепей «разомкнутого треугольника» и блокировки имитируется КЗ на фазе А. Однако при других вариантах сборки цепей «разомкнутого треугольника» необходима реконструкция блокировки. В этом случае имитируется однофазное КЗ на другой фазе. Значение тока небаланса должно быть меньше тока возврата реле. Конкретные значения кратности токов, протекающих в выходном реле блокировки, при обрывах отдельных цепей напряжения, а также небалансов при подводе исправных цепей напряжения должны соответствовать нормам, приведенным в заводской документации.

**3.12.16.** Проверяется правильность работы и небалансы на выходах фильтров симметричных составляющих тока и напряжения прямой и обратной последовательностей.

Должны быть проверены правильность подключения к цепям тока или напряжения и правильность настройки фильтров симметричных

составляющих тока и напряжения, содержащихся в измерительных и пусковых органах устройств РЗА. Проверка производится путем измерения значений тока или напряжения на выходах фильтров при поочередной подаче на вход устройств симметричной трехфазной системы тока или напряжения прямого и обратного чередований фаз. Проверку настройки фильтров тока желательно производить при токах нагрузки во вторичных токовых цепях не менее 20% номинального значения вторичного тока трансформаторов тока, к которым подключены устройства. В некоторых случаях оценку правильности подключения к токовым цепям можно производить и при меньших значениях тока.

Для фильтров обратной последовательности измеряется значение небаланса при подаче прямого чередования фаз воздействующих величин и значение выходного параметра при подаче обратного чередования фаз перекрещиванием любых двух фазных проводов. Значение выходного параметра в этом случае должно быть пропорционально подведенным токам или напряжениям обратной последовательности. При этом фиксируется поведение выходного реле. Оно должно сработать при превышении входным током или напряжением выполненной уставки. Для фильтров прямой последовательности — наоборот, значение выходного параметра должно быть пропорционально подведенным токам или напряжениям, а при подаче обратного чередования фаз на выходе фильтра должно быть лишь напряжение небаланса.

Значение небаланса измеряется амперметром с малым потреблением или вольтметром с большим внутренним сопротивлением. Для фильтра напряжения значение небаланса должно быть меньше параметра возврата выходного реле. Для фильтра тока значение небаланса должно быть меньше параметра возврата выходного реле при заданном максимальном токе нагрузке. Значение этого тока небаланса определяется по току, измеренному в обмотке выходного реле и умноженному на отношение тока максимальной нагрузки к току, протекающему по линии в момент измерения. Повышенные значения небалансов в выходных цепях фильтров могут быть вызваны следующими причинами: наличием в кривых подводимых напряжений и токов гармонических составляющих (третьей — в токах и напряжениях и пятой — в напряжениях), наличием несимметрии подводимых напряжений и токов, разницей в частотах сети при проверке рабочим напряжением и током нагрузки и при настройке фильтра от испытательного устройства. Учет влияния этих факторов достаточно сложен, поэтому проверки желательно производить при таком режиме, когда влияние этих факторов на значение небаланса незначительно.

При проверке комбинированных фильтров тока  $I_1$ ; +  $KI_2$  следует измерить напряжение на выходе фильтра (органа манипуляции) при подаче обратного и прямого чередований фаз тока. Отношение вы-



ходного напряжения при подаче обратного чередования к выходному напряжению при подаче прямого чередования фаз должно быть примерно равно коэффициенту  $K$  комбинированного фильтра. Аналогично, но при подаче соответствующей системы напряжений проверяются и комбинированные фильтры напряжений  $\underline{U}_1 + K\underline{U}_2$ , применяемые в некоторых схемах для компенсации емкостного тока в органе манипуляции ВЧ передатчиком.

После окончания проверок и восстановления цепей тока и напряжения в исходное состояние следует проконтролировать правильность восстановления цепей напряжения и тока измерением значения выходного параметра фильтра. Это значение должно соответствовать выходному параметру при токе (напряжении) прямой последовательности при данной нагрузке (напряжении).

**3.12.17.** Проверяется правильность работы устройств компенсации в защитах ВЛ 330-500 кВ. Следует проверить правильность подключения вторичных обмоток устройств компенсации сопротивлений обратной последовательности  $I_2 Z_{2k}$  в пусковых органах релейной защиты, КЗ $I_0$ , — нулевой последовательности в дистанционных реле, включенных на фазные напряжения и токи, и компенсации емкостных токов — в измерительных органах устройств РЗА, включенных на ВЛ напряжением 330 кВ и выше.

**3.12.17.1.** Проверяется устройство компенсации сопротивления обратной последовательности в пусковом устройстве защиты, включенном на напряжение и ток обратной последовательности в соответствии с выражением  $|\underline{U}_p| = |\underline{U}_2 - I_2 Z_{2k}|$ , где  $\underline{U}_2$ , и  $I_2$ , — напряжение и ток обратной последовательности, подаваемые на устройство, а  $Z_{2k}$  — сопротивление компенсирующего устройства. Для проверки этого устройства на защиту подается обратное чередование фаз тока (переключаются фазы В и С), поочередно отсоединяются фазы А, В, С проверяемого устройства от цепей напряжения с подключением их к нулевому проводу (имитируются однофазные КЗ в цепях напряжения), и измеряются значения токов  $I_{2p}$  на выходе измерительного или пускового органа. Соотношения значений измеренных токов должны быть пропорциональны значениям  $U_{2p}$ , определенным графически из векторной диаграммы рис. 18:

$$I_{2p(A)} : I_{2p(B)} : I_{2p(C)} = U_{2p(A)} : U_{2p(B)} : U_{2p(X)} \quad (11)$$

При построении векторной диаграммы следует учесть, что вектор тока  $I_{2(A)}$  равен и совпадает с вектором тока  $I_A$ , поскольку в устройстве поменяли местами фазы В и С (см. рис. 18, а). Модуль вектора  $jI_{2A} Z_{2k}$

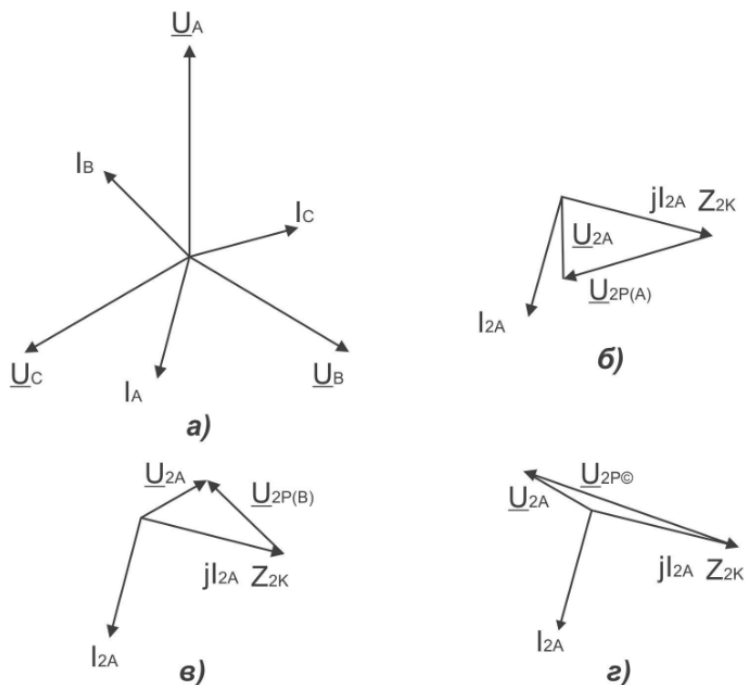
подсчитывается по заданной уставке  $Z_{2k}$  и измеренному значению тока  $I_A$  а по направлению вектор  $jI_{2A}Z_{2k}$  опережает вектор этого тока на угол  $90^\circ$ .

Значение вектора напряжения  $\underline{U}_{2A}$  равно одной трети фазного напряжения, а его направление для каждой имитации, определенное по формуле:

$$\underline{U}_{2A} = \frac{1}{3} \underline{U}_A + a^2 \underline{U}_B + a \underline{U}_C \quad (12)$$

совпадает с вектором минус  $\underline{U}_A$  при отключении фазы А, минус  $\underline{U}_C$  при отключении фазы В и минус  $\underline{U}_B$  при отключении фазы С.

Четкость проверки правильности настройки устройств компенсации обеспечивается при соблюдении условий  $I_\phi Z_{2k} \geq 0,05 U_\phi$ . При малых значениях токов нагрузки следует на время проверки установить максимальное значение  $Z_{2k}$ .



**Рис. 18.** Построение диаграмм для определения правильности включения компенсирующего устройства сопротивления обратной последовательности при подаче обратного чередования тока и имитации однофазных КЗ в цепях напряжения:

**а** — векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; **б** — диаграмма рабочих токов и напряжений при имитации по цепям напряжения КЗ на фазе А;

**в** — то же на фазе В; **г** — то же на фазе С

**3.12.17.2.** Проверяется устройство компенсации сопротивления нулевой последовательности в реле сопротивления, включенных на фазные токи и напряжения по схеме с токовой компенсацией. При проверке направленности характеристики реле сопротивления путем уменьшения рабочего напряжения, подаваемого на устройство РЗА с помощью потенциометра (п. 3.12.19 и рис. 26), определяют по два значения сопротивления срабатывания. Первое — при подаче в устройство только фазного тока и второе при подаче только тока  $3I_0$ . В обоих случаях эти сопротивления, определяемые по соотноше-

ниям  $\frac{U_\Phi}{I_\Phi}$  и  $\frac{U_\Phi}{k \cdot 3I_0}$  и должны соответствовать углу между рабочим

напряжением и током нагрузки, а также угловой характеристике срабатывания реле. Затем фазный ток и ток  $3I_0$  подаются одновременно. По уменьшению сопротивления срабатывания до значения, рассчи-

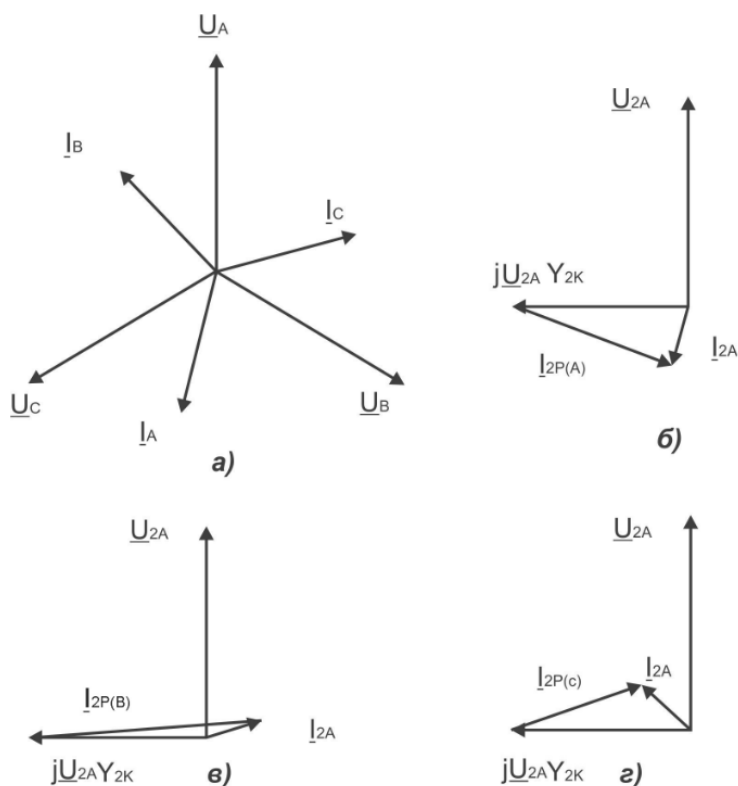
танного по соотношению  $\frac{U_\Phi}{I_\Phi + k \cdot 3I_0}$  определяется правильность вклю-

чения фазной и компенсационной обмоток между собой. Этим подтверждается правильность суммирования токов  $I_\Phi + k \cdot 3I_0$ .

**3.12.17.3.** Проверяется устройство компенсации емкостного тока ВЛ напряжением 330 кВ и выше. В случае, если проверка производится на ВЛ, включенной на холостой ход (реакторы на противоположном конце ВЛ должны быть отключены), условием правильного включения будет уменьшение напряжения на выходе устройства компенсации наполовину или до нуля (при компенсации соответственно половины значения емкостного тока ВЛ или полного его значения) при подаче одновременно тока и напряжения по сравнению с выходным напряжением только от поданного тока. Для устройств, где компенсируются другие части значения емкостного тока ВЛ, эти соотношения, характеризующие правильность включений компенсирующего устройства, могут быть иные. Например, в защите ПДЭ-2003 компенсируется 0,5 и 1,2-1,4 емкостного тока ВЛ. Изменением положения переключателя уставки следует при необходимости произвести корректировку уставки емкостного тока. В зависимости от вида устройства следует подавать соответствующие системы токов и напряжений (симметричные и несимметричные, прямое и обратное чередования фаз). Например, при проверке емкостной компенсации в комбинированных фильтрах органа манипуляции дифференциально-фазных защит ВЛ сначала подаются три комбинации симметричных токов и напряжений прямой, а затем обратной последовательности, а при проверке емкостной компенсации в токовых реле УРОВ (в устройстве ПДЭ-2005) подаются фазные напряжения и токи.

В случае, если по ВЛ протекает ток нагрузки, правильность подключения устройства следует определять по соотношению величин, получаемых при измерениях, и из векторной диаграммы.

На устройство, подключенное через фильтры обратной последовательности, подается напряжение обратной последовательности (перекрещиваются фазы В и С) совместно с поочередной подачей одного из фазных токов и измеряются напряжения на выходе измерительных и пусковых органов  $\underline{U}_{2p}$ . Соотношения значений измеренных напряжений должны быть пропорциональны значениям  $I_{2p}$ , определенным графически из векторной диаграммы рис. 19:



**Рис. 19.** Построение диаграмм для определения правильности включения компенсирующего устройства емкостного тока ВЛ, включенного через фильтры обратной последовательности:

**а** — векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; **б** — диаграмма при подведении к устройству тока фазы А; **в** — то же фазы В; **г** — то же фазы С

$$U_{2p(A)} : U_{2p(B)} : U_{2p(C)} = I_{2p(A)} : I_{2p(B)} : I_{2p(C)}. \quad (13)$$

При построении векторной диаграммы следует учесть, что вектор напряжения  $\underline{U}_{2A}$ , равен и совпадает с вектором напряжения  $\underline{U}_A$ , значение вектора  $j\underline{U}_{2A} \underline{Y}_{2K}$  подсчитывается по заданной уставке и опережает вектор  $\underline{U}_A$  на  $90^\circ$ . Значение вектора тока  $I_{2A}$  равно одной трети фазного тока, а его направление, определенное формулой:

$$I_{2A} = \frac{1}{3} I_A + a^2 I_B + a I_C \quad (14)$$

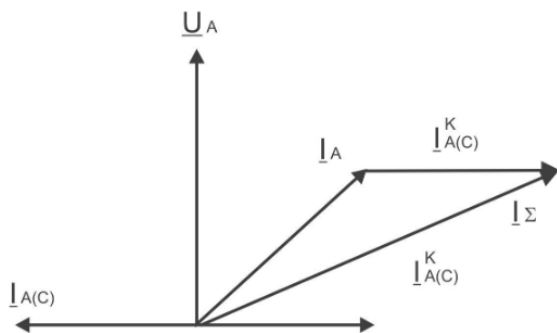
совпадает с вектором  $I_A$  при пропускании через устройство тока фазы А,  $I_C$  при пропускании через устройство тока фазы В,  $I_B$  при пропускании через устройство тока фазы С.

На устройство, включенное на фазное напряжение и фазный ток, подается сначала только ток, на который оно включено, затем только напряжение, а затем совместно напряжение и ток, и измеряются напряжения  $U_{p(I)}$ ,  $U_{p(U)}$ ,  $U_{p(I+U)}$  на выходе измерительного или пускового органа.

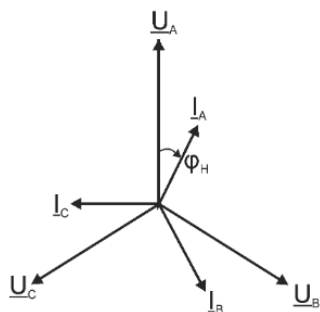
Соотношения значений измеренных напряжений должны быть пропорциональны значениям векторов  $I_A$ ,  $I_{A(C)}^K$ ,  $I$ , полученным из векторной диаграммы рис. 20:

$$U_{p(I)} : U_{p(U)} : U_{p(I+U)} = I_A : I_{A(C)}^K : I_\Sigma \quad (15)$$

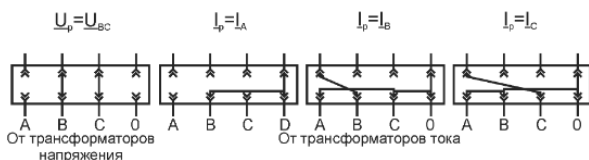
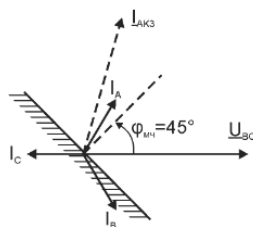
**3.12.18.** Проверяется правильность включения органа направления мощности. Эту проверку следует производить путем фиксации состояния контактов реле (выхода реле или терминала) при подведении к реле различных комбинаций тока и напряжения (достаточно трех комбинаций). Обычно следует подавать одно и то же напряжение и поочередно ток каждой фазы (рис. 21). Так как векторы токов разных фаз смещены один относительно другого на  $120^\circ$ , это всегда позволяет получить четкие действия реле, хотя бы для токов двух фаз.



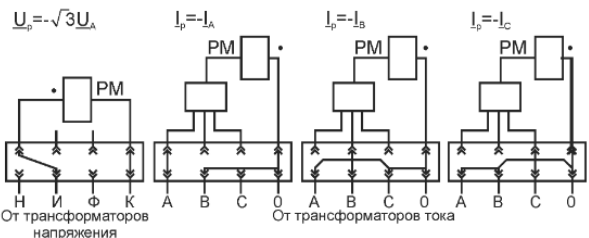
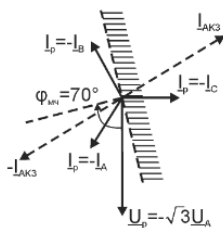
**Рис. 20.** Построение векторной диаграммы для определения правильности включения компенсирующего устройства емкостного тока ВЛ, включенного на фазное напряжение



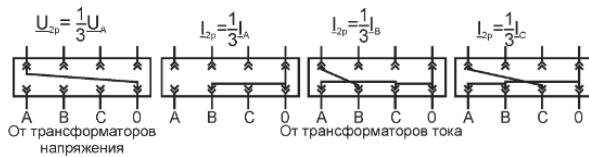
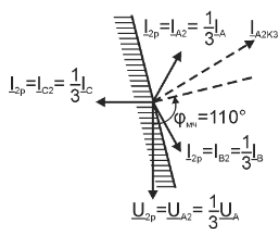
а)



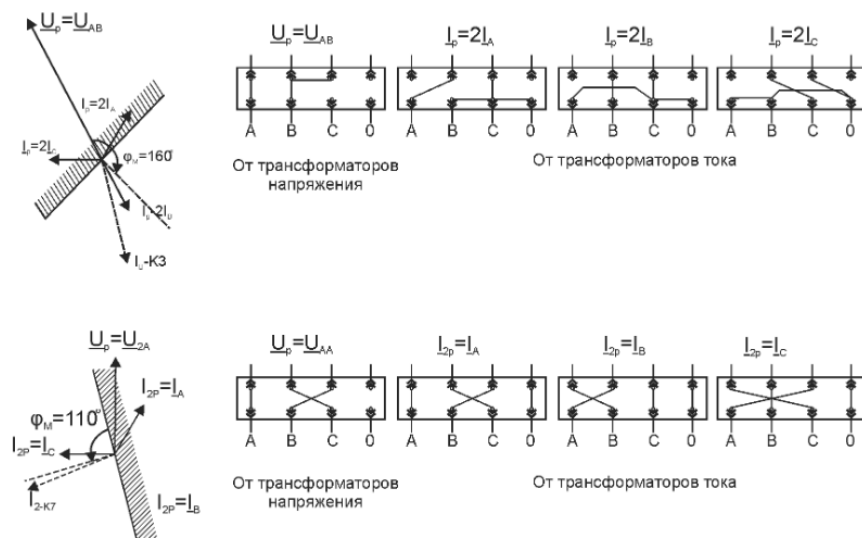
б)



в)



г)



**Рис. 21.** Определение ожидаемого поведения реле мощности при подведении рабочих токов и напряжений:

**а** — векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; **б** — проверка реле мощности, включенного на междуфазные КЗ по 90-градусной схеме; **в** — проверка реле мощности нулевой последовательности; **г** — проверка реле мощности обратной последовательности с построением диаграммы работы реле в системе напряжений и токов обратной последовательности; **д** — то же с построением диаграммы в системе полных величин; **е** — тот же с подачей системы напряжений и трех систем токов обратной последовательности

Для реле, включенных на полные значения напряжений и токов, подаются полные значения напряжений и токов (рис. 21, б).

Для защиты от замыканий на землю к реле вместо цепей с маркировкой «Н» подаются цепи с маркировкой «И» (испытательная жила) от цепей напряжения «разомкнутого треугольника» (имитируется однофазное КЗ на фазе А, при условии, что цепи напряжения «разомкнутого треугольника» собраны по типовой схеме), и поочередно токи каждой фазы пропускаются через токовую обмотку реле (рис. 21, в).

Для реле мощности обратной последовательности по цепям напряжения имитируются междуфазные или однофазные КЗ, а в токовые цепи реле поочередно подаются токи всех фаз (рис. 21, г, д). Эти реле можно проверить также и при подаче на них токов и напряжений обратной последовательности трех фаз. Для этого на реле путем перекрещивания двух фаз напряжения на крышке испытательного

блока подается система напряжений обратной последовательности и затем поочередно три системы токов обратной последовательности (рис. 21, е).

Для облегчения анализа правильности поведения реле токи нагрузки разных фаз целесообразно подводить к одним и тем же цепям реле, например, при проверке реле мощности обратной последовательности однофазными токами можно через токовую обмотку фазы А реле или через последовательно соединенные токовые обмотки фаз В и С поочередно пропустить нагрузочный ток фаз А, В и С.

Предварительно, зная векторные диаграммы токов нагрузки, следует определить ожидаемое поведение реле. Для этого нужно определить, какие из векторов рабочего напряжения будут подводиться при имитациях к обмотке напряжения реле, т.е. определить положение вектора  $\underline{U}_p$ . Относительно вектора  $\underline{U}_p$ , зная угол максимальной чувствительности, определить линию максимальных, а затем нулевых моментов, т.е. определить зону работы реле. Для реле мощности обратной последовательности зоны работы могут строиться для токов и напряжений обратной последовательности (рис. 21, г, е) или для полных значения токов и напряжений (рис. 21, д). Углы максимальной чувствительности при этом будут разные. После этого следует нанести на диаграмму положение трех векторов тока, которые будут подводиться к токовым обмоткам реле при имитациях (на основании положения векторов токов нагрузки и вида симметричных составляющих, на которые реагирует реле). По положению этих векторов относительно зоны работы определяют ожидаемое поведение реле. Кроме того, на диаграмму обычно наносят положение вектора тока КЗ, который протекал бы при КЗ на защищаемом элементе первичной сети в режиме, соответствующем имитируемому по цепям напряжения. Вектор тока КЗ должен попадать в зону работы реле, если оно должно срабатывать при КЗ на защищаемых элементах, или в зону блокировки, если оно в этом режиме должно блокироваться. При нанесении векторов тока и напряжения, подводимых к обмоткам реле, на диаграмму, следует определять положения векторов  $\underline{U}_p$ ,  $\underline{I}_p$ , начала (стрелки) которых подходят к однополярным выводам реле (отмечены \*), так как относительно них задается угол максимальной чувствительности реле, и строится зона работы реле. Кроме того, зону работы следует строить для определенного контакта реле с учетом назначения реле и схемы включения этого контакта в оперативных цепях.

На рис. 22 для примера построена зона работы реле мощности нулевой последовательности  $C\varphi_{м.ч} = 75^\circ$ .



После этого следует произвести намеченные имитации режимов и сравнить фактическое поведение реле с ожидаемым. Если они совпадают, реле мощности включены правильно. При возникновении сомнений в правильности поведения следует снять векторные диаграммы токов и напряжений на выводах самого реле.

При проведении имитаций режимов к реле должны подводиться мощности, достаточные для срабатывания реле при различных углах между векторами тока и напряжения (превышающие мощность срабатывания реле не менее чем в 2-3 раза). При малых значениях токов нагрузки можно на время проверок уменьшать заданную уставку мощности срабатывания реле с помощью переключателей уставок, если таковые имеются, или искусственно увеличивать значение тока, подводимого к реле, с помощью трансформатора тока, например, И54 (рис. 23). В этом случае необходимо проверить, чтобы векторная диаграмма токов, подводимых к реле от повышающих трансформаторов тока, соответствовала нагрузке.

При проверках электромеханических реле мощности следует ориентировочно оценивать механический момент на траверсе подвижного контакта при различных имитациях.

Следует учитывать, что некоторые реле могут иметь ширину зоны работы, меньшую  $180^\circ$ . Например, в реле мощности обратной последовательности защиты ПДЭ-2003 ширина этой зоны и на срабатывание, и на блокировку составляет  $120-135^\circ$ .

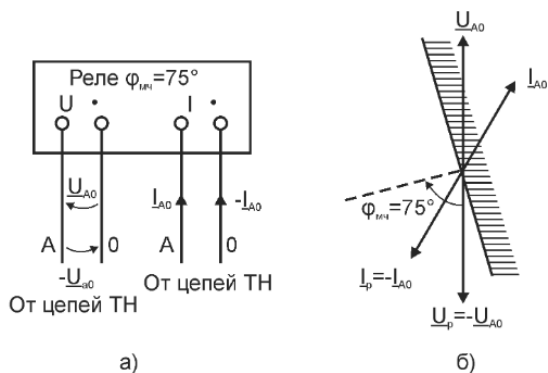
Для проверки таких реле следует подбирать такие сочетания токов и напряжений, при которых реле четко действует на срабатывание или на блокировку.

Устройства компенсации сопротивления обратной последовательности и емкостного тока изменяют зону работы реле, поэтому при имитациях они должны быть выведены из работы с помощью переключателей.

На рис. 21 приведены примеры построения векторных диаграмм и переключений в цепях тока и напряжения при имитациях для проверки различных типов реле мощности. На рис. 21,б приведена диаграмма для реле мощности, включенного на напряжение  $U_{BC}$  и ток  $I_A$ . На рис. 21, в — для реле мощности нулевой последовательности при имитации в цепях напряжения однофазного КЗ на фазе А и поочередной подаче в цепь тока фазных токов.

На рис. 21 г, д, е для реле мощности обратной последовательности: на рис. 21, г при имитации однофазного КЗ в цепях напряжения и построения диаграммы относительно составляющих тока и напряжения обратной последовательности, на рис. 21, д при имитации по

цепям напряжения междуфазного КЗ на фазах В и С с подачей в последовательно соединенные токовые обмотки фаз В и С тока фазы А на рис. 21, е при подаче трехфазной системы напряжений обратной последовательности АСВ и трех систем токов обратной последовательности АСВ, ВАС и СВА (при этом фильтр напряжений обратной последовательности будет выделять значения  $\dot{U}_A$ , а фильтры токов — поочередно значения, пропорциональные векторам  $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ ).



**Рис. 22.** Определение зоны работы реле мощности нулевой последовательности при подведении рабочих токов и напряжений:

*а* — схема подведения цепей тока и напряжения к реле;  
*б* — построение зоны работы реле

С учетом векторной диаграммы нагрузок (см. рис. 21, а) реле реагируют следующим образом:

на рис. 21, б реле срабатывает при подведении тока  $\dot{I}_A$  и не срабатывает при подведении токов  $\dot{I}_B, \dot{I}_C$ ;

на рис. 21, в реле срабатывает при подведении токов  $\dot{I}_A, \dot{I}_B$  и не срабатывает при подведении тока  $\dot{I}_C$ ;

на рис. 21, г реле срабатывает при подведении токов  $\dot{I}_A, \dot{I}_B$  и не срабатывает при подведении тока  $\dot{I}_C$ ;

на рис. 21, д реле срабатывает при подведении тока  $\dot{I}_B$  и не срабатывает при подведении токов  $\dot{I}_A, \dot{I}_C$ ;

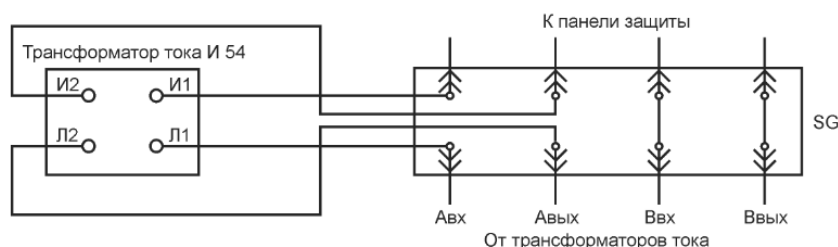
на рис. 21, е реле срабатывает при подведении системы токов СВА и не срабатывает при подведении системы токов АСВ и ВАС.

### 3.12.19. Проверяется правильность включения реле сопротивления.

Проверку реле сопротивления следует производить путем перевода реле сопротивления в режим реле направления мощности (в слу-

чае, если имеется контур подпитки, питающийся от неповрежденной фазы напряжения) или снижением значения рабочего напряжения, подводимого к реле (в случае, если контур памяти отсутствует или питается от линейных напряжений), и путем оценки поведения реле при подведении к нему разных фаз токов нагрузки.

Правильность включения реле сопротивления дистанционных защит обычно проверяют только для одного реле сопротивления первой ступени, например, включенного на линейное напряжение АВ, считая при этом, что возможные ошибки в пределах устройства РЗА были выявлены на предыдущих этапах наладки с помощью испытательного устройства.



**Рис. 23.** Схема увеличения значения тока, подводимого к реле, с помощью измерительного трансформатора тока

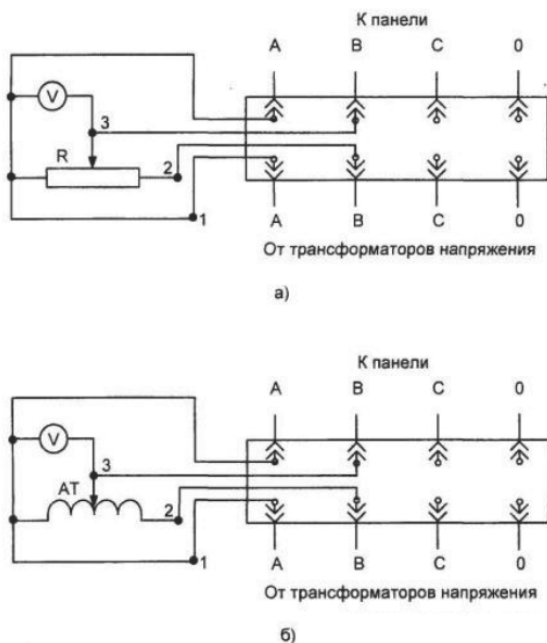
При включении отдельных ступеней дистанционной защиты на разные группы вторичных обмоток трансформаторов тока (например, при раздельном включении I и II комплектов модернизированной панели ЭПЗ-1636 или основного и резервного комплекта защиты ШДЭ-2802) следует производить проверку только для одного реле сопротивления, но для каждой группы. Для других устройств РЗА следует проверить правильность подключения каждого реле сопротивления.

Перевод реле сопротивления, в котором подпитка выполнена от неповрежденной фазы напряжения, в режим реле направления мощности следует производить путем его отсоединения от цепей напряжения, закорачивания в сторону панели цепей рабочего напряжения реле и подведения фазных напряжений от цепей напряжения в контур подпитки проверяемого реле. При этом цепи тока этого реле остаются подключенными к току нагрузки. Угол максимальной чувствительности реле в режиме реле направления мощности, отсчитываемый относительно напряжения, подаваемого в контур подпитки, равен углу максимальной чувствительности реле сопротивления плюс  $90^\circ$ . Можно также пользоваться углом максимальной чувствительности реле сопротивления, но помнить, что подавая напряжение  $С_0$ , имитируем на-

пряжение АВ, подавая напряжение  $A_0$  имитируем напряжение ВС, подавая напряжение  $B_0$ , имитируем напряжение СА.

Для электромеханических реле сопротивления (в настоящее время сняты с производства) перевод в режим реле направления мощности следует осуществлять переключением соответствующих накладок, при этом значение угла максимальной чувствительности реле в режиме реле направления мощности остается тем же, что и в режиме реле сопротивления или равно  $90^\circ$  (в зависимости от типа реле).

Реле, у которых отсутствует контур подпитки, питающийся от неповрежденной фазы цепей напряжения, следует проверять, подводя к реле ток нагрузки и пониженное напряжение от трансформатора напряжения. Для этого с помощью потенциометра или автотрансформатора понижают напряжения, поступающие от трансформаторов напряжения, и, подводя к реле напряжения разных фаз, измеряют напряжения срабатывания реле (рис. 24).



**Рис. 24.** Схема проверки правильности подключения реле сопротивления путем подвода к реле пониженного значения рабочего напряжения:

*а* — реостата, включенного по схеме потенциометра;  
*б* — лабораторного автотрансформатора

Для реле, имеющих характеристики срабатывания с охватом начала координат, для фиксации двух точек срабатывания измерения следует производить с изменением фазы подводимого напряжения на  $180^\circ$ .

При проверках ненаправленных реле сопротивления с характеристикой в виде окружности (или многоугольника) с центром в начале координат следует дополнительно снять векторные диаграммы напряжений и токов на выводах реле.

Значения сопротивлений срабатывания ( $Z_{ср}$ ), в омах на фазу, для реле, включенных на линейные напряжения и токи, необходимо подсчитать по формуле:

$$Z_{ср} = \frac{U_{л.ср}}{I_{л}} \quad (16)$$

Для реле, включенных на фазные напряжения и токи:

$$Z_{ср} = \frac{U_{ф.ср}}{I_{ф}} \quad (17)$$

если фазный ток не пропускается через компенсационную обмотку;

$$Z_{ср} = \frac{U_{ф.ср}}{KI_{ф}} \quad (18)$$

если фазный ток пропускается только через компенсационную обмотку;

$$Z_{ср} = \frac{U_{ф.ср}}{(1+K)I_{ф}} \quad (19)$$

если фазный ток пропускается через фазную и компенсационную обмотки, где  $Z_{ср}$  — сопротивление срабатывания реле, Ом/фазу;

$U_{л.ср}, U_{ф.ср}$  — линейные и фазные значения напряжений срабатывания, В;

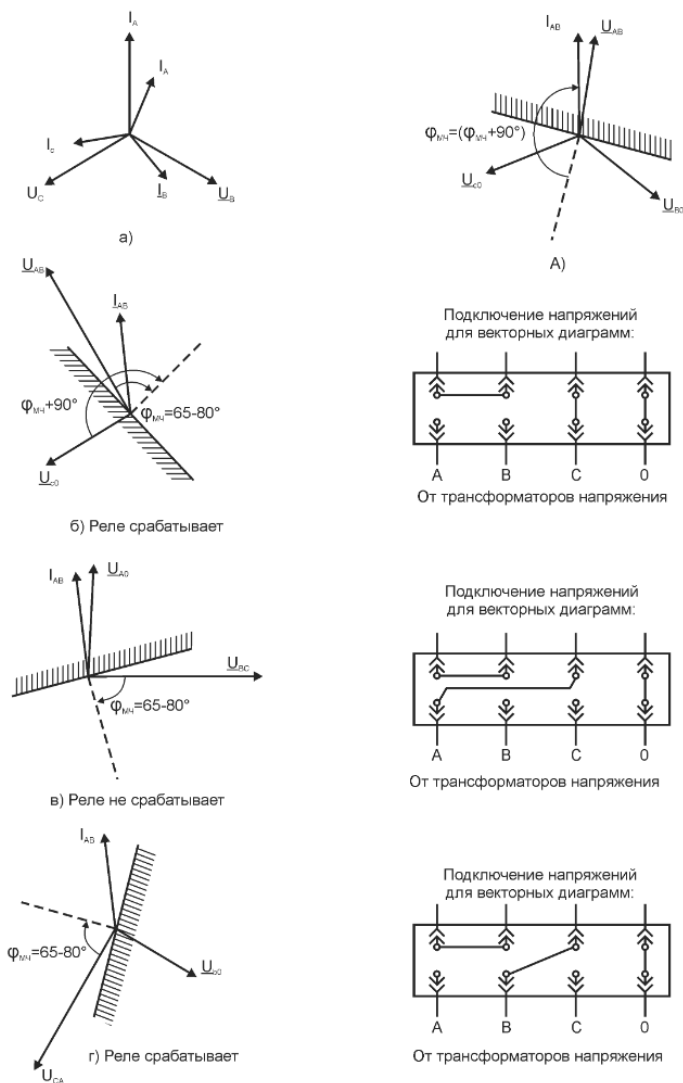
$K$  — коэффициент компенсации тока нулевой последовательности;

$I_{ф}$  — фазный ток нагрузки, А.

$I_{л}$  — линейный ток нагрузки, понимаемый, как геометрическая разность фазных токов, подводимых к реле, А.

По угловым характеристикам реле сопротивления, зная углы между напряжениями и токами, определяют расчетные значения сопротивлений срабатывания и сравнивают их с измеренными. Измерения выполняются для нескольких сочетаний подводимых напряжений (или токов).

Реле сопротивления следует считать включенными правильно, если ожидаемое поведение их совпадает с фактическим при проверках реле сопротивления в режиме реле направления мощности или расчетные



**Рис. 25.** Определение ожидаемого поведения реле сопротивления при переводе реле в режим направления мощности:

**а** — векторная диаграмма рабочих токов; **б** — при подведении к контуру подпитки  $U_{C0}$ ; **в** — при подведении к контуру подпитки  $U_{A0}$ ; **г** — при подведении к контуру подпитки  $U_{B0}$ ; **д** — путем построения векторной диаграммы относительно условно-неподвижного вектора тока

значения сопротивлений срабатывания совпадают с измеренными при проверках снижением напряжения.

При сомнениях в результатах проверки следует проверить векторную диаграмму токов и напряжений на выводах самого реле.

Реле сопротивления следует проверять при токах нагрузки, близких или превышающих значения тока точной работы реле сопротивления. Увеличить значения токов, подводимых к реле, можно с помощью трансформаторов тока, включаемых по схеме, приведенной на рис. 23.

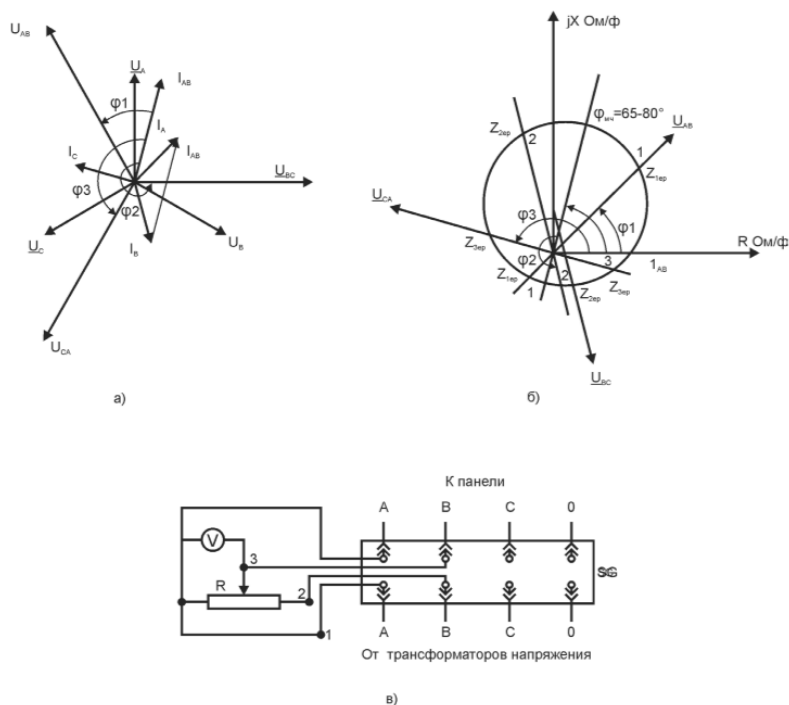
На рис. 25 построены векторные диаграммы и показаны переключения, проводимые в цепях напряжения при проверках реле сопротивления с переводом в режим направления мощности, а на рис. 26 — при подведении пониженного напряжения. На рис. 25, б, в, г диаграммы построены относительно напряжений, подводимых к контуру подпитки ( $U_n$ ), и нанесены векторы тока  $I_{AB}$  в соответствии с диаграммой на рис. 25, а. На рис. 25, д векторная диаграмма построена относительно условно неподвижного вектора тока. В этом случае знак значения угла максимальной чувствительности меняется на противоположное по отношению к знаку значения этого угла при неподвижном векторе напряжения. Как видно из рисунка, для определения ожидаемого поведения реле при построении диаграммы приведенным способом достаточно построить одну диаграмму вместо трех.

На рис. 26 показано определение расчетных значений  $Z_{ср}$  по угловой характеристике реле в зависимости от фаз подведенного напряжения. Порядок подключения цепей от трансформатора напряжения к устройству РЗА для проверки  $Z_{ср}$  в различных точках угловой характеристики приведен в табл. 5.

**Таблица 5**

Точки угловой характеристики	Подключение зажимов реостата к фазам вторичных цепей напряжения	
	Зажим 1	Зажим 2
1	А	В
1'	В	А
2	В	С
2'	С	В
3	С	А
3'	А	С

**3.12.20.** Производятся двусторонние проверки устройств РЗА совместно с аппаратурой ВЧ каналов.



**Рис. 26.** Определение ожидаемого поведения реле сопротивления путем снижения напряжения: **а** — векторная диаграмма рабочих токов и напряжений; **б** —  $Z_{cp}$  по угловой характеристике; **в** — схема подачи напряжений

**3.12.20.1.** Следует проверить правильность совместной работы устройств РЗА, установленных на противоположных концах ВЛ (на многоконцевых ВЛ двусторонние проверки производятся поочередно) и связанных между собой с помощью ВЧ аппаратуры, например, высокочастотных дифференциально-фазных защит, направленных защит с ВЧ блокировкой, устройств отключения противоположного конца ВЛ, устройств ускорения резервных защит, устройств противоаварийной автоматики и т.п. Двусторонняя проверка диффазной защиты выполняется путем снятия фазной характеристики и установкой заданного угла блокировки, проверки фазировки цепей тока и напряжения и правильности подключения органов манипуляции ВЧ передатчиками на противоположных концах ВЛ, обмена ВЧ сигналами для дифференциально-фазных защит ВЛ. Для других устройств РЗА производится проверка правильности прохождения сигналов от передающего к при-



емному устройству РЗА. Перед этими проверками должна быть полностью проверена аппаратура ВЧ канала.

**3.12.20.2.** При двухсторонней проверке диффазной защиты снимается фазная характеристика, т.е. зависимость тока в исполнительном реле органа сравнения фаз от угла сдвига между векторами напряжений на выходе органов манипуляции противоположных концов ВЛ. Эту работу возможно производить и при отключенной ВЛ при наличии источников синхронных напряжений на обоих концах ВЛ или после включения ВЛ под напряжение или под нагрузку. Ветви фазной характеристики могут оказаться несимметричными из-за наличия отраженного от неоднородностей ВЧ канала сигнала, мощность которого достаточна для дополнительного запираания ВЧ приемника. Считается допустимым такое влияние отраженного сигнала, при котором при переклещении выхода приемопередатчика с 75 Ом на линию ширина импульса тока на выходе приемника уменьшается (напряжение на выходе приемника увеличивается) не более чем на  $10^\circ$ .

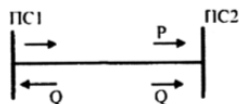
При снятии фазной характеристики нуль отсчета, т.е. совпадение векторов напряжения манипуляции двух концов ВЛ целесообразно брать при совмещении начал «своего» и «чужого» пакетов ВЧ передатчиков за линейным фильтром (в сторону «своего» передатчика). Только в случае такого подхода к снятию фазной характеристики можно оценить несимметрию ее ветвей.

**3.12.20.3.** В диффазной защите проверяется правильность фазировки цепей тока. Эта проверка производится на включенной под нагрузку линии (нагрузка должна быть достаточной для полной манипуляции ВЧ сигналов) при запущенных передатчиках на обоих концах ВЛ путем пофазной подачи токов нагрузки в защиту на каждом конце ВЛ и сравнения манипулированных ВЧ сигналов в приемниках обоих полуккомплектов защит (рис. 27).

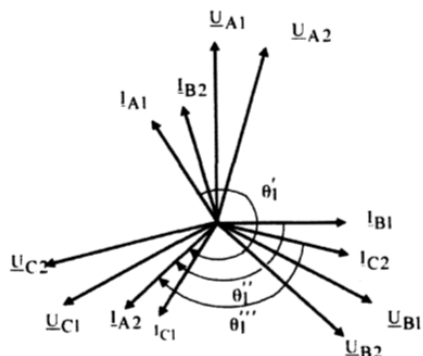
Для правильного проведения фазировки на одном из полуккомплектов в фазу А панели подается фаза А токовых цепей. На другом конце в такую же фазу А подаются поочередно фазы А, В и С токовых цепей. Затем на первом полуккомплекте в фазу А панели подается фаза В токовых цепей, а на другом конце повторяется поочередная подача фаз А, В и С. Процесс повторяется при подаче в первом полуккомплекте фазы С токовых цепей в фазу А панели.

Следует иметь в виду, что для уменьшения мешающего влияния короны на работу дифференциально-фазной защиты ВЛ 330-750 кВ подвод цепей тока к защите осуществляется с циклической перестановкой фаз тока на рядах выводов панели со стороны подходящих кабелей с тем, чтобы комбинированный фильтр органа манипуляции выделял на

выходе напряжение той фазы ВЛ, которая подвергнута ВЧ обработке, поэтому для упрощения терминологии при проверках пользуются маркировкой токовых цепей, указанной в заводской документации, т.е. панельной маркировкой, а не маркировкой на жилах кабеля.



а)



б)

№ опыта	Подстанция 1		Подстанция 2
	Контрольные штекеры а токовых цепях	Вид осциллограммы на входе приемопередатчика защиты	Контрольные штекеры в токовых цепях
1			
2			
3			

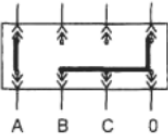

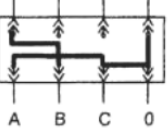
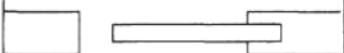
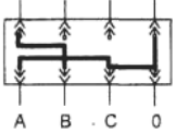
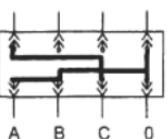

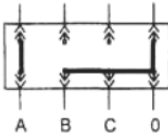
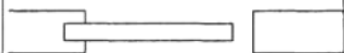
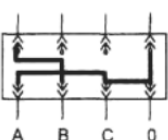


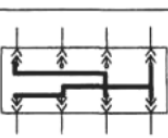

N опыта	Подстанция 1		Подстанция 2
	Контрольные штекеры в токовых цепях	Вид осциллограммы на входе приемопередатчика защиты	Контрольные штекеры в токовых цепях
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Рис. 27. Проверка правильности фазировки цепей тока по концам ВЛ:

а — направление перетоков мощности по ВЛ;

б — векторная диаграмма рабочих токов и напряжений по концам ВЛ;

в — вид осциллограмм ВЧ сигнала на входе приемника на подстанции 1

Проверку правильности фазировки следует осуществлять с помощью осциллографов, подключаемых на входе ВЧ приемников (за линейными фильтрами), а также по токам (напряжениям) на выходах приемников и в выходных цепях органа сравнения фаз. Фазировка токовых цепей считается выполненной правильно, если при подведении к защитах одноименных фаз тока на экране осциллографов отсутствуют перерывы между ВЧ пакетами передатчиков обоих концов ВЛ, т.е. ВЧ пакеты смещены один относительно другого на  $180^\circ$ , а показания приборов соответствуют заблокированному состоянию защит или между ВЧ пакетами имеются небольшие паузы (фиксируемые осциллографами и приборами), которые обусловлены запаздыванием распространения ВЧ сигнала ( $6^\circ$  на каждые 100 км ВЛ) и сдвигом фаз между токами по концам ВЛ, вызванным емкостными токами. Могут иметь место случаи, когда ВЧ пакеты при подаче токов одноименных фаз совмещены между собой и смещены один относительно другого на углы, близкие к  $180^\circ$ , при подведении к защитах разноименных фаз, например, на ВЛ 750 кВ при нулевых или малых перетоках активной мощности по ВЛ, когда по ВЛ могут протекать чисто емкостные токи, что соответствует направлению токов при внутренних КЗ. При значительных углах между ВЧ пакетами ( $20^\circ$  и более) при подведении одноименных фаз тока этот сдвиг ( $\psi$ ) в град, должен быть оценен по формуле:

$$\psi = \Theta + \alpha, \quad (20)$$

где  $\Theta$  — угол между токами по концам ВЛ, эл. град;

$\alpha$  угол, вызванный запаздыванием ВЧ сигнала ( $6^\circ$  на 100 км длины ВЛ), град.

Значение угла  $\Theta$  следует определить путем построения векторной диаграммы токов обоих концов ВЛ, получив векторную диаграмму токов противоположного конца ВЛ по телефону. Значение этого угла отсчитывается от вектора тока на рассматриваемом конце ВЛ (в направлении, противоположном вращению часовой стрелки) до вектора тока на противоположном конце ВЛ (см. рис. 27, б).

В связи с тем, что векторная диаграмма токов на противоположном конце ВЛ снимается относительно собственных напряжений, которые сдвинуты относительно напряжений на рассматриваемом конце на угол  $\delta_{\text{н}}$ , при нанесении вектора тока противоположного конца ВЛ на диаграмму нужно учесть значение этого угла для ВЛ, по которым протекают значительные активные мощности. При построении диаграммы на питающем конце значение угла  $\delta_{\text{н}}$  вычитается, а на приемном —

складывается со значением фазы вектора тока, полученным по телефону. Значение угла ( $\delta_n$ ), в градусах, если можно пренебречь емкостными токами, может быть подсчитано по формуле:

$$\delta_n = \arcsin \frac{PX_n}{U_1 U_2} \quad (21)$$

где  $P$  — активная мощность на рассматриваемом конце ВЛ, МВт;

$X_n$  — индуктивное сопротивление ВЛ, Ом;

$U_1, U_2$  — напряжения на концах ВЛ, кВ.

Эта формула справедлива, если нет параллельных связей.

Значение угла ( $\theta$ ), в градусах, может быть также подсчитано по приближенной формуле:

$$\theta = \arctg \frac{P}{3I^2 \left( X_c - \frac{X_L}{2} \right) + Q} + 180^\circ \quad (22)$$

где  $P$  и  $Q$  — активная и реактивная мощности на рассматриваемом конце ВЛ, МВт, МВар;

$I$  — ток на данном конце ВЛ, кА;

$X_c, X_L$  — емкостное и индуктивное сопротивления ВЛ, Ом.

На рис. 27, в показан примерный вид осциллограммы ВЧ импульсов, соответствующей векторной диаграмме, приведенной на рис. 27, б. Сдвиг между ВЧ импульсами ( $\beta$ ), в градусах, определенный по осциллограмме, должен соответствовать расчетным, определяемым по одной из формул:

$$\beta = \Theta'_1 + \alpha - \gamma_{пр} \text{ — для опыта 1,} \quad (23)$$

где  $\gamma_{пр}$  — ширина ВЧ импульса передатчика противоположного конца ВЛ, град;

$$\beta = \Omega_c - \Theta''_1 - \alpha \text{ — для опыта 2,} \quad (24)$$

где  $\Omega_c$  — ширина паузы ВЧ сигнала собственного передатчика, град.

В остальных опытах значения углов  $\Theta_1$  определяется по одной из вышеприведенных формул при подстановке соответствующих углов 1. Аналогичные опыты выполняются и на подстанции 2, при этом углы определяются по соответствующим углам  $\Theta_2$ .

**3.12.20.4.** Проверку правильности фазировки цепей напряжения можно произвести аналогично путем подачи на один из концов ВЛ одной фазы напряжения, а на другой конец ВЛ — поочередно напряжений трех фаз. Фазировка цепей напряжения считается правильной, если при подведении к защитах одноименных фаз напряжения ВЧ импуль-

сы передатчиков совпадают или сдвинуты на угол, обусловленный запаздыванием ВЧ сигнала противоположного конца (угол  $\alpha$ ), углом нагрузки  $\delta$  и разностью ширины импульсов ВЧ передатчика.

**3.12.20.5.** Для проверки правильности включения устройств компенсации емкостных токов следует произвести совместную проверку при подаче одновременно и цепей тока, и цепей напряжения. На обоих концах ВЛ к защитам одновременно подводится трехфазная система токов и напряжений с прямым, с обратным чередованиями фаз, а затем с поочередным исключением одноименных фаз тока и напряжения (поочередно для всех трех фаз). При этом пакеты ВЧ импульсов должны быть смещены один относительно другого на угол, близкий к  $180^\circ$ , или по крайней мере, пауза между ВЧ импульсами должна быть меньше, чем при подведении к защитам одноименных фаз токов (последнее условие может иногда не выполняться для приемного конца длинной сильно нагруженной ВЛ сверхвысокого напряжения).

**3.12.20.6.** Производится обмен ВЧ сигналами между комплектами дифференциально-фазной и направленных высокочастотных защит. Для этого сначала поочередно, а потом одновременно запускаются передатчики на концах ВЛ. Для ВЧ каналов защит, оборудованных автоматическим контролем ВЧ канала, обмен ВЧ сигналами производится с помощью этих устройств.

В дифференциально-фазных защитах при запуске передатчика только с одной стороны при достаточной нагрузке ток на выходе приемника уменьшается примерно наполовину в обоих приемниках (появляется напряжение на выходе приемников АВЗК-80 при работе с полупроводниковыми защитами со значением, равным примерно половине максимального значения), что соответствует манипулированному ВЧ сигналу при односторонне запущенном передатчике, а при одновременном запуске обоих передатчиков ток приема падает до нуля (напряжение на выходе приемника АВЗК-80 при работе с полупроводниковыми защитами достигает максимального значения), что соответствует заблокированному состоянию защиты.

В направленных ВЧ защитах состояние защиты должно соответствовать заблокированному состоянию при хотя бы одном запущенном передатчике.

После окончания двусторонних проверок устройства РЗА могут вводиться в работу в соответствии с пп. 2.6.2-2.6.4.

### **3.13. Текущая эксплуатация устройств РЗА**

В промежутках между плановыми техническими обслуживаниями устройств РЗА текущая эксплуатация включает в себя ряд мероприятий.

**3.13.1.** «Правилами» [3, 4] предусмотрена необходимость опробований устройств РЗА и их действий на коммутационные аппараты. Регламентирована необходимость опробования АВР механизмов СН ТЭС не реже одного раза в шесть месяцев, АВР вводов питания СН и АПВ ВЛ не реже одного раза в год в соответствии с п. 2.3.12 [3, 4]. Опробование должно проводиться оперативным персоналом. Для участия в опробовании может привлекаться персонал служб РЗА (ЭТЛ).

Необходимость опробования иных устройств определяется по местным условиям, например, в осенне-зимний период целесообразно опробование устройств РЗА действующих на включение короткозамыкателя и отключение отделителя. Также по местным условиям в межремонтный период может проводиться тестовый контроль микроэлектронных и микропроцессорных устройств, имеющих соответствующие встроенные средства.

**3.13.2.** «Правилами» [3, 4] (п. 2.3.11) предусмотрена также необходимость периодического осмотра аппаратуры РЗА и вторичных цепей персоналом служб РЗА (ЭТЛ). Периодичность осмотров устанавливается по местным условиям, но не реже одного раза в год. При техническом осмотре контролируется отсутствие внешних повреждений устройства и его элементов, состояние креплений устройств, проводов на рядах зажимов и на выводах устройств, наличие надписей и позиционных обозначений. При техническом осмотре в ранневесенний период целесообразно контролировать состояние кабельных каналов и, по возможности, состояние проложенных в них кабелей, особенно в местах пониженной надежности, например, в местах, которые могут быть затоплены паводковыми водами.

При осмотре контролируется положение оперативных переключающих устройств: накладок, переключателей, испытательных блоков, рубильников и других элементов. В особенности следует обратить внимание на устройства РЗА, оперативно вводимые и выводимые в заданных режимах, например, защиты обходных и шиносоединительных включателей. Положение переключающих устройств должно соответствовать инструкциям для оперативного персонала или оперативным картам, а также картам уставок служб РЗА.

При осмотре контролируется положение сигнальных элементов указательных реле, состояние сигнальных светодиодов и сигналь-

ных ламп, проверяется наличие на устройствах РЗА оперативного напряжения, исправность цепей напряжения «звезды» и «разомкнутого треугольника», исправность приборов, контролирующих состояние защиты, например, контроля исправности токовых цепей дифзащиты шин.

При осмотре терминалов микропроцессорных защит целесообразно контролировать по дисплею текущие значения токов, напряжений и других доступных параметров, сравнивать их с показаниями щитовых приборов или с показаниями мониторов АСУ ТП. Рекомендуется контролировать соответствие выполненных уставок заданным. Целесообразно проверять наличие зарегистрированных аварийных процессов, ранее не рассмотренных службой РЗА (ЭТЛ).

**3.13.3.** По информации оперативного персонала службы РЗА (ЭТЛ) должны расследовать и вести внутренний учет случаев неисправностей устройств РЗА, например, повышенный небаланс в дифференциальных цепях защиты шин, неисправности в цепях напряжения, обрывы токовых цепей, сигнализируемые рядом микропроцессорных устройств РЗА. Основной задачей такого учета является выявление узких мест при повторяющихся повреждениях и подготовка технических мероприятий по устранению узких мест.

**3.13.4.** Необходимо в соответствии с [13] проводить учет и анализ срабатываний устройств РЗА. Анализ срабатываний устройств РЗА проводится на основе сопоставления данных, полученных от оперативного персонала (время и последовательность событий, работа коммутационных аппаратов, работа световой и звуковой сигнализации, выпавшие флажки указательных реле и т.п.), и объективных данных (записи осциллографов, цифровых регистраторов аварийных процессов, как отдельно смонтированных, так и встроенных в микропроцессорные устройства РЗА, показания приборов или программ для определения мест повреждения на ВЛ).

Анализ срабатываний позволяет правильно классифицировать работу устройств РЗА, выявлять некоторые недостатки устройств, неточности выбора уставок и т.п., подготавливать технические мероприятия по повышению качества работы устройств РЗА. Не следует пренебрегать анализом простых случаев срабатывания устройств РЗА, например, КЗ на ВЛ с успешным АПВ. Может выявиться глубокое насыщение трансформаторов тока при близких КЗ, может произойти замедление в срабатывании выключателя на отключение, может возникнуть ряд других факторов, влияющих на надежную работу энергообъекта. Такие факторы, не выявленные в простейших случаях работы защиты и автоматики, могут существенно осложнить анализ серьезных нарушений, связанных с наложением нескольких аварийных событий.



Цифровые регистраторы предоставляют широкие возможности для подробного и достоверного анализа сложных событий, в том числе с неправильными действиями устройств РЗА. Например, представляется возможным проанализировать поведение защит при глубоких насыщениях трансформаторов тока, питающих защиту, при развившихся качаниях, выявить отличия реального токораспределения при КЗ от токораспределения, принятого при расчетах, и т.п. По измерению частоты в районе, оказавшемся энергодефицитным, выявляются отказавшие или излишне сработавшие устройства АЧР. По измерению токов и напряжений обратной последовательности в процессе КЗ проверяется качество работы фильтровых устройств РЗА.

На основании результатов анализа неправильных действий устройств РЗА проводится их послеаварийная проверка. Важными условиями проведения такой проверки являются сохранение устройств в том виде, в каком оно было в момент события, и организация режима, сходного с тем, какое было в момент события. Проверочными устройствами имитируются условия, существовавшие на входе устройства РЗА, без каких-либо переключений в нем. Наиболее полноценная имитация события может быть осуществлена с применением автоматического проверочного устройства, позволяющего воспроизвести на входах устройства РЗА аварийный процесс, записанный цифровым регистратором.

**3.13.5.** В порядке текущей эксплуатации необходимо производить корректировку инструкций для оперативного персонала по обслуживанию устройств РЗА и уточнение исполнительных схем. Рекомендуются выполнять исполнительные схемы в электронном виде, например, с помощью программы AutoCad. Первоначальные затраты на выполнение исполнительных схем в электронном виде окупаются экономией времени на внесение изменений при реконструкциях и сокращением количества ошибок при производстве работ в устройствах РЗА.

## **4. Указания мер безопасности**

**4.1.** Работы по техническому обслуживанию устройств РЗА и вспомогательных цепей в действующих электроустановках производятся по нарядам или распоряжениям в соответствии с требованиями «Правил» [6, 10], «Инструкции» [11] и пп. 2.3-2.6 настоящей Инструкции.

Работы повышенной опасности, выполняемые на выделенном участке вне действующих электроустановок, также должны выполняться по наряду.

**4.2.** Каждый работник, принимающий непосредственное участие в работах, обязан пройти медицинское освидетельствование и проверку знаний правил техники безопасности (получить соответствующую группу по технике безопасности), получить вводный инструктаж и целевой инструктаж на рабочем месте по технике безопасности, освоить методику проведения соответствующих работ с учетом требований правил техники безопасности, при необходимости — пройти стажировку под руководством опытного работника.

**4.3.** При работах необходимо пользоваться специальным электро-техническим инструментом с изолированными ручками в соответствии с [11]; в частности, металлический стержень отверток должен быть изолирован. Изоляция должна оканчиваться на расстоянии не более 10 мм от конца жала отвертки.

**4.4.** При выполнении работ по техобслуживанию устройств РЗА следует обратить особое внимание на следующие указания.

- а) Временные схемы, собираемые для наладки оборудования (снятие характеристик, осциллографирование и т.п.), должны выполняться на специальных столах. Запрещается применять столы с металлической рабочей поверхностью или с металлическим обрамлением. Изоляция соединительных проводников не должна быть нарушенной.
- б) Временные питающие линии должны быть выполнены изолированным проводом (кабелем), надежно закреплены, а в местах прохода людей должны быть подняты на высоту не менее 2,5 м.
- в) Питание временных схем для проверок и испытаний должно выполняться через автоматический выключатель с обозначением включенного и отключенного положений. Последовательно с выключателем в цепь питания устанавливается коммутационное устройство с видимым разрывом цепи (штепсельный

- разъем). При снятии напряжения со схемы первым выключается выключатель, а затем штепсельный разъем.
- г) Сборку временных схем для электрических испытаний, переключение проводов в схеме, перестановку приборов и аппаратов в ней запрещается производить без снятия напряжения и создания видимого разрыва питающей сети.
  - д) При перерывах и окончании работ по техническому обслуживанию персонал, производивший работы, должен отключить линию временного питания с созданием видимого разрыва.
  - е) Металлические корпуса переносных приборов, аппаратов должны быть заземлены (заземлены и занулены).
  - ж) При использовании в работе комплектных испытательных устройств должны быть предусмотрены меры, предотвращающие доступ к выводам, находящимся под напряжением. При подключении испытательного устройства к цепям, которые могут быть заземлены (цепи тока, напряжения), необходимо убедиться в отсутствии гальванической связи между входными и выходными зажимами устройства. При наличии такой связи следует временно отключать заземления. Во всех случаях необходимо тщательно ознакомиться с правилами безопасности при пользовании испытательным устройством.
  - з) Рабочее место должно быть удобным и достаточно освещенным в соответствии с требованиями [6, п. 1.4.12] и СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» [12].
  - и) При производстве работ следует строго следить, чтобы левая и правая руки не прикасались одновременно к элементам или точкам схемы, находящимся под напряжением 36 В и более, и заземленным предметам и аппаратам (заземленным корпусам панелей, приборов, стендов, батареям центрального отопления и др.).
  - к) При наличии в схемах устройств РЗА конденсаторов в случае необходимости работы в этих цепях конденсаторы должны быть разряжены.
  - л) Измерения следует производить сухими руками в одежде с опущенными рукавами, кольца и металлические браслеты должны быть сняты.
  - м) Работы в цепях и устройствах РЗА должны производиться по исполнительным схемам. Работа без схем, по памяти, запрещается.

**4.5.** Дистанционное включение и отключение первичных коммутационных аппаратов для опробования может производить работник, про-

водящий техническое обслуживание, с разрешения дежурного персонала (а в электроустановках без местного оперативного персонала — без получения такого разрешения) в соответствии с [6, пп. 2.3.11, 4.5.7].

Перед подачей оперативного напряжения для наладки и опробования схем коммутационных аппаратов, управление которыми производится из нескольких мест, должна быть устранена возможность управления ими с других мест (отключены цепи, вывешены плакаты «Не включать. Работают люди» или «Не открывать. Работают люди»).

При работах в цепях вторичных обмоток трансформаторов напряжения с подачей напряжения от постороннего источника отключаются автоматические выключатели и рубильники, установленные в цепях вторичных обмоток трансформаторов напряжения, во избежание обратной трансформации на сторону высокого напряжения.

**4.6.** При работах в цепях вторичных обмоток трансформаторов тока и трансформаторов напряжения следует учитывать следующее:

- а) Все вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока и напряжения должны иметь постоянное заземление.
- б) Запрещается снимать заземление вторичных обмоток трансформаторов тока и трансформаторов напряжения, если они находятся под рабочим напряжением. Запрещается снимать заземление металлических корпусов устройств РЗА, находящихся в работе.
- в) При необходимости переключений в цепях вторичных обмоток трансформаторов тока при протекании тока через его первичную обмотку вторичная обмотка должна быть предварительно закорочена на специальных выводах или на контрольных штекерах испытательных блоков. Переключения должны производиться с диэлектрического коврика. Откручивание винтов, крепящих провода, следует производить медленно, одной рукой, не касаясь другой рукой ни вторичной коммутации, ни корпуса панели, при появлении малейшего искрения, треска винт следует немедленно закрутить обратно и еще раз тщательно проверить подготовительную схему. При раскорачивании токовых цепей измерительных трансформаторов тока должны быть немедленно прекращены все работы в устройствах РЗА и в аварийном порядке отключены коммутационные аппараты в цепях первичных обмоток этих трансформаторов тока.
- г) При проверке полярности обмоток трансформаторов тока импульсами постоянного тока измерительный прибор должен быть предварительно надежно присоединен к выводам вторичной обмотки, только после этого в первичную обмотку можно подавать импульс тока.

- д) Вторичные токовые цепи измерений и защиты должны под-соединяться к выводам вторичных обмоток трансформаторов тока только после полного окончания монтажа всех цепей.

**4.7.** При выполнении работ в цепях статора вращающегося невоз-бужденного генератора (измерение значения остаточного напряже-ния, чередования фаз и т.п.) принять меры по блокированию включения АГП, предварительно проверить отсутствие большого значения напря-жения на вторичной обмотке измерительного трансформатора напря-жения. Работы следует производить в диэлектрических перчатках или диэлектрических галошах.

**4.8.** Настройка, проверка и измерение фильтров присоединения высокочастотной части дифференциально-фазных защит, устройств ВЧТО, АНКА, отборов напряжения разрешается на действующем вы-сокочастотном канале.

При этом нижняя обкладка конденсатора связи должна быть зазем-лена по нормальной схеме через линейную катушку фильтра присоеди-нения или заземляющий дроссель с разрядником, включенным между нижней обкладкой конденсатора связи и землей.

Подключать и отключать приборы в цепи между конденсатором связи и фильтром присоединения и в шкафу отбора напряжения раз-решается только при наглухо заземленной с помощью заземляющего ножа обкладки конденсатора связи.

## ПОРЯДОК ПРОИЗВОДСТВА РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

При производстве ремонтных работ на печатных платах и, в частности, заменах интегральных микросхем (ИМС) и других полупроводниковых элементов следует руководствоваться указаниями, приведенными ниже. Настоящие рекомендации не распространяются на многослойные печатные платы микропроцессорных устройств РЗА, которые неремонтнопригодны.

**1.** Во избежание повреждения микросхем от статического электричества поверхность стола, на котором производятся работы, должна быть покрыта металлическим листом, который заземлен через резистор сопротивлением 1 МОм. Лист изготавливается из нержавеющей стали или латуни. Оборудование, оснастка и инструмент, необходимые для работы с ИМС, не имеющие цепей питания от сети, должны подключаться к заземляющему зажиму через резистор сопротивлением 1 МОм или находиться на металлическом листе.

**2.** Лицу, производящему работы, рекомендуется надевать одежду из малоелектризующихся материалов (например, халаты из хлопчатобумажной ткани, обувь на кожаной подошве и др.); не рекомендуется одежда из шелка, капрона, нейлона и других подобных материалов.

**3.** Для замены вышедшей из строя микросхемы или другого элемента необходимо удалить лак с платы со стороны пайки, для чего предварительно нагреть это место до 150-180°C. После этого осторожно подрезать лак в местах пайки и удалить его остатки тампоном, смоченным в этиловом спирте или спирто-бензиновой смеси (бензин «БР-1» Галоша — 50%, спирт этиловый — 50%). После просушки в течение 5-10 мин плата будет готова к выпаиванию элемента. Перед выпайкой на очищенные места нанести флюс. Для этого использовать твердую канифоль или жидкий флюс, для приготовления которого толченую канифоль заливают двойным количеством этилового спирта.

**4.** Выпаивать микросхему следует с помощью обыкновенного электропаяльника напряжением 220, 36 и 12 В, мощностью до 40 Вт, обеспечивающим нагрев жала паяльника до 270°C. Электропаяльник следует включить через разделительный трансформатор или его жало подключить к заземляющей шине.

Можно также воспользоваться выпускаемым серийно электропаяльным набором, в котором предусмотрена двухступенчатая регулировка температуры, гальваническая развязка с напряжением сети и заземление стержня паяльника.

Перед выпаиванием необходимо откусить бокорезами выводы микросхемы или другого элемента со стороны его установки на высоте 1,5-2 мм от поверхности платы. Затем поочередно расплавлением припоя в монтажном отверстии удалить оставшиеся выводы из отверстия с помощью пинцета со стороны, противоположной установке навесных элементов.

Удалить электропаяльником, вращая в отверстии заостренную деревянную палочку или спичку, излишки припоя из монтажного отверстия.

Проверить металлизацию монтажных отверстий и контактных площадок на отсутствие повреждений, прочистить их спичкой и промыть спиртом или спирто-бензиновой смесью.

При нарушении металлизации монтажного отверстия без повреждения контактной площадки в монтажное отверстие впаять проволоку ММ-0,9 длиной 5-8 мм или специальный пистон с последующей развальцовкой и пайкой.

При нарушении контактной площадки допускается установка лепестка с развальцовкой и последующей пайкой.

**5.** Перед началом пайки необходимо произвести лужение выводов элемента. Эту операцию следует выполнять теми же флюсами и припоями, что и последующую пайку. Микросхему с подготовленными выводами установить на печатную плату и ориентировать по ключу. Ключом (первым выводом) является вывод, отмеченный специальным знаком (точкой).

Пайку, осуществлять припоями ПОС-60, ПОС-61, ПОС-61М, ПОСК-50 или ПОСВ-33 кратковременным однократным прикосновением жала паяльника к контактной площадке и выступающему концу вывода со стороны, противоположной стороне установки навесных элементов и штырьковых микросхем. Продолжительность пайки не должна превышать 3 с, интервал между пайками соседних выводов — не менее 10 с. Пайку проводить с обязательным применением теплоотвода от запаиваемой ножки. В качестве теплоотвода допускается использовать пинцеты, плоскогубцы и т.п. Теплоотвод следует снимать не ранее чем через 5 с после пайки.

Процесс пайки начинать с нанесения жидкого флюса с помощью волосяной кисти или кусочков твердой канифоли. Пайку микросхем начать с крайних выводов, чтобы закрепить микросхему. При пайке

диаметр проволоки или трубчатого припоя должен быть на 50-60% меньше диаметра стержня паяльника. Если такой проволоки нет, то следует использовать припой в виде крошки. Расстояние по длине вывода от места пайки до корпуса должно составлять не менее 1 мм. В процессе монтажа допускается подрезка выводов при условии обеспечения выступающей части выводов над поверхностью печатной платы в местах пайки не менее 0,5 мм.

После пайки с места соединения следует удалить флюс с помощью спирта или спирто-бензиновой смеси, покрыть лаком УР-231, ЭП-730 или Э-4100.

**6.** При отслоении или повреждении печатного проводника его следует дублировать внешним проводником. Дублирующий проводник допускается располагать с обеих сторон платы; проводник разрешается припаивать только к контактной площадке. При отслоении печатного проводника по всей длине или на длине 40% его протяженности поврежденный проводник удалить. Сечение внешнего проводника должно быть 0,20 или 0,35 мм<sup>2</sup>. Допускается применение проволоки ММ-0,5 в изоляционной трубке.

## **Приложение 2** (справочное)

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ УСТРОЙСТВ РЗА**

**1.** Точность измерений должна соответствовать требованиям технической документации на конкретные устройства РЗА (классу точности устройств РЗА если он установлен для устройства) и быть не ниже данных, приведенных в табл. 3.

**2.** Точность измерения характеризуется как погрешностями самого измерительного прибора, так и метода измерения. Различают следующие погрешности измерительных приборов.

**2.1.** Абсолютную погрешность  $\Delta$ , определяемую как разницу между показанием прибора  $A_{\text{и}}$  и действительным значением измеряемой величины  $A$ :

$$\Delta = A_{\text{и}} - A. \quad (25)$$



**2.2.** Относительную погрешность  $\delta$  — абсолютную погрешность, выраженную в процентах от действительного значения измеряемой величины:

$$\delta = \frac{\Delta}{A} 100 \quad (26)$$

на практике обычно принимают

$$\delta = \frac{\Delta}{A_u} 100 \quad (27)$$

поскольку значение абсолютной погрешности относительно значения измеряемой величины обычно невелико.

**3.** Точность стрелочных измерительных приборов и преобразователей характеризуется классом точности прибора  $\gamma_{\max}$ , который определяется как максимальная абсолютная погрешность измерения  $\Delta_{\max}$  произведенного прибором в пределах рабочей части шкалы в нормальных условиях (п. 4 данного приложения), отнесенная к верхнему пределу шкалы прибора  $A_{\text{ш}}$ :

$$\gamma_{\max} = \frac{\Delta_{\max}}{A_{\text{ш}}} 100 \quad (28)$$

Исходя из понятия класса точности прибора, основная погрешность прибора (относительная погрешность прибора при измерении при нормальных условиях величины  $A_u$ ) может быть подсчитана по формуле:

$$\delta_0 = \gamma_{\max} = \frac{A_{\text{ш}}}{A_u} \quad (29)$$

Как следует из формулы (29), для уменьшения погрешности измерения его следует производить таким образом, чтобы стрелка измерительного прибора находилась как можно ближе к верхней границе шкалы (рекомендуется в последней ее четверти или трети).

Например, при измерении амперметром класса точности 1,0 (со шкалой 10 А) тока 4 А относительная погрешность измерения составит

$$\delta = 1,0 \cdot \frac{10}{4} = 2,5\%, \text{ при измерениях этого же тока аналогичным прибором,}$$

но со шкалой 5 А относительная погрешность составит  $\delta = 1,0 \cdot \frac{5}{4} = 1,25\%$ , т.е. значение близкое к классу точности прибора.

Для обеспечения указанных условий измерения в ряде случаев необходимо применять многопредельные приборы, трансформаторы тока, добавочные резисторы и шунты.

Точность цифровых измерительных приборов характеризуется непосредственно погрешностями измерения. Абсолютная погрешность цифровых измерительных приборов задается в виде одной из формул:

$$\Delta = \pm(aA_u + b \cdot 10^{p-1}) \quad (30)$$

где  $A_u$  — показания прибора, соответствующие измеряемой величине;

$a$  — относительная погрешность (часто выражается в единицах младшего разряда);

$b$  — относительная величина;

$p$  — показатель пределов, имеющих декадное отношение (например, для пределов 1:1, 10:1 и 100:1 показатель  $p$  равен 1, 2 и 3 соответственно), или

$$\Delta = \pm(aA_u + b'A_k) \quad (31)$$

где  $A_k$  — конечное значение установленного предела измерения;

$b'$  — относительная величина (произведение  $b'A_k$  соответствует значению абсолютной погрешности).

**4.** Класс точности приборов определяется при нормальных условиях.

**4.1.** Под нормальными условиями понимается следующее:

- температура окружающего воздуха 20°C;
- нормальная частота переменного тока 50 Гц;
- определенное (горизонтальное, вертикальное) положение прибора;
- отсутствие внешних электрических полей;
- другие условия, оговоренные в паспорте на измерительный прибор.

**4.2.** Дополнительные (относительные) погрешности измерительных приборов вызываются отличием условий проведения измерений от нормальных и применением дополнительной аппаратуры.

- а)  $\delta_t$  — погрешность от изменения температуры окружающего воздуха от нормальных значений до любой температуры в пределах рабочих температур. Область рабочих температур и предельное значение этой погрешности для различных групп измерительных приборов на каждые 10°C изменения температуры указаны в табл. 6.

Таблица 6

Влияющая величина	Значение влияющей величины для различных групп в долях от класса точности прибора						
	1	2	3	4	5	6	7
Область рабочих температур окружающего воздуха, °С							
Нижнее значение	10	10	5	-10	-30	-50	-30
Верхнее значение	25	35	40	40	50	60	70
Предельное значение $\delta_i$ для амперметров, вольтметров, ваттметров	–	1	1	1	0,8	0,6* 0,5**	0,5* 0,5**
То же для фазометров	–	1	1	1	0,8	0,5	0,5
То же для частотомеров							

\*Для приборов класса точности 0,2 и 0,5.

\*\*Для приборов класса точности 1; 1,5; 2,5; 4; 5.

- б)  $\delta_i$  — погрешность, вызванная отклонением частоты от нормальной. Предельное значение этой погрешности при отклонении частоты на  $\pm 10\%$  от нормальной частоты (нормальной области частот), как правило, равно классу точности прибора.
- в)  $\delta_\phi$  — погрешность от влияния внешнего магнитного и электрического поля. Предельное значение этой погрешности для приборов, не имеющих символа F30, за исключением электростатических приборов, под влиянием однородного магнитного поля с индукцией 0,5 мТл равно значениям, указанным в табл. 7.

Предельное значение дополнительной погрешности приборов, имеющих символ F30, за исключением электростатических приборов, под влиянием внешнего однородного магнитного поля с индукцией, равной указанной в символе в миллitesлах, равно классу прибора.

Таблица 7

Вид прибора	Предел допустимой дополнительной погрешности, %, для классов точности	
	0,05; 0,1; 0,2	0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4; 5
Астатический с магнитным экраном, магнитоэлектрический	$\pm 0,75$	$\pm 1,5$
Ферродинамический	$\pm 1,5$	$\pm 3$
Прочие приборы	$\pm 3$	$\pm 6$

Предельное значение допустимой дополнительной погрешности для электростатических вольтметров, не имеющих символа F34, под влиянием внешнего электрического поля частоты 50 Гц напряженностью 20 кВ/м равно  $\pm 0,5\%$  для приборов классов точности 0,05-0,5 и классу точности — для приборов классов точности 1-5. Предельное значение для приборов, имеющих символ F34, под влиянием внешнего электрического поля частоты 50 Гц напряженностью, равной указанной в символе в киловольтах на метр, равна классу точности прибора.

- г)  $\delta_L$  — погрешность, вызванная изменением положения прибора от нормального положения в любом направлении. Предельное значение этой погрешности при отклонении на  $\pm 5^\circ$  должно быть равно классу точности прибора. Допускается изготовление приборов с изменением положения от нормального более чем на  $5^\circ$ . При этом предельное значение дополнительной погрешности также равно классу точности прибора. Если на приборе отсутствует символ положения, предельное значение этой погрешности, вызванное изменением положения от 0 до  $90^\circ$  для переносных и от  $90$  до  $0^\circ$  для щитовых приборов, равно половине класса точности прибора.
- д)  $\delta_{пр}$  — другие виды погрешностей, вызванных различными факторами, например, работой в условиях вибрации или ударов (для вибро- и удароустойчивых приборов), действием других однотипных приборов, помещенных рядом, от изменения напряжения (для фазометров, ваттметров предельное значение дополнительной погрешности, вызванное отклонением напряжения на  $\pm 10\%$  номинального, равно классу точности прибора), отклонением формы кривой тока и напряжения от синусоидальной и т.п. Указанные погрешности учитывают в редких случаях, когда воздействующий фактор сильно выражен, обычно же ими пренебрегают.
- е)  $\delta_{ТТ}$  — погрешность, вызванная применением измерительных трансформаторов тока. Токовая  $\delta_{ТТ}^I$  и угловая ТТ погрешности для трансформаторов тока класса точности 0,1-0,2 при протекании первичного тока  $I$  в диапазоне от 0 до 120% номинального значения  $I_{ном}$  и нагрузке в пределах 25-100% номинального значения могут быть подсчитаны по формулам:

$$\delta_{ТТ}^I = \pm \left[ \gamma_{\max} + 0,2\gamma_{\max} \left( \frac{I_{ном}}{I} - 1 \right) \right], \quad (32)$$

$$\delta_{ТТ}^U = \pm 5 \left[ 10\gamma_{\max} + 0,2\gamma_{\max} \left( \frac{I_{ном}}{I} - 1 \right) \right] \quad (33)$$

В зависимости от вида измерения учитывается одна или другая погрешность.

**4.3.** В общем случае результирующая относительная погрешность измерительного прибора  $\delta_n$  может достигнуть суммы погрешности прибора от всех влияющих факторов. В действительных условиях маловероятно совпадение всех неблагоприятно влияющих факторов и одинакового знака всех погрешностей. Поэтому эту погрешность более правильно подсчитывать по формуле:

$$\delta_n = \sqrt{\delta_0^2 + \frac{A_u^2}{A_u^2} \delta_T^2 + \delta_f^2 + \delta_\phi^2 + \delta_L^2 + \delta_{np}^2 + \delta_{TT}^2} \quad (34)$$

**4.4.** В случаях, когда результирующее значение регистрируемой величины получаете в результате арифметических преобразований показаний отдельных приборов, полная относительная погрешность определения регистрируемой величины  $\delta_\Sigma$  может быть определена по формулам:

а) при суммировании двух измеренных значений  $A_1$  и  $A_2$

$$\delta_\Sigma = \pm (A_1 |\delta_{n1}| + A_2 |\delta_{n2}|) / (A_1 + A_2) \quad (35)$$

б) при вычитании двух измеренных значений  $A_1$  и  $A_2$

$$\delta_\Sigma = \pm (A_1 |\delta_{n1}| + A_2 |\delta_{n2}|) / (A_1 - A_2) \quad (36)$$

в) при умножении или делении двух измеренных величин

$$\delta_\Sigma = \pm (|\delta_{n1}| + |\delta_{n2}|) \quad (37)$$

г) в общем случае, когда измерение производится  $m$  приборами, а регистрируемая величина  $A$  получается в результате преобразования

$$A = f(A_1, A_2, \dots, A_n) \quad (38)$$

$$\delta_\Sigma = \frac{1}{A} \left( \frac{\partial A}{\partial A_1} \delta_{n1} + \frac{\partial A}{\partial A_2} \delta_{n2} + \dots + \frac{\partial A}{\partial A_m} \delta_{nm} \right) \quad (39)$$

В вышеперечисленных формулах:

$\delta_{n1}, \delta_{n2}, \dots, \delta_{nm}$  — относительные погрешности приборов при измерении величин  $A_1, A_2, \dots, A_m$ ;  $\frac{\partial A}{\partial A_i}$  и т.д. соответствующие частные производные.

**5.** При определении погрешности измерения сначала определяют основные, дополнительные и результирующие погрешности каждого

измерительного прибора, а затем — полная относительная погрешность определения регистрируемой величины.

Пример. Определить возможную погрешность при измерении сопротивления срабатывания реле сопротивления при следующих условиях: измерение производится при токе 40 А, напряжении 50 В; используются вольтметр Э515/3 с пределом измерений 75-600 в класса точности 0,5 и амперметр Э514/3 на 5-10 А класса точности 0,5, включенный через трансформатор тока И-54. Измерение производится при температуре окружающего воздуха +10°C, угол наклона плоскости стола, на котором установлены приборы 10°, частота сети 49,8 Гц.

Установим коэффициент трансформации трансформатора тока равным 50/5, предел амперметра — 5 А, предел вольтметра — 75 В. Такой выбор пределов обеспечивает измерение с наименьшей погрешностью.

Основная относительная погрешность амперметра 0А и вольтметра 0В составит:

$$\delta_{0A} = \gamma_{\max} \frac{A_w}{A_u} = 0,5 \cdot \frac{5}{4} = 0,625\%$$

$$\delta_{0B} = \gamma_{\max} \frac{A_w}{A_u} = 0,5 \cdot \frac{75}{50} = 0,75\%$$

Дополнительные погрешности от отклонения температуры окружающего воздуха на 20 — 10 = 10°C для обоих приборов одинаковы (приборы принадлежат ко II-IV группе по климатическим условиям) и равны классу точности прибора  $\delta_{tA} = \delta_{tB} = 0,5\%$ .

Определим дополнительную погрешность от магнитного поля, вызванного протеканием тока 40 А (примем расстояние этого провода до измерительных приборов  $L = 0,1$  м). Индукция внешнего магнитного поля вокруг проводника с током определяется по формуле:

$$\beta = \mu_0 H = \mu_0 \frac{I}{2\pi L} = 4\pi 10^{-7} \frac{40}{2\pi 0,1} = 0,8 \text{ мТл}$$

Дополнительная погрешность от магнитного поля для амперметра  $\delta_{tA}$  и вольтметра  $\delta_{tB}$  согласно табл. 7 составляет:

$$\delta_{tA} = \delta_{tB} = \frac{0,08}{0,5} \cdot 6 = 0,96\%$$

Дополнительная погрешность от наклона прибора для амперметра  $\delta_{LA}$  и вольтметра  $\delta_{LB}$  одинакова и равна классу точности:

$$\delta_{\text{IA}} = \delta_{\text{IB}} = 0,5\%$$

Погрешностью от изменения частоты можно пренебречь.

Дополнительная погрешность, вызванная применением трансформатора тока, составит:

$$\delta_{\text{TT}}^T = 0,2 + 0,2 \cdot 0,2 \cdot \left( \frac{50}{40} - 1 \right) = 0,205\%$$

Результирующая относительная погрешность амперметра  $\delta_{\text{IA}}$  и вольтметра  $\delta_{\text{IB}}$  составит:

$$\begin{aligned} \delta_{\text{IA}} &= \sqrt{\delta_{\text{OA}}^2 + \frac{A_u^2}{A_u^2} \delta_{\text{TA}}^2 + \delta_{\text{FA}}^2 + \delta_{\text{LA}}^2 + \delta_{\text{TT}}^2} = \\ &= \sqrt{0,625^2 + \left( \frac{50}{40} \right)^2 0,5^2 + 0,96^2 + 0,5^2 + 0,205^2} = 1,63\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{IB}} &= \sqrt{\delta_{\text{OB}}^2 + \frac{A_u^2}{A_u^2} \delta_{\text{TB}}^2 + \delta_{\text{FB}}^2 + \delta_{\text{LB}}^2} = \\ &= \sqrt{0,75^2 + \left( \frac{75}{50} \right)^2 0,5^2 + 0,96^2 + 0,5^2 + 0,205^2} = 1,94\% \end{aligned}$$

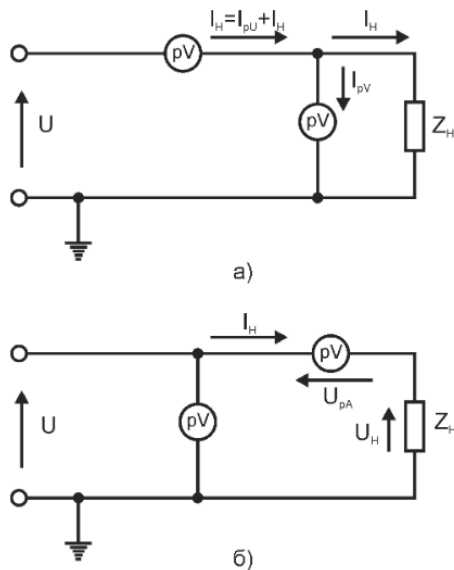
Полная относительная погрешность определения сопротивления  $\delta_{\Sigma}$  (как частного от деления) составит

$$\delta_{\Sigma} = \delta_{\text{IA}} = \delta_{\text{IB}} = 1,63 + 1,94 = 3,57\%$$

**6.** Кроме факторов, влияющих на перечисленные выше погрешности (регламентированные ГОСТ), имеются также другие факторы, которые существенно влияют на точность измерения. Как и вышеперечисленные факторы, их влияние в ряде случаев можно полностью или частично устранить введением соответствующих поправок, изменением метода измерения другим или учесть количественно в виде дополнительной погрешности. К таким существенным факторам при проверках устройств РЗА относятся следующие:

- а) Внутреннее сопротивление приборов. Подбор приборов следует осуществлять таким образом, чтобы не было взаимного влияния измерительных приборов и их влияния на схему проверяемого устройства РЗА. Ниже для примера на рис. П2.1 приведены две схемы включения амперметра и вольтметра для снятия вольт-амперных характеристик. Из схемы видно, что

при несоблюдении условий, указанных в подрисуночных надписях, увеличится дополнительная погрешность измерения, вызванная для схемы на рис. П2.1, а сравнительно малым внутренним сопротивлением вольтметра  $Z_{pV}$ , а для схемы на рис. П2.1, б — сравнительно большим внутренним сопротивлением амперметра  $Z_{pA}$ . Поэтому схема рис. П2.1, а) обычно применяется при малых  $Z_H$ , а рис. П2.1, б), — при больших.



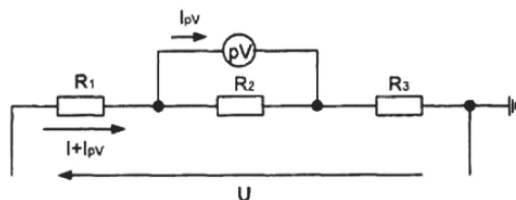
**Рис. П2.1.** Схемы включения амперметра и вольтметра для снятия вольт-амперных характеристик:

**а** — для  $Z_H \ll Z_{pV}$ ; **б** — для  $Z_H \gg Z_{pA}$

Из схемы, приведенной на рис. П.2.2, видно, что в случае, когда внутреннее сопротивление вольтметра соизмеримо с сопротивлениями резисторов  $R1$ - $R3$ , может произойти существенное изменение режима работы схемы проверяемого устройства.

- б) Существенным фактором является система измерительного прибора при измерении несинусоидальных токов и напряжений, например, в цепях выпрямленного тока, токов и напряжений на выходе насыщающихся трансформаторов, стабилизаторов и т.п.





**Рис. П2.2.** Изменение токов при подключении в схему вольтметра с недостаточно большим внутренним сопротивлением

Измерительные приборы переменного тока и напряжения реагируют либо на действующее значение, либо на среднее по модулю (средневыпрямленное) значение, либо на амплитудное значение, наконец, на постоянную составляющую. На действующее значение реагируют электромагнитная, электродинамическая, ферродинамическая, электростатическая, термоэлектрическая системы приборов, а также электронные вольтметры с двухполупериодным выпрямлением и квадратичной характеристикой. На среднее по модулю значение реагируют магнитоэлектрическая система приборов с выпрямителем, электронные вольтметры с однополупериодным выпрямлением и линейной или квадратичной характеристикой. На амплитудное значение реагируют электронные вольтметры с амплитудной характеристикой. На постоянную составляющую реагируют магнитоэлектрические системы приборов без выпрямителя. Градуировка этих приборов (кроме магнитоэлектрических систем приборов без выпрямителя) производится в действующих значениях тока или напряжения при правильной синусоидальной форме кривой измеряемой величины.

Соотношения между амплитудным значением  $A_m$ , действующим  $A_d$  и средним значением  $A_{cp}$  измеряемой величины  $A$  определяется выражениями: при действии синусоидально изменяющейся величины

$$A_d = \frac{A_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 A_m \quad (40)$$

$$A_{cp} = \frac{2}{\pi} A_m \approx 0,637 A_m \quad (41)$$

при действии несинусоидально изменяющихся величин (путем разложения в ряд Фурье на  $n$  гармонических составляющих) эти величины могут быть представлены в виде:

$$\alpha = A_0 + A_{1m} \sin \omega \tau + A_{2m} \sin(2\omega \tau + \psi_2) + \dots + A_{nm} \sin(n\omega \tau + \psi_n); \quad (42)$$

$$A_d = \sqrt{A_0^2 + \frac{A_{1m}^2}{2} + \frac{A_{2m}^2}{2} + \dots + \frac{A_{nm}^2}{2}} = \sqrt{A_0^2 + A_{1д}^2 + A_{2д}^2 + \dots + A_{nд}^2} \quad (43)$$

$$A_{cp} = A_0 + \frac{2}{\pi} \left( A_{1m} + \frac{1}{2} A_{2m} \cos \psi_2 + \dots + \frac{1}{n} A_{nm} \cos \psi_n \right) \quad (44)$$

При измерении несинусоидальных величин приборы разных типов могут давать различные показания. Как видно из вышеприведенных формул, показания приборов, реагирующих на действующее значение, не будут зависеть от угла сдвига фаз между гармоническими составляющими, а показания приборов, реагирующих на среднее по модулю значение, будут зависеть от угла сдвига фаз отдельных гармонических составляющих относительно основной гармонической составляющей и от схемы выпрямления (в схемах с однополупериодным выпрямлением будут суммироваться основная и нечетная гармонические составляющие, а в схемах с двухполупериодным выпрямлением — все гармонические составляющие). Для получения результата в средних значениях необходимо выполнить пересчет согласно формуле:

$$A_{cp} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} A_d \approx 0,9 A_d \quad (45)$$

Амплитудные электронные вольтметры измеряют значение напряжения, равное 0,707 амплитудного значения напряжения любой формы, симметричного относительно оси времени, а при несимметричной кривой их показания зависят от того, к каким выводам прибора подведено измеряемое напряжение. При синусоидальном напряжении они измеряют действующее значение напряжения.

Производить каждый раз анализ формы кривой и вводить какие-либо поправки в показания приборов затруднительно. Поэтому при измерениях в цепях с несинусоидальной формой кривой и в цепях выпрямленного тока следует применять измерительные приборы такой же системы, как и работающая в этих цепях аппаратура. Так, если в цепях с несинусоидальным током работает электромагнитное реле, то измерение следует производить также электромагнитным прибором. Если в цепях выпрямленного тока работает поляризованное реле или от этих цепей заряжаются конденсаторы (БПЗ-400), то измерения следует производить магнитоэлектрическим прибором. В цепях, к которым

подключены микропроцессорные защиты, измерения следует производить прибором, измеряющим то значение электрической величины, на которое реагирует защита. Обычно это указывается в руководствах по эксплуатации защит, в разделе «Измерения».

Особо следует отметить случаи работы электромагнитного реле постоянного тока на выпрямленном напряжении. Такое реле теоретически реагирует на действующее значение выпрямленного тока, и в принципе измерения следовало бы производить электромагнитным прибором. Учитывая, что индуктивное сопротивление обмотки реле велико, а для высших гармонических составляющих оно еще больше, ток через его обмотку почти не содержит высших гармонических составляющих и с достаточной для практики точностью может считаться постоянным током. Поэтому измерения в таких цепях правильнее производить магнитоэлектрическим прибором.

7. Для уменьшения вышеперечисленных и других погрешностей измерения следует руководствоваться следующими рекомендациями.

- а) Испытательное устройство должно давать практически синусоидальный ток и напряжение. Для этого испытательные устройства запитываются от линейных напряжений, во вторичную цепь нагрузочного трансформатора включается добавочный резистор, сопротивление ( $R_d$ , в омах) которого определяется по формуле:

$$R_d \approx 10Z_p \quad (46)$$

где  $Z_p$  — сопротивление обмотки реле, Ом.

- б) Система измерительного прибора выбирается таким образом, чтобы прибор и проверяемое реле реагировали на одни и те же значения (действующее, среднее и др.). Детекторные и электронные измерительные приборы в цепях с несинусоидальными током или напряжением можно применять лишь для измерений, не требующих высокой точности, или для определения максимальных и минимальных значений.
- в) Пределы измерительных приборов подбираются таким образом, чтобы их показания составляли не менее двух третей шкалы прибора.
- г) При измерении тока (мощности) через промежуточный трансформатор тока предел амперметра (ваттметра) желательно выбирать равным номинальному вторичному току трансформатора тока.

Класс точности этого трансформатора тока должен быть, по крайней мере, на одну ступень выше класса точности амперметра (ваттметра). Коэффициент трансформации подбирается таким образом, чтобы значение измеряемого тока было как можно ближе к номинальному первичному току трансформатора тока. Значение сопротивления нагрузки должно быть в пределах 25-100% номинального значения трансформатора тока. При использовании трансформаторов тока температура окружающего воздуха должна быть в пределах 10-35°C.

- д) Следует применять приборы группы, соответствующей температуре окружающего воздуха. При значительных отклонениях температуры окружающего воздуха от нормальной следует выбирать приборы тех групп, которые имеют меньшую дополнительную погрешность по температуре. При этом результирующая погрешность в ряде случаев может оказаться меньшей, чем при применении приборов других групп с более высоким классом точности.
- е) Следует правильно устанавливать прибор, по возможности не допуская отклонений от его нормального положения.
- ж) Во всех случаях, особенно при измерении малых значений токов и напряжений, следует включать амперметр и вольтметр так, чтобы собственное потребление прибора вносило минимальные ошибки в измерения. При измерениях напряжений в цепях малоомощных источников (на выходах фильтров, в полупроводниковых схемах и др.) следует применять высокоомные вольтметры. Сопротивление вольтметров переменного тока должно быть не менее 1-2 кОм/В, сопротивление вольтметров для измерения в цепях постоянного тока (полупроводниковые устройства РЗА, цепи приемопередатчиков ВЧ защит) должно быть не менее 10-20 кОм/В. Сопротивление Милли- и микроамперметров для измерений токов на выходе фильтров, в дифференциальных схемах, в схемах сравнения и т.п. должно быть минимальным, около десятых долей Ома при шкалах 25-50 мА.
- з) Для устранения влияния внешних полей следует скручивать вместе прямой и обратный провода, по которым протекают значительные токи.
- и) При измерении одной и той же величины двумя приборами и определении ее по сумме показаний этих приборов следует большую долю измеряемой величины измерять прибором с более высоким классом точности.

- к) При измерении электрической мощности целесообразнее производить измерение с помощью ваттметров, а не по показаниям трех приборов того же класса точности: вольтметра, амперметра и фазометра (так как их погрешности при измерении складываются).
- л) При применении электронных средств измерения (электронных вольтметров, осциллографов, частотомеров и др.) следует учитывать наличие возможного заземления отдельных точек схемы (в токовых цепях и цепях напряжения, в блоках питания и др.). При неправильном подключении заземленного вывода измерительного прибора возможно возникновение КЗ (см. рис. П2.2) или значительная ошибка в измерении из-за нарушения режимов работы проверяемой схемы (шунтирование резистора R3 или R2, в схеме рис. П2.2). Поэтому указанными приборами следует производить измерения только относительно заземленных точек схемы. При измерении напряжений в схеме по рис. П2.2 ламповым вольтметром с незаземленным корпусом появится дополнительная ошибка в измерении из-за наличия емкостных связей между корпусом прибора и землей.
- м) Для стабилизации характеристик проверяемого устройства РЗА и измерительных приборов измерения следует производить после их предварительного прогрева током и напряжением.
- н) Для уменьшения погрешностей, носящих случайный характер, следует производить несколько измерений и определять среднее значение, отбросив единичные результаты, значительно отличающиеся от остальных (промахи). Для уменьшения влияния вариации прибора в отдельных случаях, требующих особо точных измерений, следует производить измерение при плавном увеличении, а затем при плавном снижении измеряемой величины; такой способ не пригоден для снятия вольт-амперных характеристик трансформаторов тока.
- о) При проверках устройств РЗА следует производить измерения с необходимой степенью точности. Необходимо заранее определить, какая точность измерения нужна согласно табл. 3, и необходимые классы точности измерительных приборов путем расчета или согласно рекомендациям, приведенным в табл. 8, для проверки устройств РЗА различных типов.

Таблица 8

Наименование	Класс точности приборов
1. Дистанционное реле, реле мощности с регулированием уставки срабатывания	Не менее 0,5
2. Токовые реле защит, согласующиеся друг с другом с запасом 1,1-1,2	Не ниже 0,5-1,0
3. Второстепенные измерения: напряжения срабатывания реле, характеристики намагничивания трансформаторов тока и т.п.	До 1,5
4. Измерение небалансов, настройка фильтров, проверка схем включения трансформаторов тока и напряжения, фазировка трансформаторов напряжения, проверка исправности цепей и т.п.	До 4

Измерительные приборы проверочных устройств должны удовлетворять предъявляемым требованиям. Допускается применение устройств с приборами меньшей точности (например, У5053). При этом следует обязательно оценивать возможные последствия, к которым может привести неточность замеров.

**Приложение 3**  
(рекомендуемое)

## **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ**

Требования к испытательной аппаратуре определяются составом устройств РЗА, современными техническими возможностями и условиями обслуживания. Настоящие требования обусловлены:

- появлением в электроэнергетике нового поколения устройств РЗА (микроэлектронных, микропроцессорных);
- появлением компьютерных средств, позволяющих в значительной степени автоматизировать техническое обслуживание (далее — ТО), устройств РЗА, автоматически создавать протоколы проверки требуемой формы, обеспечивать ряд дополнительных удобств для персонала;
- намечающимся изменениям подхода к ТО устройств РЗА, в частности, уменьшением времени, выделяемого на плановое ТО при сокращении численности персонала.

Испытательные устройства, необходимые для ТО устройств РЗА, цифровых регистраторов, устройств для определения мест повреждения на линиях электропередачи, могут выполняться в двух основных вариантах.

Первый вариант, наиболее распространенный в настоящее время, предусматривает подачу в устройства РЗА входных величин в ручном или полуавтоматическом режиме. Это реализуют комплектные устройства У5053, ЭУ5001, установки «Уран-1», «Уран-2» и др. Второй вариант позволяет подавать в устройства РЗА требуемые значения входных величин как в ручном, так и в автоматическом режиме. Возможна также подача в устройство входных величин, физически воспроизводящих аварийные процессы либо по математическим программам, разрабатываемым для конкретных типов устройств РЗА либо по записям реально возникавших аварийных процессов в энергосистемах. Такими возможностями обладают, например, устройства типа «РЕТОМ» (НПП «Динамика»).

В обоих вариантах устройства должны обеспечивать выполнение «Правил технического обслуживания» [3, 4], достоверность и достаточную точность измерений, безопасность и удобство, минимальные трудозатраты на ТО.

Устройства должны обеспечивать плавное или ступенчатое с достаточной степенью дискретности регулирование в необходимых пределах значений тока, напряжения, угла между векторами переменного тока и напряжения. Вместе с тем, устройства должны поддерживать на заданном уровне значения упомянутых величин при изменениях входных сопротивлений испытываемых устройств. В частности, это относится к случаям использования устройств в качестве источника оперативного напряжения. При опробовании взаимодействия элементов устройств РЗА, особенно с использованием электромеханических реле, возникают скачкообразные изменения сопротивления устройства. Стационарные источники оперативного напряжения на энергообъектах, как правило, обеспечивают стабильность оперативного напряжения. Однако в процессе наладки вновь вводимых объектов таких источников еще может не быть.

Для ТО большинства устройств РЗА достаточны следующие пределы регулирования выходных величин:

- по переменному напряжению от нуля до 400 В с длительно допустимой нагрузкой 0,5-1 А и кратковременной 1,5-2 А;
- по постоянному напряжению от нуля до 245 В с такой же допустимой нагрузкой;
- по переменному току от нуля до 10 А без нагрузочного устройства (блока) и до 200 А с нагрузочным устройством (блоком);
- по углу между синусоидальными выходными величинами (напряжением и током для ТО направленных защит, двумя напряжениями для ТО аппаратуры проверки синхронизма) в диапазоне от нуля до  $360^\circ$  плавно или плавно-ступенчато;
- по частоте от 45 до 55 Гц для ТО устройств АЧР, ЧАПВ и т.п.

Устройства могут выполняться для имитации как однофазных, так и трехфазных режимов. Желательна независимая регулировка токов и напряжений в каждой фазе, однако для большинства использующихся в эксплуатации устройств РЗА (направленные и дистанционные защиты, защиты от несинхронных режимов и др.) допустимо иметь трехфазную систему регулируемых выходных напряжений и однофазную систему регулируемых выходных токов.

В качестве источника оперативного напряжения устройство должно поддерживать напряжения 110 и 220 В в пределах, допустимых «Правилами технической эксплуатации» [8], (от -20 до +10%) с допустимой нагрузкой до 400 Вт. Зависимость выходного напряжения от тока нагрузки должна предоставляться фирмами-изготовителями. При использовании в таком качестве выпрямленного напряжения из-



готовитель должен предоставлять информацию о степени сглаживания в зависимости от значения комплексного сопротивления нагрузки.

Устройства должны давать минимальные искажения синусоидальной кривой переменного тока или напряжения (в зависимости от проверяемого устройства РЗА). В частности, для снятия вольт-амперной характеристики трансформаторов тока (ТТ) желательно иметь минимальные искажения формы кривой напряжения. А для проверки устройств РЗА с нелинейными характеристиками (электрохимические реле типов ДЗТ, РТ40/Р, схемы дешунтирования отключающих катушек выключателей и др.) желательно иметь минимальные искажения формы кривой тока. Коэффициенты нелинейных искажений во всем диапазоне подаваемых величин и в зависимости от значений нагрузки также должны предоставляться фирмами-изготовителями.

Вместе с тем устройства, выполняемые по второму варианту, должны обеспечивать имитацию режимов глубокого насыщения трансформаторов тока, питающих токовые цепи устройств РЗА с возможностью регулирования этого режима. Это, в частности, необходимо при ТО микропроцессорных защит, использующих квантование аналоговых сигналов по времени, для имитации режимов близких КЗ, так как фирмы, выпускающие микропроцессорную аппаратуру, далеко не всегда указывают принципы восстановления исходной функции по ее дискретным значениям.

Устройства должны обеспечивать контроль как устройства РЗА в целом, так и его отдельных частей, если они не могут быть проверены в процессе проверки устройства в целом. Это относится, в частности, к характеристикам отдельных функциональных узлов и реле (параметры срабатывания и возврата, коэффициенты торможения и др.). Для этого устройства должны быть укомплектованы необходимым набором соединительных проводников, подобранных по условиям нагрева, с наконечниками (или разъемами), пригодными для подключения к элементам проверяемой аппаратуры.

Тепловой режим работы устройства должен обеспечивать подачу выходных величин на время, необходимое для успокоения переходных процессов в проверяемых устройствах плюс время считывания показаний оператором. В устройствах, выполняемых по второму варианту тепловой режим должен обеспечивать подачу требуемых выходных величин на весь цикл испытания. Предельно допустимые значения времени подачи выходных величин должны указываться фирмами-изготовителями.

Устройства должны обеспечивать измерение значений выходных величин (или их задание — для устройств автоматической проверки)

в пределах диапазона их регулирования с точностью, соответствующей требованиям вышеупомянутых «Правил» [3, 4] и настоящей инструкции. Фирма-изготовитель должна указывать, какое значение выходной величины измеряет (или задает) устройство — действующее, амплитудное или средневыпрямленное. В частности, это важно при снятии вольт-амперных характеристик трансформаторов тока.

Устройства должны обеспечивать измерение времени срабатывания и возврата, времени замкнутого состояния временно замыкающих контактов как отдельных реле, так и устройств РЗА в целом с точностью, соответствующей требованиям вышеупомянутых документов. Желательно обеспечить измерение времени удержания сигнала пуска защиты (выдержки времени на возврат логики устройства РЗА после исчезновения величины, превышающей уставку срабатывания), поскольку оно достаточно широко используется в микропроцессорных защитах для выявления перемежающихся коротких замыканий.

Для измерения временных характеристик, а также для контроля за срабатыванием и возвратом аппаратуры РЗА устройство должно иметь входы для подключения дискретных сигналов от аппаратуры РЗА.

Питание устройств должно осуществляться от сети однофазного или трехфазного переменного напряжения 220-380 В. Устройства должны быть обеспечены защитой от коротких замыканий и недопустимых перегрузок.

Устройства автоматической проверки (второй вариант испытательных устройств), должны содержать не менее трех источников напряжения и трех источников тока (чтобы создавать симметричные системы токов и напряжений прямой и обратной последовательностей), независимо управляемых по модулю, фазе и частоте.

Источники тока и напряжения устройства автоматической проверки должны обладать следующими эксплуатационными характеристиками:

- допускать длительную работу;
- иметь защиту от перегрева;
- иметь защиту от коротких замыканий источников напряжения;
- иметь защиту от обрыва в цепях источников тока.

При срабатывании защит должен выдаваться соответствующий сигнал.

Комплект программ устройств автоматической проверки должен включать в себя проверку наиболее распространенных устройств РЗА, ручное управление источниками тока и напряжения, моделирование сигнала заданной формы, синтез сигнала при известном его гармоническом составе, генерирование последовательности состояний сигналов на входе устройств РЗА для проверки АПВ, АВР, АЧР и др.

**Приложение 4**  
(рекомендуемое)

**КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ НАИБОЛЕЕ  
РАСПРОСТРАНЕННЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ  
УСТРОЙСТВ**

Среди большого количества комплектных испытательных устройств, облегчающих техническое обслуживание сложных устройств РЗА (далее — УРЗА), наибольшее распространение получили устройства У5053, ЭУ5001. Эти устройства стали прототипом для более совершенных установок «Уран». Оба типа этих устройств предполагают подачу в устройства входных величин в ручном (У5053, ЭУ5001) или полуавтоматическом («Уран») режиме.

В последнее время появилось новое поколение испытательных устройств для обслуживания сложных защит, к которому относятся устройства типа РЕТОМ, позволяющие осуществлять как ручную, так и автоматическую проверку УРЗА с помощью компьютера по заданным программам и минимизирующие затраты ручного труда на переключения в схемах РЗА и составление протоколов.

В данном приложении приводятся краткие сведения об этих устройствах для оценки их возможностей и сравнения с другими типами испытательных устройств. Полные сведения об устройствах и правилах их эксплуатации содержатся в материалах фирм-изготовителей. Схемы и технические характеристики приведены по материалам, представленным НПФ «Радиус» и НПП «Динамика».

**1. Устройства типа У5053 и «Уран»**

Описание для краткости дается совместно обоих типов устройств, благодаря схожести их конструктивного исполнения и функциональных схем. Наименование блоков и элементов схем дается для более современного устройства типа «Уран», а соответствующие наименования для устройств У5053 приводятся в скобках.

Устройства (установки) в полном объеме состоят из трех блоков, блока регулировочного (К513), нагрузочного (К514) и блока трехфазного напряжения (К515). Первые два блока предназначены для проверки простых устройств защиты, т.е. устройств, в которых ис-

пользуются измерительные органы с одной входной величиной (током или напряжением). Комплект из двух блоков называется «Уран-1» (У5052). При добавлении третьего блока устройство в целом становится способным проверять сложные защиты, т.е. защиты, в которых используются измерительные органы с двумя входными величинами (током и напряжением). Комплект из трех блоков называется «Уран-2» (У5053).

**1.1.** В состав регулировочного блока входят следующие основные элементы:

- а) узел плавно-ступенчатого регулирования тока и напряжения, включающий в себя трансформаторы ТР и АТ (Т1, Т2) с переключателями S5, S6 (S9) пределов грубой и плавной регулировки выходных напряжений и токов, магнитный пускатель КМ (K1), коммутирующий выходные цепи; трансформатор вспомогательного питания ТВ (доп. обмотка Т2) для подключения контактов проверяемого реле к сигнальному светодиоду (и к цепям секундомера); выпрямительный мост VD6-VD9 (VD7-VD10) и блок конденсаторов с переключателем емкости фильтра для формирования постоянного (выпрямленного со сглаживанием) напряжения; узел формирования тока I, необходимого для проверки токовых обмоток промежуточных реле; переключатель «Режим работы» S7 (S7); переключатель питания блока напряжением 220 или 380 В;
- б) измерительная схема, включающая в себя в устройстве «Уран» датчики напряжения на 500 В, выходного тока на 10 А, тока в цепи Id на 5 А и температуры для включения вентилятора охлаждения, а также схему усиления аналоговых сигналов, поступающих с датчиков; в устройстве У5053 измерительная схема включает в себя стрелочный ампервольтметр с переключателем пределов, стрелочный электросекундомер с переключателем вида контактов и схему для подключения внешнего миллисекундомера.

В отличие от устройства У5053 регулировочный блок устройства «Уран» дополнен схемой управления, состоящей из контроллера, жидкокристаллического индикатора, клавиатуры и блока питания измерительной схемы. Такое построение значительно расширяет измерительные возможности блока по сравнению с соответствующим блоком в У5053

Функциональная схема регулировочного блока «Уран» приведена на рис. П4.1. Функциональная схема регулировочного блока К513 приводится в заводских данных и отличается незначительно.

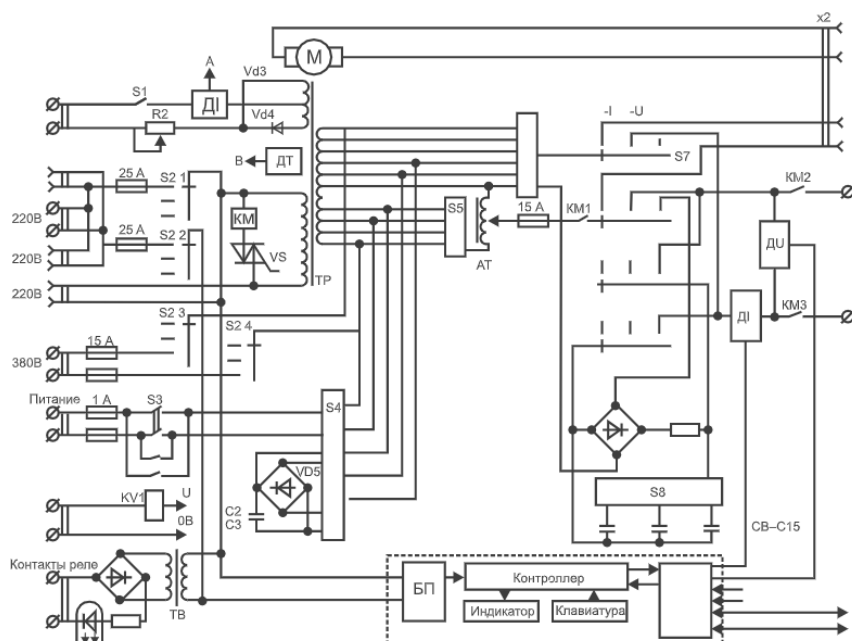


Рис. П4.1. Функциональная схема регулировочного блока установки «Уран»

Регулировочный блок обеспечивает регулировку выходных электрических величин в следующих диапазонах (в скобках — данные по У5053):

Переменное напряжение, В	0,01...410 (380)
Переменный ток, А	0,001...10(10)
Постоянное (выпрямленное со сглаживанием) напряжение, В	0,01...240 (240)
Постоянный (выпрямленный со сглаживанием) ток, А	0,001...5 (4,5)
Выпрямленный (без сглаживания) ток, А	0,01...4,5 (4,5)
Переменное или постоянное напряжение питания оперативных цепей (нерегулируемое постоянное), В	110,220 (210,220)
Максимальный ток питания оперативных цепей, А	1 (0,65)

Регулировочный блок обеспечивает измерение выходных электрических величин в рабочем диапазоне в полосе частот  $50 \pm 0,5$  Гц с основной приведенной погрешностью  $\pm 1,5$  ( $\pm 2,5$ )%. Диапазон из-

мерения времени срабатывания и возврата проверяемых устройств от 0,001 до 99,99 с (от 0,1 до 10 с) с точностью, не превышающей 1% ( $\pm 0,03$  с при измерениях до 3 с и  $\pm 0,05$  с при измерениях до 10 с для устройств У5053).

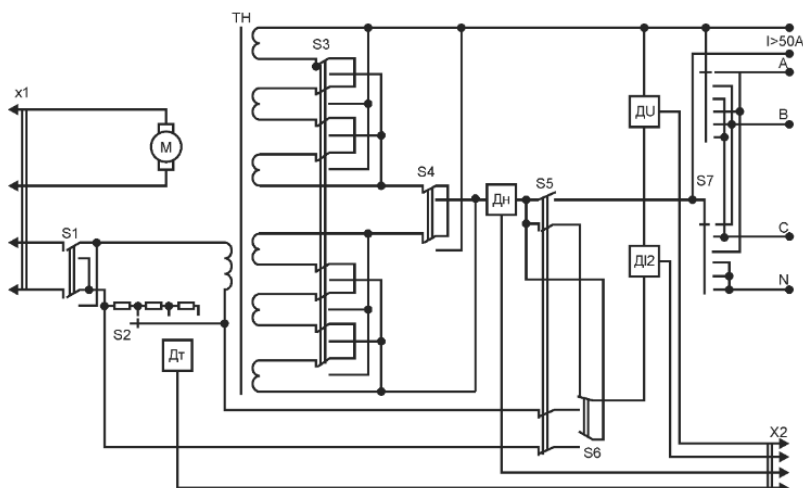
**1.2.** В состав нагрузочного блока входят следующие основные элементы:

- а) нагрузочный трансформатор ТН (ТЗ), формирующий выходной ток и имеющий шесть одинаковых обмоток напряжением 22 (12) В с переключателями для ступенчатой регулировки выходного тока S3, S4 (S16, S17); набор резисторов, включаемых в первичную обмотку нагрузочного трансформатора для улучшения формы кривой выходного тока, и переключатель S2 (S21) для выбора подходящего сопротивления из этого набора; переключатель реверса тока — «Ток» S20 (S1); переключатель «Режим работы», S6 (S19) для выбора режима большого тока на низкоомную нагрузку или большого напряжения на высокоомную нагрузку и соответственно переключатель «Диапазон измерения» S5 только в установке «Уран»; переключатель выбора фазы проверяемого устройства «Фаза тока» S7 (S18);
- б) измерительная схема, включающая в себя в устройстве «Уран» датчики напряжения на 500 В, выходного тока на 300 А, выходного тока на 10 А и температуры для включения вентилятора охлаждения, а также схему усиления аналоговых сигналов, поступающих с датчиков; все измерения выполняются в регулировочном блоке; в устройстве У5053 измерительная схема включает в себя многопредельный трансформатор тока с максимальным первичным током 50 А; его вторичная обмотка подключается к амперметру в регулировочном блоке.

Функциональная схема нагрузочного блока «Уран» приведена на рис. П4.2. Функциональная схема аналогичного блока К514 приводится в заводских данных и отличается незначительно.

При совместной работе двух блоков регулируемое напряжение с регулировочного блока через соединительный кабель подается на первичную обмотку ТН. Совместная работа блоков обеспечивает регулировку выходных электрических величин в следующих диапазонах (в скобках — данные по У5053):

Переменное напряжение, В	0,01...550 (250)
Переменный ток, А	0,5...200 (250)



**Рис. П4.2.** Функциональная схема нагрузочного блока установки «Уран»

Установки «Уран-1» и У5052 обеспечивают:

- определение напряжения (тока) срабатывания (возврата) реле и других устройств переменного и постоянного напряжения (тока) в том числе промежуточных реле постоянного тока с параллельной и последовательной обмотками;
- определение однополярных выводов параллельной и последовательной обмоток промежуточных реле постоянного тока;
- определение времени срабатывания (возврата) УРЗА или времени замкнутого состояния контактов (например, выходного реле или проскальзывающего контакта реле времени);
- снятие вольт-амперных характеристик;
- организацию измерения временных характеристик защиты («Уран-1» позволяет делать это в циклическом режиме с накоплением информации в памяти установки и вычислением средних значений измеряемых величин).

**1.3.** Состав блока трехфазного напряжения в устройстве «Уран-2» значительно отличается от блока К515 устройства У5053. Тем не менее, основные узлы имеют сходные назначения.

**1.3.1.** В состав блока К515 входят следующие основные элементы:

- а) трехфазный фазорегулятор для регулирования фазы подаваемого напряжения и регулировочные трансформаторы Т5, Т6; коммутационные ключи S27, S29-S31 и реле К3, К5, К8 для

имитации аварийных режимов; коммутационный ключ S26 для выбора фаз проверяемого устройства, на которых имитируется аварийный режим; ключ S28 для подключения фазорегулятора к регулировочному блоку или к сети;

- б) измерительная схема, включающая фазоизмеритель с переключателем пределов S23, и вольтметр с переключателем пределов S24.

**1.3.2.** В состав блока трехфазного напряжения в установке «Уран-2» входят следующие элементы:

- а) блок питания (БП2), три усилителя мощности с устройством формирования синусоидального сигнала и схемой формирования синхроимпульса (в составе схемы управления), трансформаторы TP4, TP5, TP6, формирующие выходные напряжения;
- б) узел формирования аварийных режимов, включающий в себя переключатели S3, S4, реле KV1-KV4, управляемые контроллером схемы управления, блок переключателей S5-S10;
- в) измерительная схема, включающая в себя датчики внешнего напряжения на 400 в (ДУС), формируемого напряжения на 200 в (ДУ), датчики тока на 5 А (ДИ) и на 25 А (ДИ), схему усиления аналоговых сигналов, поступающих с датчиков, схему измерения сопротивления;
- г) схема управления, включающая в себя контроллер, жидкокристаллический индикатор, клавиатура, блок питания БП1;
- д) ряд дополнительных устройств, расширяющих возможности устройства. Функциональная схема блока трехфазного напряжения «Уран-2» приведена на рис. П4.3.

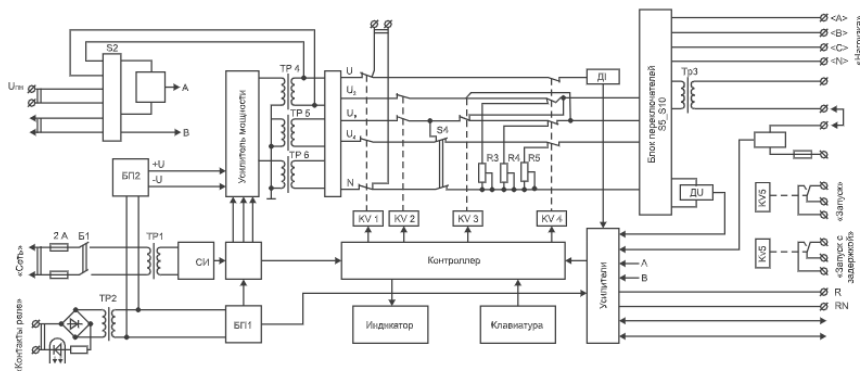


Рис. П4.3. Функциональная схема блока трехфазного напряжения установки «Уран-2»



Функциональная схема блока К515 приводится в заводских данных.

**1.3.3.** Блок трехфазного напряжения обеспечивает регулировку выходных электрических величин в следующих диапазонах, в скобках, как и выше, данные по У5053:

Трехфазное напряжение, В фазных	0,02...65
Максимальный выходной ток, А	0,5
Однофазное напряжение, В	0,02...195
Регулируемое междуфазное напряжение, В	(0,1-110)
Нерегулируемое симметричное междуфазное напряжение, В	(110)

Блок обеспечивает измерение выходных электрических величин тока и напряжения в рабочем диапазоне в полосе частот  $50 \pm 0,5$  Гц с основной приведенной погрешностью  $\pm 1,5\%$  ( $\pm 1,5\%$ ), измерение угла сдвига фаз  $\pm 2$  ( $\pm 5-10$ ) эл. градусов.

**1.3.4.** Установки «Уран-2» и У5053 дополнительно к перечисленным выше функциям обеспечивают:

- проверку работы наиболее распространенных сложных защит путем подачи на них трехфазного напряжения и однофазного тока (напряжения) с возможностью регулировки угла сдвига фаз между ними;
- определение времени срабатывания сложных защит при имитации одно-, двух- и трехфазных коротких замыканий;
- регулировку частоты формируемого сигнала (только «Уран-2»);
- измерение внешнего напряжения, внешнего тока, угла сдвига фаз между двумя внешними напряжениями и между внешним током и внешним напряжением (только «Уран-2»).

В процессе работы установки «Уран-2» обеспечивается автоматический контроль работоспособности, контроль за предельно допустимыми значениями формируемых величин и температурой силовых узлов.

## 2. Устройства типа «РЕТОМ»

Компьютерно-управляемое устройство типа РЕТОМ для проверки УРЗА выполняет следующие функции:

- Генерирует сигналы переменного и постоянного тока и напряжения, независимо друг от друга управляемые по модулю, фазе

и частоте. Это позволяет в ручном или автоматическом режиме проверять характеристики УРЗА при КЗ различного вида и других аномальных режимах энергосистем (например, при качаниях и асинхронном ходе). При автоматической проверке эти сигналы могут подаваться на УРЗА как толчком, изменяясь от шага к шагу, так и при плавном (ступенчатом) изменении.

- Управляет необходимыми при автоматической проверке переключениями в схеме УРЗА при помощи дискретных (преимущественно контактных) сигналов, синхронизированных по заданной программе с аналоговыми сигналами.
- Контролирует реакцию УРЗА — принимает и обрабатывает поступающие от нее дискретные и аналоговые сигналы для проверки параметров и характеристик УРЗА. Дискретные входы РЕТОМ гальванически развязаны, универсальны и позволяют подключаться даже к контактам реле под напряжением постоянного тока до 250 В и к потенциальным выходам ИМС.
- Автоматически оценивает правильность защитных функций и точность параметров и уставок УРЗА.
- Автоматически создает протоколы испытаний УРЗА установленной формы.

РЕТОМ предоставляет проверяющему во время проверки УРЗА возможность наблюдать на экране компьютера ход проверки, анализировать промежуточные результаты, гибко менять параметры проверки и в необходимых случаях корректировать параметры УРЗА и сам ход проверки.

Выпущен уже ряд поколений устройств РЕТОМ. В данном описании приводятся принципы действия и краткие характеристики только одного устройства, РЕТОМ-51, поскольку оно в полной мере отображает подход к техобслуживанию УРЗА, существенно отличающийся от предыдущих подходов.

Набор стандартных программ, поставляемых с РЕТОМ-51, включает в себя универсальные программы: «ручное» управление источником тока и напряжения; программы для проверки реле тока, напряжения, направления мощности, сопротивления, частоты; универсальный секундомер-регистратор; программы воспроизведения аварийных процессов, записанных цифровыми регистраторами; RL-модели энергосистемы; программу формирования несинусоидальных токов и напряжений в виде суммы синусоидальных сигналов заданных частот.

Кроме того, в составе программного обеспечения для РЕТОМ-51 есть специализированные программы, в том числе программы по проверке устройств защиты типа ЭПЗ-1636, ШДЭ-2801(02), ДФЗ-201,

ПДЭ-2802, ОМП, АЧР, автосинхронизаторов, диффзащит с реле РНТ и ДЗТ, реле обратной последовательности типов РТФ, счетчиков электроэнергии, систем возбуждения генераторов, программа генерирования сигналов тока и напряжения произвольной формы и другие. Создан также специальный язык для разработки проверочных программ самим пользователем.

Внешний вид лицевой панели устройства показан на рис. П4.4.

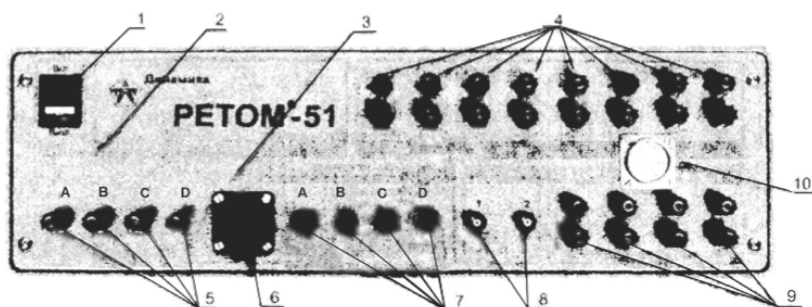


Рис. П4.4. Лицевая панель PETOM-51

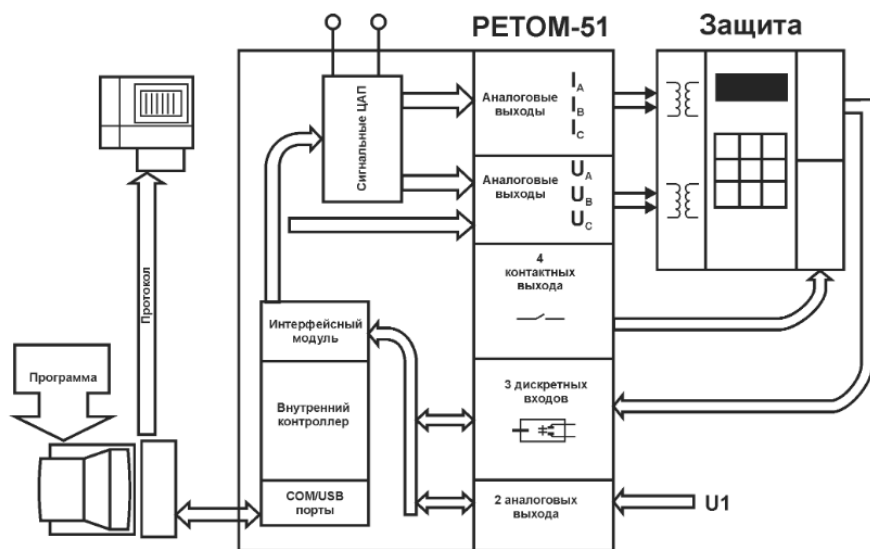
- 1 — выключатель питания;
- 2 — индикатор готовности;
- 3 — индикатор высокого напряжения;
- 4 — зажимы дискретных входов (8 входов);
- 5 — выходные зажимы источников напряжения (UC, UA, UB, UN);
- 6 — КС-51.01 — внешний кабельный силовой разъем, гальванически связанный с выходами источников тока и напряжения, (поз. 5 и 7);
- 7 — выходные зажимы источников тока (IN, IA, IB, IC);
- 8 — зажимы аналоговых входов;
- 9 — разъемы контактных выходов;
- 10 — КИ-51.01 — внешний кабельный информационный разъем (гальванически связанный с поз. 4, 9)

**2.1. Функциональная схема программно-технического измерительного комплекса PETOM-51** (рис. П4.5) включает в себя силовой блок, управляемый портативным персональным компьютером (ПК).

С помощью программ, разработанных для проверки отдельных реле или устройств РЗА в целом, оператор вводит в ПК требуемые исходные данные, ПК рассчитывает необходимые для проверки режимы и отправляет информацию во внутренний контроллер силового

блока. Этот контроллер по заданию программы рассчитывает цифровые выборки токов и напряжений, передает их интерфейсный модуль, откуда эти выборки подаются в цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). С выхода ЦАП требуемые аналоговые сигналы через усилители подаются в проверяемое УРЗА. Туда же через дискретные выходы силового блока подаются задаваемые программой проверки управляющие команды.

Выходные сигналы проверяемого УРЗА (например, замыкание контакта реле тока или напряжение на реагирующем органе дифференциального реле) подаются в дискретные или аналоговые входы силового блока, и через внутренний контроллер отправляются в ПК. Здесь сигналы обрабатываются, и ПК выдает на экран результаты проверки устройства. Эти результаты по желанию оператора могут быть распечатаны в виде протокола.



**Рис. П4.5.** Функциональная схема программно-технического измерительного комплекса РЕТОМ-51

**2.2.** В соответствии со своей структурой УРЗА подключается токовыми цепями к источникам тока силового блока, цепями напряжения — к источникам напряжения (рис. П4.6), логическими оперативными цепями (например, цепями ускорения) — к контактным выходам силового блока.

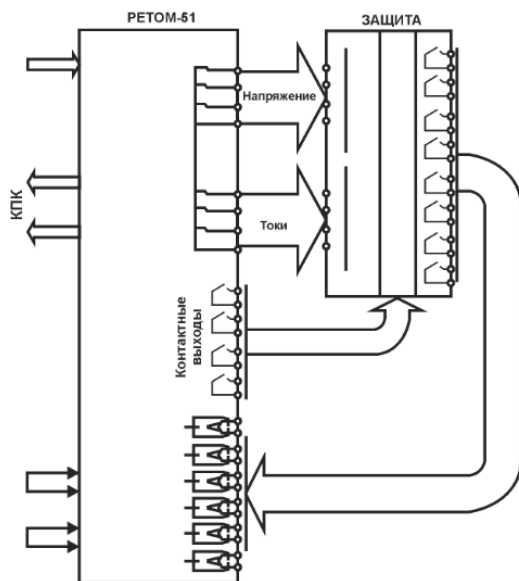


Рис. П4.6. Схема подключения защиты к РЕТОМ-51

**2.2.1.** В составе РЕТОМ имеются три источника тока (ИТ) максимальной выходной мощностью 250 В·А каждый, регулируемые независимо друг от друга по модулю, фазе и частоте (рис. П4.7).

Без дополнительных устройств ИТ обеспечивают пофазную регулировку переменных токов в диапазоне 0,01-20 А. Три ИТ могут использоваться также в однофазном режиме, обеспечивая регулировку тока в диапазоне 0,01-60 А. Внутреннее сопротивление ИТ составляет не менее 330 Ом, что обеспечивает стабильность значения тока при колебаниях сопротивления нагрузки. ИТ могут работать также в режиме источника постоянного тока, обеспечивая регулировку в диапазоне 0,01-20 А. Внутреннее сопротивление ИТ в этом режиме составляет не менее 1000 Ом, что также обеспечивает стабильность значения подаваемого тока в режиме изменения сопротивления нагрузки.

**2.2.2.** В составе РЕТОМ имеются также три независимо регулируемых источника напряжения (ИН) максимальной выходной мощностью 60 В·А каждый, регулируемые независимо друг от друга по модулю, фазе и частоте. Без дополнительных устройств ИН обеспечивают пофазную регулировку переменных напряжений в диапазоне

0,01-120 В. Два ИН могут использоваться также в однофазном режиме, если включить их в противофазе, обеспечивая регулировку в диапазоне 0,01-240 В. Внутреннее сопротивление ИН не превышает 0,5 Ом, что обеспечивает стабильность значения напряжения при изменении сопротивления нагрузки. ИН могут работать также в режиме источника постоянного тока, обеспечивая регулировку в пределах 0,01-320 В. Внутреннее сопротивление ИН не превышает в этом режиме 0,5 Ом, что также обеспечивает стабильность значения подаваемого напряжения при изменении сопротивления нагрузки.

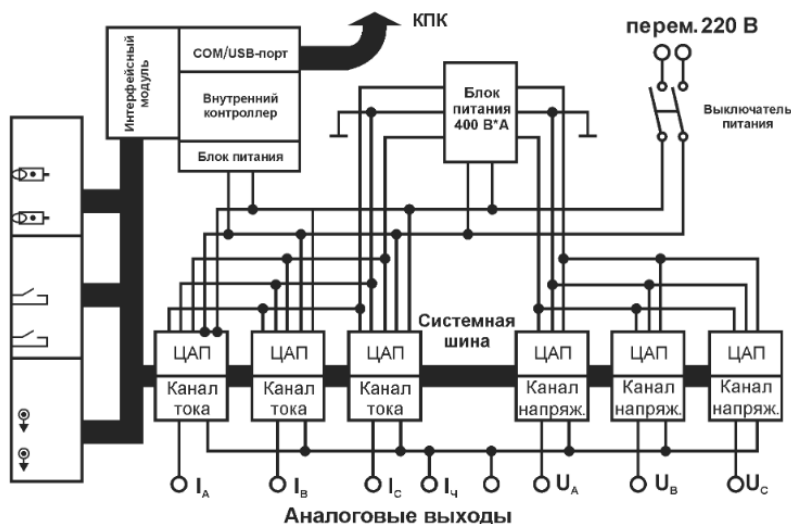


Рис. П4.7. Схема аппаратной части РЕТОМ-51

**2.3.** Коэффициент нелинейных искажений синусоидального сигнала не превышает 1,5%. Вместе с тем имеются программы формирования несинусоидальных сигналов для специальных испытаний аппаратуры, например, проверки поведения реле при глубоких насыщениях трансформаторов тока.

**2.4.** Устройство позволяет регулировать фазовые углы ИТ и ИН в пределах 0-359,9° с погрешностью  $\pm 0,1\%$ , позволяет измерять интервалы времени в диапазоне 0,001-99999 с с погрешностью  $\pm 1,0\%$ . В составе устройства имеются два аналоговых и 8 дискретных входов для получения информации с проверяемого устройства. Устройство подключается к источнику однофазного переменного напряжения

220±22 В, потребляемая мощность устройства не превышает 2200 В·А. Работоспособность обеспечивается в диапазоне температур 5-40°C.

**2.5.** Устройство РЕТОМ 51 работает под управлением компьютера со следующими минимальными параметрами:

1. Процессор Pentium III 450 МГц.
2. ОЗУ — 128 Мб, рекомендуемый объем памяти — 256 Мб.
3. Дисплей SVGA с разрешением 800×600, рекомендуемый — 1024×768.
4. Наличие USB и COM-портов. Для подключения устройства рекомендуется использовать USB-порт как более быстрый в отличие от COM-порта, Устройство поддерживает протокол USB 1.1, который совместим и с USB 2.0.
5. Наличие привода CD-ROM желательно, он используется для установки программного обеспечения.
6. Операционная система — WINDOWS '98, '2000, 'XP, рекомендуется WINDOWS XP как более современная.
7. Требования безопасности должны удовлетворять ТСО-95.
8. Для специальных программ рекомендуется Internet Explorer версия 6.0 и выше. Программное обеспечение (ПО) занимает на жестком диске объем не более 50 Мб. Для работы потребуется также стандартная клавиатура и координатное устройство типа Mouse («мышь»).

**2.6.** Особенностью устройства типа РЕТОМ-51 является отсутствие необходимости использовать при проверке защит измерительные приборы: амперметры, вольтметры, частотомеры, фазометры, секундомеры, осциллоскопы. При этом РЕТОМ-51, сертифицированный как средство измерения, обеспечивает декларированную точность параметров выдаваемых сигналов тока и напряжения. Первичная настройка выполняется фирмой-изготовителем. Для подстройки коэффициентов усиления каналов тока и напряжения, а также других параметров под конкретную нагрузку с целью получить повышенную точность используется специальная программа юстировки, настройки и коррекции, поставляемая вместе с устройством.

### ***Устройство типа РЕТОМ-11М***

Устройство РЕТОМ-11М предназначено для:

- выдачи регулируемого однофазного переменного тока или напряжения сетевой частоты, а также постоянного напряжения или тока;

- измерения формируемых токов и напряжений, а также внешних напряжений с помощью двух встроенных цифровых мультиметров;
- измерения временных характеристик реле и коммутационных аппаратов с помощью встроенного цифрового секундомера.

РЕТОМ-11М дает возможность проводить проверку и настройку параметров и основных характеристик практически всех типов простых реле (тока, напряжения, времени, указательных, промежуточных), блок-реле, комплектов, панелей и шкафов защит, блоков питания, широкой номенклатуры низковольтных аппаратов управления (реле управления, контакторы и электромагнитные пускатели до 200 А) и другого электрооборудования в схемах релейной защиты и автоматики, в том числе:

- тока и напряжения срабатывания и возврата;
- времени срабатывания и возврата реле, одновременности переключения контактов, длительности замкнутого состояния контактов (на замыкающих и размыкающих контактах).

### Технические данные РЕТОМ-11М

Источник 1. ВЫХОД «=U1». Регулируемое напряжение постоянного тока			
Положение переключателя	4А	1,5 А	
Диапазоны регулирования тока, А	0-8	0-3	
Диапазоны регулирования напряжения, В	0,2-35	2,4-300	
Выходная мощность номинальная, Вт, не менее:	140	300	
Источник 1. ВЫХОД «-U2». Регулируемое напряжение переменного тока			
Положение переключателя	4 А	1,5 А	
Диапазоны регулирования тока, А	0-8	0-3	
Диапазоны регулирования выходного напряжения, В	0,18-25	1,6-220	
Выходная мощность номинальная, ВА, не менее:	100	300	
Источник 2. ВЫХОД «-U3,-I».			
Регулируемые переменный ток или напряжение			
Положение переключателя	-250 В, 8 А	-20 А, 100 В	-50 А, 40 В
Диапазоны регулирования тока, А	0-16	0-40	0-135
Диапазоны регулирования напряжения, В	3-250	1,2-100	0,5-40
Выходная мощность номинальная, В-А, не менее:	2000	2000	2000



Источник 2. ВЫХОД «=U4».	
Регулируемое выпрямленное (несглаженное) напряжение	
Положение переключателя	= 250 В, 8 А
Диапазон регулирования напряжения, В	3-250
Диапазон регулирования тока, А	0-10
Номинальная выходная мощность, Вт:	2000
Источник 2. ВЫХОД «~U5». Регулируемый переменный ток	
Положение переключателя	~200 А, 10 В
Диапазон регулирования тока, А	0-400
Диапазон регулирования напряжения, В	0-10
Выходная мощность номинальная, В·А, не менее:	2000
Источник 2. ВЫХОД «~U6».	
Регулируемое напряжение переменного тока (ВЫХОД ЛАТР2)	
Диапазон регулирования выходного напряжения, В	3-250
Номинальный выходной ток, А	6
Выходная мощность номинальная, В·А, не менее:	2000
Ограничение времени выдачи выходного сигнала	20 мс–9999 с
ВСТРОЕННЫЙ ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИМЕТР	
Род тока	≡
Пределы измерений напряжения, В	2,5; 25; 250; 500
Пределы измерений тока, А	0,25; 2,5; 10; 50; 300
ВСТРОЕННЫЙ ЦИФРОВОЙ СЕКУНДОМЕР	
Пределы измерений	999,9 мс 99,99 с 999,9 с 9999 с
Разрешающая способность	0,1 мс 0,01 с 0,1 с 1с
Дискретные входы	контакт с потенциалом до + 400 В, «сухой контакт», потенциальный выход ИМС
ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ	
Масса устройства, кг, не более	34
Габаритные размеры устройства, мм, не более	455×375×200

РЕТОМ-11М выполнен в виде чемодана со съемной крышкой. Рабочее положение прибора — горизонтальное или вертикальное.

В дополнение к РЕТОМ-11М выпускаются:

- трехфазный измерительно-трансформаторный блок РЕТ-ВАХ, который предназначен для снятия вольт-амперных характеристик и измерения коэффициентов трансформации трансформаторов тока и напряжения, а также для расширения диапазона выдаваемого РЕТОМ-11М напряжения до 1000 В;
- однофазный нагрузочный тороидальный трансформатор РЕТ-3000, применение которого вместе с РЕТОМ-11М позволяет получать на выходе ток до 3500 А для проверки первичным током выключателей, трансформаторов тока и реле прямого действия.

## НЕКОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

**АСУ (или АСУ ТП)** — автоматизированная система управления объектом, (АСУ технологическим процессом, в данном случае процессом производства и распределения электроэнергии).

**Вольт-амперфазометр**, кратко — ВАФ, — прибор для измерения напряжений, токов без разрыва цепи, а также углов сдвига между напряжениями и токами.

**ИМС** — интегральная микросхема, цифровая или аналоговая.

**Зажимы и ряды зажимов, измерительные зажимы** — устройства для перехода от кабельных связей к проводам панели (клеммы) в отличие от выводов реле и аппаратов. Измерительные зажимы позволяют без отсоединения проводов размыкать цепи тока, напряжения, отключения и т.п.

**Оперативное напряжение** — постоянное, выпрямленное или переменное напряжение, предназначенное для питания логических цепей устройства РЗА, приводов коммутационных аппаратов и т.п.

**Отключающее устройство:** накладка, ключ, испытательный блок, автоматический выключатель, — элементы аппаратуры, специально предназначенные для вывода устройства РЗА из работы без нарушения цепей вторичной коммутации, в отличие от отключения устройства РЗА, например, на рядах зажимов панели. Как правило, предназначено для использования оперативным персоналом.

**Переключающее устройство**, также накладка, ключ и т.п., предназначено для изменения схемы подключения устройства РЗА, например, переключатель цепей напряжения, испытательный блок перевода цепей защиты на обходной выключатель. Также, как правило, предназначено для использования оперативным персоналом.

**Рабочий журнал**, журнал производителя работ, в котором заносятся все предварительные данные по проверке устройства РЗА. Ведение журнала является обязательным для квалифицированного и безошибочного выполнения технического обслуживания.

**Цепи напряжения** — цепи вторичной коммутации, подключающие устройство РЗА к измерительным трансформаторам напряжения.

**Цепи тока или токовые цепи** — цепи вторичной коммутации, подключающие устройство РЗА к измерительным трансформаторам тока.

**Штекер испытательного блока**, иначе контрольный штепсель — устройство, вставляемое вместо крышки испытательного блока, для подачи испытательных величин (тока, напряжения и т.п.) в панель помимо ряда зажимов. На лицевой стороне штекера имеются 8 или 12 клемм (в зависимости от типа испытательного блока, БИ-4 или БИ-6), к которым подключаются провода от испытательной установки или требуемые перемычки.

**ЭМС** — электромагнитная совместимость технических средств (ТС) — способность технических средств функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке (ЭМО) и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим ТС.

**Приложение 6**  
(справочное)

**ПРИМЕР РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ВЫВОДА  
В ПРОВЕРКУ (-) И ВВОДА В РАБОТУ (+)  
ПДЭ ВЛ-110кВ ПСА-ПСБ**

Назначение отсоединяемых цепей	Обозначение на схеме	№ клеммы	Дата проверки и подпись исполнителя						
Цепи отключения	1	92							
	33	98							
Цепи оперативного напряжения	+ ШУ	51							
	– ШУ	54							
Токовые цепи	N 421	1							
	A 421	3							
	B 421	5							
	C 421	7							
Цепи напряжения	A 710	40							
	B 600	41							
	C 710	42							
	N 710	43							
	H 710	45							
	I 710	46							
Цепи сигнализации	– ШС	124							
		125							
		127							
	+ ШС	134							
Цепи автоматики	0105	60							
	0117	70							
	0107	76							

Начальник СРЗА \_\_\_\_\_

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Типовое положение о службах релейной защиты и электроавтоматики: РД 153-34.0-04.418-98, М.: СПО ОРГРЭС, 1998.

2. Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем. – М.: СПО ОРГРЭС, 2005.

3. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110-750 кВ: РД 153-34.0-35.617-2001, – М.: СПО ОРГРЭС, 2001.

Изменение 1. Дата введения 01.09.2001.- М.: СПО ОРГРЭС, 2001.

Изменение 2. Утверждено 29.04.2004. – М.: СПО ОРГРЭС, 2004.

4. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электрических сетей 0,4-35 кВ: РД 153-34.3-35.613-00. Изд. 3. – М.: СПО ОРГРЭС, 2001.

5. Образцы программ проведения сложных типовых операций с устройствами РЗА. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1980.

6. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок: ПОТ РМ 016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00) / Утв. Минэнерго РФ 27.12.2000 163; Минтруда РФ 05.201 3, – М.: «Изд. НЦ ЭНАС», 2001.

Изменения и дополнения к межотраслевым правилам по охране труда (правилам безопасности) при эксплуатации электроустановок: ПОТ РМ-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00) / Введены в действие с 1 июля 2003 г. – М.: «Изд. НЦ ЭНАС», 2003.

7. Правила устройства электроустановок. Изд. шестое. – М.: Энергоатомиздат, 1985.

8. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, – М.: СПб, «Изд. ДЕАН», 2004.

9. Методические указания по проведению комплексных электрических испытаний блоков генератор- трансформатор и их устройств релейной защиты и автоматики, – М.: СПО Союзтехэнерго, 1980.

10. Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями: РД 34.03.204 / Утв. Упр. по технике безопасности и пром. санитарии Минэнерго СССР 27.03.91; Разраб. ПО «Союзтехэнерго»; Срок действ., не ограничен, – М.: СПО ОРГРЭС, 1993. – 115 с.

11. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках / Утв. Приказом Минэнерго от 30.06.03 261.

12. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение / Минстрой России. – М.: ГП «Информрекламиздат», 1995.

13. Инструкция по учету и оценке работы релейной защиты и автоматики электрической части энергосистем: РД 34.35.516-89. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1990.

14. Объем и нормы испытаний электрооборудования: РД 34.45-51.300-97. – М.: ЭНАС, 1998.

15. Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях: / Утв. РАО «ЕЭС России» 13.02.2004; Разраб. МЭИ ТУ, НПФ ЭЛ-НАП. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 76 с.

Ключевые слова: устройства релейной защиты и электроавтоматики, организационные мероприятия, техническое обслуживание

**ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ  
УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ  
И ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
СЕТЕЙ 0,4–35 кВ**

**РД 153-34.3-35.613-00**

УДК 621.316.925.315(083.96)

*Вводится в действие с 22.12.2000*

**Разработано** Открытым акционерным обществом «Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС»

**Исполнители** А.П., КУЗНЕЦОВ, Ф.Д. КУЗНЕЦОВ

**Утверждено** Департаментом научно-технической политики и развития РАО «ЕЭС России» 20.12.2000

Первый заместитель начальника А.П. ЛИВИЙСКИЙ

Настоящие Правила обязательны для работников, занимающихся наладкой и эксплуатацией устройств релейной защиты и электроавтоматики (РЗА) электрических сетей 0,4–35 кВ в энергосистемах Российской Федерации.

Правила определяют виды, периодичность, программы и объемы технического обслуживания устройств РЗА, трансформаторов тока и напряжения, блоков питания и других устройств РЗА, используемых в электрических сетях 0,4–35 кВ.

С выходом настоящих Правил ранее действующие «Правила технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4–35 кВ: РД 34.35.613-89» (М.: СПО Союзтехэнерго, 1989) считаются утратившими силу.

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**1.1.** Правила определяют виды, периодичность, программы и объемы технического обслуживания всех устройств РЗА, трансформаторов тока и напряжения, блоков питания и других узлов устройств РЗА, используемых в электрических сетях 0,4–35 кВ.

**1.2.** При составлении Правил были использованы [1], [5], [6], [30] действующие методические указания по техническому обслуживанию и инструкции по эксплуатации устройств РЗА, учтены предложения энергосистем, наладочных организаций и заводов-изготовителей.

**1.3.** Правилами предусматривается увеличение продолжительности цикла технического обслуживания и сокращение объемов эксплуатационных проверок устройств РЗА в сетях 0,4–35 кВ.

**1.4.** Методика проверок и испытаний конкретных устройств РЗА приведена в соответствующих инструкциях и методических указаниях, которыми следует пользоваться при проведении технического обслуживания.



## 2. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ РЗА

### 2.1. Основные понятия и термины в области надежности устройств РЗА

**2.1.1.** Надежностью называется свойство устройства сохранять во времени в установленных пределах значения параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

**2.1.2.** Работоспособным состоянием называется такое состояние устройств, при котором значения параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и конструкторской документации.

**2.1.3.** Отказом называется нарушение работоспособного состояния устройства. Имеются характерные виды отказов, отличающиеся:

- по возможности прогнозирования наступления отказа — постепенные и внезапные отказы;
- по времени возникновения отказа — приработочные отказы, отказы периода нормальной эксплуатации и деградационные отказы.

При этом отказы могут быть как постепенные, так и внезапные.

**Постепенные отказы** происходят в результате изменения одного или нескольких параметров устройства или состояния его элементов из-за различных физических и химических процессов, возникающих вследствие продолжительной эксплуатации.

В устройствах РЗА к этим процессам относятся: запыление внутренних деталей реле и устройств, образование нагара и раковин на контактах, разрегулировка механической части реле, ослабление винтовых контактных соединений, снижение сопротивления изоляции, изменение характеристик устройства или его отдельных элементов. При проведении своевременных профилактических мероприятий указанные изменения параметров или состояния устройства и его элементов могут быть обнаружены методами контроля и диагностики, а возможные отказы предотвращены регулировкой, заменой или восстановлением элементов.

**Внезапные отказы** характеризуются скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров устройства. Причинами внезапных отказов являются физические и химические процессы, протекающие во времени достаточно медленно.

**Приработочные отказы** происходят в начальный период эксплуатации, вызываются в основном недостатками технологии производства и недостаточным контролем качества комплектующих элементов устройств при изготовлении. Для устройств РЗА причинами приработочных отказов могут быть также ошибки при монтаже и наладке, некачественное проведение наладки.

**Отказы периода нормальной эксплуатации** происходят после окончания периода приработки, но до наступления периода деградационных отказов. Это наиболее длительный период общего времени эксплуатации, в котором количество отказов примерно постоянно и имеет наименьшее значение.

**Деградационные отказы** вызываются естественными процессами старения, изнашивания и коррозии при соблюдении установленных правил, норм проектирования, изготовления и эксплуатации. Эти отказы происходят, когда устройство в целом или его отдельные элементы приближаются к предельному состоянию по условиям старения или износа в конце полного или межремонтного срока службы. При правильной организации технического обслуживания эти отказы могут быть предотвращены своевременной заменой или восстановлением элементов. При этом период замены должен быть меньше среднего времени износа элемента. Если своевременная замена не производится, то количество деградационных отказов возрастает.

**2.1.4.** Приработочные отказы, отказы периода нормальной эксплуатации и деградационные отказы являются случайными событиями, но подчиняются общим закономерностям.

**2.1.5.** Необходимо различать отказ устройства защиты как событие утраты работоспособности и отказ функционирования как событие невыполнения заданной функции при возникновении соответствующего требования.

## **2.2. Виды технического обслуживания устройств РЗА**

**2.2.1.** Период эксплуатации устройства или срок его службы до списания определяется износом устройства до такого состояния, когда восстановление его становится нерентабельным.

В срок службы устройства, начиная с проверки при новом включении, входит, как правило, несколько межремонтных периодов, каж-

дый из которых может быть подразделен на характерные с точки зрения надежности этапы: период приработки и период нормальной эксплуатации.

Устанавливаются следующие виды технического обслуживания устройств РЗА электрических сетей 0,4–35 кВ:

- проверка при новом включении (наладка);
- первый профилактический контроль;
- профилактический контроль;
- профилактическое восстановление (ремонт);
- опробование (тестовый контроль);
- технический осмотр.

Кроме того, в процессе эксплуатации может проводиться внеочередная или послеаварийная проверка.

**2.2.2.** Проверку (наладку) устройств РЗА при новом включении следует проводить при вводе в работу вновь смонтированного, отдельного присоединения или при реконструкции устройств РЗА на действующем объекте. Это необходимо для оценки исправности аппаратуры и вторичных цепей, правильности схем соединений, регулировки реле, проверки работоспособности устройств РЗА в целом. Проверка при новом включении должна выполняться персоналом МС РЗА или специализированной наладочной организацией.

Если проверка при новом включении проводилась сторонней наладочной организацией, то включение новых и реконструированных устройств производится после приемки их службой РЗА.

**2.2.3.** Профилактический контроль устройств РЗА проводится в целях выявления и устранения возникающих в процессе эксплуатации возможных неисправностей его элементов, способных вызвать излишние срабатывания или отказы срабатывания устройств РЗА.

Первый после включения устройства РЗА в эксплуатацию профилактический контроль выполняется главным образом в целях выявления и устранения приработочных отказов, возникающих в начальный период эксплуатации.

**2.2.4.** Профилактическое восстановление производится в целях проверки исправности аппаратуры и цепей, соответствия уставок и характеристик реле заданным, восстановления износившейся аппаратуры и ее частей, проверки устройства РЗА в целом.

Профилактическое восстановление производится также в целях восстановления отдельных менее надежных (имеющих малый ресурс или большую скорость выработки ресурсов) элементов устройств: реле РТ-80, РТ-90, ИТ-80, ИТ-90, ЭТ-500, ЭН-500, ЭВ-100, ЭВ-200, РТВ, РВМ, РП-341 и т.д. В зависимости от условий внешней среды и состояния

аппаратуры объем частичного восстановления устройств РЗА, расположенных в шкафах наружной установки, может быть расширен.

**2.2.5.** Опробование производится в целях проверки работоспособности устройств РЗА.

Опробование может производиться с помощью встроенных элементов опробования либо имитацией срабатывания пусковых органов устройств РЗА.

Тестовый контроль проводится для устройств, имеющих встроенные средства ручного тестового контроля.

**2.2.6.** Необходимость и периодичность проведения опробований или тестового контроля определяются местными условиями и утверждаются главным инженером предприятия.

**2.2.7.** Правильное действие устройств РЗА в течение 6 мес до срока опробования приравнивается к опробованию.

**2.2.8.** Внеочередная проверка проводится при частичных изменениях схем или реконструкции устройств РЗА, при необходимости изменения уставок или характеристик реле и устройств, а также для устранения недостатков, обнаруженных при проведении опробования.

**2.2.9.** Послеаварийная проверка выполняется для выяснения причин отказов функционирования или неясных действий устройств РЗА. Внеочередная и послеаварийная проверки проводятся по программам, составленным МС РЗА, утвержденным главным инженером предприятия.

**2.2.10.** Периодические технические осмотры проводятся в целях проверки состояния аппаратуры и цепей РЗА, а также соответствия положения накладок и переключающих устройств режиму работы оборудования.

**2.2.11.** Программы и объемы работ при техническом обслуживании приведены в разд. 3 и 4.

### ***2.3. Периодичность технического обслуживания устройств РЗА***

**2.3.1.** Для устройств РЗА цикл технического обслуживания устанавливается от трех до двенадцати лет.

Под циклом технического обслуживания понимается период эксплуатации устройства между двумя ближайшими профилактическими восстановлениями, в течение которого выполняются в определенной последовательности установленные виды технического обслуживания, предусмотренные настоящими Правилами.

**2.3.2.** По степени воздействия различных факторов внешней среды на аппараты в электрических сетях 0,4–35 кВ могут быть выделены две категории помещений.

К I категории относятся закрытые, сухие отапливаемые помещения.

Ко II категории относятся помещения с большим диапазоном колебаний температуры окружающего воздуха, в которых имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха (металлические помещения, ячейки типа КРУН, комплектные трансформаторные подстанции и др.), а также помещения, находящиеся в районах с повышенной агрессивностью среды.

**2.3.3.** Цикл технического обслуживания для устройств РЗА, установленных в помещениях I категории, принимается равным 12, 8 или 6 годам, а для устройств РЗА, установленных в помещениях II категории, принимается равным 6 или 3 годам в зависимости от типа устройств РЗА и местных условий, влияющих на ускорение износа устройств (см. таблицу). Цикл обслуживания для устройств РЗА устанавливается распоряжением главного инженера предприятия.

Для неотчетливых присоединений в помещениях II категории продолжительность цикла технического обслуживания устройств РЗА может быть увеличена, но не более чем в два раза. Допускается в целях совмещения проведения технического обслуживания устройств РЗА с ремонтом основного оборудования перенос запланированного вида технического обслуживания на срок до одного года. В отдельных обоснованных случаях продолжительность цикла технического обслуживания устройств РЗА может быть сокращена.

Указанные в таблице циклы технического обслуживания относятся к периоду эксплуатации устройств РЗА, соответствующему полному сроку службы устройств. По опыту эксплуатации устройств РЗА на электромеханической элементной базе, установленных в помещениях I категории, полный средний срок их службы составляет 25 лет и для устройств, установленных в помещениях II категории, 20 лет.

В технической документации по устройствам РЗА на микроэлектронной и электронной базе полный средний срок службы установлен, как правило, 12 лет. Эксплуатация устройств РЗА на электромеханической, микропроцессорной и электронной базе сверх указанных сроков может быть разрешена только при удовлетворительном состоянии и сокращении цикла технического обслуживания, устанавливаемого руководством предприятия.

Наибольшее количество отказов электронной техники происходит в начале и в конце срока службы, поэтому рекомендуется устанавливать для этих устройств укороченные периоды между проверками в первые

два-три года и после 10–12 лет эксплуатации. Периоды эксплуатации между двумя ближайшими профилактическими восстановлениями для этих устройств в первые годы эксплуатации рекомендуется устанавливать не более 6 лет. По мере накопления опыта эксплуатации цикл технического обслуживания может быть увеличен до 12 лет.

Цикл технического обслуживания расцепителей автоматических выключателей 0,4 кВ рекомендуется принимать равным 3 или 6 годам.

### Периодичность проведения технического обслуживания устройств РЗА электрических сетей 0,4–35 кВ

Место установ- ки устройств РЗА	Цикл тех- нического обслужи- вания, лет	Количество лет эксплуатации														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
В помещениях I категории (вариант 1)	12	Н	К1	-	О	-	К	-	О	-	К	-	В	-	О	
В помещениях I категории (вариант 2)	8	Н	К1	-	К	-	О	-	В	-	О	-	К	-	О	
В помещениях I категории (вариант 3)	6	Н	К1	-	К	-	В	-	К	-	к	-	В	-	К	
В помещениях II категории (вариант 1)	6	Н	К1	-	к	-	в	-	К	-	к	-	В	-	к	
В помещениях II категории (вариант 2)	3	Н	К1	В	-	-	в	-	-	В	-	-	В	-	-	

#### Примечания:

1. Н — проверка (наладка) при новом включении; К1 — первый профилактический контроль; К — профилактический контроль; В — профилактическое восстановление; О — опробование.

2. В таблице указаны обязательные опробования. Кроме того, опробования рекомендуется производить в годы, когда не выполняются другие виды обслуживания. Если при проведении опробования или профилактического контроля выявлен отказ устройства или его элементов, то производится устранение причины, вызвавшей отказ, и при необходимости в зависимости от характера отказа — профилактическое восстановление.

**2.3.4.** Плановое техническое обслуживание устройств РЗА электрических сетей 0,4–35 кВ следует по возможности совмещать с проведением ремонта основного электрооборудования.

**2.3.5.** Первый профилактический контроль устройств РЗА должен проводиться через 10–18 мес после включения устройства в работу.

**2.3.6.** Периодичность технического обслуживания аппаратуры и вторичных цепей устройств дистанционного управления и сигнализации принимается такой же, как для соответствующих устройств РЗА.

**2.3.7.** Периодичность технических осмотров аппаратуры и цепей устанавливается МС РЗА в соответствии с местными условиями.

**2.3.8.** Тестовый контроль (опробование) устройств на микроэлектронной базе рекомендуется проводить еженедельно на подстанциях с дежурным персоналом, а на подстанциях без дежурного персонала — по мере возможности, но не реже одного раза в 12 мес.

**2.3.9.** Для микроэлектронных и микропроцессорных устройств РЗА перед новым включением, как правило, должна производиться тренировка подачей на устройство в течение 3–4 сут оперативного тока и при возможности рабочих токов и напряжений с включением устройства с действием на сигнал. По истечении срока тренировки проводится тестовый контроль и при отсутствии каких-либо неисправностей устройство РЗА переводится с действием на отключение.

**2.3.10.** Удаление пыли с внешних поверхностей, проверка надежности контактных соединений, проверка целостности стекол, состояния уплотнений кожухов и т.п. микропроцессорных и электромеханических устройств РЗА выполняются обычным образом. Чистка от пыли внутренних модулей микропроцессорных устройств РЗА при внутреннем осмотре должна производиться пылесосом для исключения повреждения устройств статическим разрядом. Следует учитывать, что заводы-изготовители гарантируют нормальную работу электронных устройств и выполнение гарантийного ремонта РЗА в течение ограниченного периода эксплуатации при сохранности пломб завода. С учетом этого вскрывать кожухи этих устройств РЗА в течение гарантийного срока эксплуатации не рекомендуется.

**2.3.11.** При неисправности устройств РЗА на микроэлектронной базе ремонт устройства в период гарантийного срока эксплуатации должен производиться на заводе-изготовителе. В последующий период эксплуатации ремонт производится по договору с заводом-изготовителем или в базовых лабораториях квалифицированными специалистами.

**2.3.12.** Методики проверки микропроцессорных устройств РЗА приведены в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации заводов-изготовителей.

### 3. ПРОГРАММЫ РАБОТ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ УСТРОЙСТВ РЗА

Программы составлены на все виды планового технического обслуживания устройств РЗА, предусмотренные настоящими Правилами.

Программы являются общими для всех устройств РЗА электрических сетей 0,4–35 кВ и определяют последовательность и объемы работ при проверках этих устройств.

Объемы работ при техническом обслуживании узлов и элементов устройств РЗА приведены в разд. 4 настоящих Правил, а методика их проверок — в документах, приведенных в списке использованной литературы.

Проверку электрических характеристик устройств РЗА рекомендуется производить с использованием комплектных испытательных устройств Уран-1, Уран-2, Нептун-1, Нептун-2, Сатурн-М, Сатурн-М1 (НПФ «Радиус», Москва), Реле-томографа (НПП «Динамика»), ЭУ 5000, У 5052 (Киевский завод «Точэлектроприбор») и аналогичных испытательных устройств.

#### 3.1. Новое включение

**3.1.1.** Подготовительные работы включают:

- а) подготовку необходимой документации (исполнительных схем, заводской документации на оборудование, инструкций, бланков паспортов-протоколов);
- б) подготовку испытательных устройств, измерительных приборов, соединительных проводов, запасных частей, инструмента;
- в) отсоединение (при необходимости) цепей связи на рядах зажимов проверяемого устройства РЗА с другими устройствами.

**3.1.2.** При внешнем осмотре необходимо проверять:

- а) выполнение требований ПТЭ и других руководящих документов, относящихся к налаживаемому устройству, а также соответствие устройства проекту и реальным условиям работы (значениям нагрузок, тока КЗ, заданным уставкам) установленной аппаратуры и контрольных кабелей;
- б) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры;



- в) качество покраски панелей, шкафов;
- г) состояние монтажа проводов и кабелей, соединений на рядах зажимов, ответвлениях от шинок управления, шпильках реле, испытательных блоках, резисторах, а также надежность паяк на конденсаторах, резисторах, диодах и т.п.;
- д) правильность выполнения концевых разделок контрольных кабелей;
- е) состояние уплотнений дверей шкафов, кожухов, вторичных выводов трансформаторов тока и напряжения и т.д.;
- ж) состояние и правильность выполнения заземлений цепей вторичных соединений;
- з) состояние электромагнитов управления и блок-контактов разъединителей, высоковольтных выключателей, автоматических выключателей и другой коммутационной аппаратуры;
- и) наличие и правильность надписей на панелях и аппаратуре, наличие и правильность маркировки кабелей, жил кабелей, проводов.

**3.1.3.** Проверка соответствия проекту смонтированных устройств заключается в:

- а) фактическом исполнении соединений между элементами на панелях устройств РЗА, управления и сигнализации (прозвонка цепей схемы). Одновременно проводится проверка правильности маркировки проводов на панелях;
- б) фактическом исполнении всех цепей связи между проверяемым устройством и другими устройствами РЗА, управления и сигнализации. Одновременно проводится проверка правильности маркировки жил кабелей.

**3.1.4.** При внутреннем осмотре, чистке и проверке механической части аппаратуры необходимо проводить:

- а) проверку целости деталей реле и устройств, правильности их установки и надежности крепления;
- б) очистку от пыли и посторонних предметов;
- в) проверку надежности контактных соединений;
- г) проверку затяжки стяжных болтов, трансформаторов, дросселей;
- д) проверку состояния контактных поверхностей и дугогасительных камер;
- е) проверку надежности работы механизма управления включением и отключением от руки.

**3.1.5.** Проверка сопротивления изоляции является предварительной и состоит из измерения сопротивления изоляции отдельных узлов устройств РЗА (трансформаторов тока и напряжения, при-

водов коммутационных аппаратов, контрольных кабелей, панелей защиты и т.д.).

Измерение производится мегаомметром на 1000 В:

- а) относительно земли;
- б) между отдельными группами электрически не связанных цепей (тока, напряжения, оперативного тока, сигнализации);
- в) между фазами в токовых цепях, где имеются реле или устройства с двумя первичными обмотками и более;
- г) между жилами кабеля газовой защиты;
- д) между жилами кабеля от трансформаторов напряжения до автоматических выключателей или предохранителей.

**Примечания:**

1. Элементы, не рассчитанные на испытательное напряжение 1000 В, при измерении по п. 3.1.5, а, б исключаются из схемы.

2. Измерение сопротивления изоляции цепей 24 В и ниже устройств РЗА на микроэлектронной и микропроцессорной базе производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя. При отсутствии таких указаний проверяется отсутствие замыкания этих цепей на землю омметром на напряжение до 15 В.

**3.1.6.** Проверка электрических характеристик элементов устройств проводится в соответствии с объемами работ при техническом обслуживании конкретных типов этих элементов, приведенными в разд. 4 настоящих Правил. Работы по проверке электрических характеристик должны завершаться выставлением и проверкой уставок и режимов, задаваемых ЦС РЗА или МС РЗА.

После окончания проверки производится сборка всех цепей, связывающих проверяемое устройство с другими цепями, подключением жил кабелей к рядам зажимов панелей, шкафов.

**3.1.7.** Измерение и испытание изоляции устройств следует производить при закрытых кожухах, крышках и дверцах.

При включении после монтажа и первом профилактическом контроле изоляция относительно земли электрически связанных цепей РЗА и всех других вторичных цепей каждого присоединения, а также между электрически не связанными цепями, находящимися в пределах одной панели, за исключением цепей элементов, рассчитанных на рабочее напряжение 60 В и ниже, должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин.

Кроме того, напряжением 1000 В в течение 1 мин должна быть испытана изоляция между жилами контрольного кабеля тех цепей, где имеется повышенная вероятность замыкания между жилами с серьезными последствиями (цепи газовой защиты, цепи конденсаторов, ис-

пользуемых как источник оперативного тока, вторичные цепи трансформаторов тока с номинальным значением тока 1 А и т.п.).

В процессе последующей эксплуатации изоляция цепей РЗА (за исключением цепей напряжением 60 В и ниже) должна испытываться при профилактических восстановлении напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин или выпрямленным напряжением 2500 В с использованием мега-омметра или специальной установки.

Испытание изоляции цепей РЗА напряжением 60 В и ниже производится в процессе измерения сопротивления.

**3.1.8.** Проверка взаимодействия элементов устройств заключается в проверке правильности взаимодействия реле защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации. Проверка взаимодействия реле проводится в соответствии с принципиальной схемой.

Особое внимание при проверке необходимо обратить на:

- а) отсутствие обходных цепей;
- б) правильность работы устройства при различных положениях накладок, переключателей, испытательных блоков, рубильников и т.д.;
- в) наличие на рядах зажимов проверяемого устройства сигналов, предназначенных для воздействия на другие устройства, находящиеся в работе.

Проверку следует проводить при номинальном напряжении оперативного тока.

**3.1.9.** Комплексную проверку устройств следует проводить при номинальном напряжении оперативного тока при подаче на устройство параметров аварийного режима от постороннего источника и полностью собранных цепях устройства при закрытых кожухах реле и разомкнутых выходных цепях.

При комплексной проверке необходимо производить измерение полного времени действия каждой из ступеней устройства и проверять правильность действия сигнализации.

Ток и напряжение, соответствующие аварийному режиму, следует подавать на все ступени и фазы (или все комбинации фаз) проверяемого устройства и должны соответствовать нижеприведенным условиям:

- а) для защит максимального действия 0,9 и 1,1 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания — во втором случаях; для контроля времени действия подается ток или напряжение, равные 1,3 уставки срабатывания.

Для защит с зависимой характеристикой срабатывания необходимо проверять четыре-пять точек характеристик.

Для токовых направленных защит следует подавать номинальное напряжение с фазой, обеспечивающей срабатывание реле направления мощности.

Для дифференциальных защит ток подавать поочередно в каждое из плеч защиты;

- б) для защит минимального действия — 1,1 и 0,9 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания — во втором случаях; для контроля времени действия подавать ток или напряжение, равные 0,8 уставки срабатывания.

Для дистанционных защит временную характеристику следует снижать для сопротивлений, равных  $0; 0,9Z_1; 1,1Z_1; 0,9Z_2; 1,1Z_2; 0,9Z_3$  и  $1,1Z_3$ . Регулировку выдержки времени второй и третьей ступеней производить при сопротивлениях, равных соответственно  $1,1Z_1$  и  $1,1Z_2$ . Регулировку выдержки времени первой ступени (при необходимости) производить при сопротивлении  $0,5 Z_1$ .

Следует проверять правильность поведения устройств при имитации всех возможных видов КЗ в зоне и вне зоны действия устройств.

**3.1.10.** Проверку взаимодействия проверяемого устройства с другими включенными в работу устройствами защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации и действия устройства на коммутационную аппаратуру необходимо проводить при номинальном напряжении оперативного тока. После окончания проверки произвести подключение цепей связи с другими устройствами на рядах зажимов проверяемого устройства с последующей проверкой действия от выходного реле проверяемого устройства на коммутационную аппаратуру.

После проверки действия проверяемого устройства на коммутационные аппараты работы в оперативных цепях не производятся.

**3.1.11.** Проверка устройств рабочим током и напряжением является окончательной проверкой схемы переменного тока и напряжения, правильности включения и поведения устройств.

Перед проверкой устройств рабочим током и напряжением следует произвести:

- осмотр всех реле и других аппаратов, рядов зажимов и перемычек на них;
- установку накладок, переключателей, испытательных блоков и других оперативных элементов в положения, при которых исключается воздействие проверяемого устройства на другие устройства и коммутационные аппараты.

Проверка рабочим током и напряжением проводится в следующей последовательности:

- а) проверка исправности и правильности подключения цепей напряжения измерением на ряде выводов линейных и фазных напряжений и напряжения нулевой последовательности и проверкой фазировки цепей напряжения проверяемого присоединения;
- б) проверка исправности токовых цепей измерением вторичных токов нагрузки в фазах и в нулевом проводе, а для направленных защит производится снятие векторной диаграммы;
- в) проверка тока и напряжения небаланса фильтров тока и напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности;
- г) проверка правильности включения реле направления мощности и реле сопротивления;
- д) проверка правильности сборки токовых цепей дифференциальных защит измерением токов (напряжений) небаланса.

**3.1.12.** При подготовке устройств релейной защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации к включению необходимо произвести:

- а) повторный осмотр реле, режим работы которых изменялся при проверке рабочим током и напряжением;
- б) проверку положения флажков указательных реле, испытательных блоков и других оперативных устройств, а также переключателей на рядах выводов;
- в) проверку показаний контрольных устройств;
- г) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу следует оформить паспорта-протоколы;
- д) инструктаж дежурного персонала по вводимым в работу устройствам и особенностям их эксплуатации, сдачу этих устройств и инструкции по обслуживанию дежурному персоналу.

## **3.2. Первый профилактический контроль**

**3.2.1.** Подготовительные работы включают:

- а) подготовку необходимой документации (исполнительных схем, действующих инструкций, паспортов-протоколов, рабочих тетрадей, карт уставок защит и автоматики);
- б) подготовку испытательных устройств, измерительных приборов, соединительных проводов, запасных частей и инструмента;
- в) допуск к работе и принятие мер по предотвращению возможности воздействия проверяемого устройства на другие устройства;

- г) проверку соответствия устройства требованиям руководящих документов.

**3.2.2.** При внешнем осмотре следует проверять:

- а) надежность крепления панели, аппаратуры панели;
- б) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры;
- в) отсутствие пыли и грязи на рядах выводов;
- г) состояние изоляции проводов и кабелей, надежность контактных соединений на рядах зажимов, ответвлениях от шин, шпильках реле, испытательных блоков, резисторах, а также надежность паек;
- д) состояние уплотнения дверей шкафов, кожухов и т.д.;
- е) состояние электромагнитов управления и блок-контактов коммутационной аппаратуры;
- ж) состояние заземления цепей вторичных соединений;
- з) наличие и правильность надписей на панелях и аппаратуре, наличие маркировки кабелей, жил кабелей и проводов.

**3.2.3.** Предварительную проверку заданных уставок необходимо проводить при закрытых кожухах реле и крышках автоматических выключателей в целях определения работоспособности элементов и отклонения параметров срабатывания от заданных. Допустимые значения максимальных отклонений характеристик от заданных уставок устройств РЗА приведены в приложении.

Если при проверке уставок параметры срабатывания выходят за пределы допустимых отклонений, то проводится анализ причин отклонения и при необходимости разборка, восстановление или замена аппаратуры.

**3.2.4.** Внутренний осмотр и проверку механической части релейной и коммутационной аппаратуры следует проводить в соответствии с п. 3.1.4, а — е.

При отсутствии на контактных поверхностях механических повреждений, нагаров, раковин, оксидной пленки чистка не производится.

**3.2.5.** Проверку электрических характеристик элементов, которые не подвергались разборке, следует проводить в объеме, соответствующем профилактическому восстановлению, а элементов, которые подвергались разборке или замене, — в объеме, соответствующем новому включению.

**3.2.6.** Измерение и испытание изоляции производятся в соответствии с п. 3.1.7.

**3.2.7.** Проверка взаимодействия элементов устройства проводится в соответствии с п. 3.1.8.

**3.2.8.** Комплексная проверка устройств выполняется в соответствии с п. 3.1.9.

**3.2.9.** Проверка взаимодействия проверяемого устройства с другими устройствами защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации и действия устройства на коммутационную аппаратуру проводится в соответствии с п. 3.1.10.

**3.2.10.** Проверка устройств рабочим током и напряжением осуществляется в соответствии с п. 3.1.11.

**3.2.11.** При подготовке устройств релейной защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации к включению необходимо произвести:

- а) повторный осмотр реле, режим работы которых изменялся при проверке рабочим током и напряжением;
- б) проверку положения флажков указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп, а также перемычек на рядах выводов;
- в) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу.

### **3.3. Профилактическое восстановление**

**3.3.1.** Подготовительные работы производятся в соответствии с п. 3.2.1.

**3.3.2.** Внешний осмотр выполняется в соответствии с п. 3.2.2.

**3.3.3.** Предварительная проверка заданных уставок осуществляется в соответствии с п. 3.2.3.

**3.3.4.** Внутренний осмотр, чистка и проверка механической части релейной и коммутационной аппаратуры производятся в соответствии с п. 3.1.4.

**3.3.5.** Проверка электрических характеристик проводится для:

- а) элементов, которые не подвергались разборке, — в объеме, соответствующем профилактическому восстановлению (см. разд. 4);
- б) элементов, которые подвергались разборке или замене, — в объеме, соответствующем новому включению (см. разд. 4).

**3.3.6.** Измерение и испытание изоляции производятся в соответствии с п. 3.1.7.

В период последующей эксплуатации при профилактических восстановлении допускается испытание изоляции проводить мегаомметром на 2500 В.

**3.3.7.** Комплексная проверка устройств проводится в соответствии с п. 3.1.9.

**3.3.8.** При проверке действия проверяемого устройства на коммутационную аппаратуру и восстановлении цепей связи с другими устройствами следует выполнять:

- а) подготовку цепей отключения и включения и проверку действия выходного реле проверяемого устройства на коммутационные аппараты;
- б) проверку отсутствия сигналов и подключения цепей связи с другими устройствами на рядах выводов проверяемого устройства.

**3.3.9.** Проверка устройств рабочим током и напряжением проводится в соответствии с п. 3.1.11.

**3.3.10.** Подготовка устройств к включению следует осуществлять в соответствии с п. 3.2.11.

### ***3.4. Профилактический контроль***

**3.4.1.** Подготовительные работы производятся в соответствии с п. 3.2.1.

**3.4.2.** При внешнем осмотре следует произвести:

- а) очистку от пыли аппаратуры;
- б) осмотр состояния аппаратуры.

**3.4.3.** Измерение сопротивления изоляции следует производить мегаомметром на 1000 В каждой из групп электрически не связанных цепей вторичных соединений относительно земли и между собой (см. примечания к п. 3.1.5).

**3.4.4.** Комплексную проверку устройств необходимо проводить при номинальном напряжении оперативного тока при подаче на устройство параметров аварийного режима от постороннего источника и полностью собранных цепях устройств при закрытых кожухах реле.

При комплексной проверке следует проверять также правильность действия сигнализации. Ток и напряжение, соответствующие аварийному режиму, следует подать на все ступени и все фазы (или все комбинации фаз) проверяемого устройства. Ток или напряжение, подаваемые на защиты максимального тока и минимального напряжения, должно обеспечивать их надежное срабатывание.

Для защит с зависимой характеристикой следует снять три-четыре точки характеристики; для дифференциальных защит ток поочередно



подаются в каждое из плеч защит; на ступенчатые защиты подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке каждой зоны и одной точке вне зоны срабатывания последней ступени.

**3.4.5.** При проверке действия выходных реле на коммутационный аппарат следует убедиться в исправности цепей отключения (включения) действием на коммутационный аппарат от выходных реле и произвести восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами.

**3.4.6.** При проверке устройств рабочим током и напряжением необходимо осуществлять:

- а) проверку обтекания током токовых цепей проверяемого устройства, тока небаланса, правильности выбора направления реле тока;
- б) проверку наличия напряжения на проверяемом устройстве.

**3.4.7.** При подготовке устройств к включению следует производить:

- а) проверку положения указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других оперативных элементов;
- б) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу.

### **3.5. Опробование**

**3.5.1.** Подготовительные работы включают:

- а) подготовку исполнительных схем, инструкций, паспортов-протоколов и рабочих тетрадей;
- б) допуск к работе и принятие мер от воздействия проверяемого устройства на другие устройства, осмотр устройства.

**3.5.2.** Проверка работоспособности элементов устройства заключается в следующем:

- а) опробование элементов действием защиты на коммутационную аппаратуру;
- б) проверка надежной работы элементов управления приводов от устройств РЗА или от руки.

**3.5.3.** При подготовке устройств к включению необходимо произвести:

- а) восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами;

- б) проверку положения флажков указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других оперативных элементов;
- в) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенного устройства и о возможности включения его в работу.

### ***3.6. Технический осмотр***

При техническом осмотре необходимо визуально контролировать:

- а) отсутствие внешних повреждений устройства и его элементов;
- б) состояние креплений устройств на панелях, проводов на рядах зажимов и на выводах устройств;
- в) наличие надписей и позиционных обозначений;
- г) положение флажков указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок и других оперативных элементов, состояние сигнальных ламп.

## 4. ОБЪЕМЫ РАБОТ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ УСТРОЙСТВ РЗА

Для устройств РЗА ниже приведены лишь объемы проверок электрических характеристик.

Полный объем и последовательность проверок для каждого вида технического обслуживания устройств РЗА приведены в соответствующих программах разд. 3 и объемах работ настоящего раздела.

### 4.1. Дистанционные защиты

#### 4.1.1. Дистанционная защита ДЗ-10

- |                 |                                                                                                                       |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Н, В</b>     | а) проверка и регулировка механической части и состояния контактных поверхностей;                                     |
| <b>Н</b>        | б) проверка тока срабатывания магнитоэлектрических реле Р1 и Р2;                                                      |
| <b>Н</b>        | в) настройка трансреакторов ТР5–ТР7;                                                                                  |
| <b>Н, В</b>     | г) настройка защиты на уставки по сопротивлению и времени срабатывания;                                               |
| <b>Н, К1</b>    | д) проверка взаимодействия элементов схемы защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения; |
| <b>Н, К1, В</b> | е) проверка защиты рабочим током и напряжением.                                                                       |

#### 4.1.2. Дистанционные защиты ПЗ-3, ПЗ-4

- |                 |                                                                                                                 |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Н, К1, В</b> | а) проверка реле постоянного тока;                                                                              |
| <b>Н, К1, В</b> | б) проверка пусковых органов защиты ПЗ-3, устройства блокировки при неисправности цепей напряжения защиты ПЗ-4; |
| <b>Н, К1, В</b> | в) проверка устройства автономного питания (УАП) при работе:                                                    |
| <b>Н</b>        | проверка феррорезонансного стабилизатора тока;                                                                  |
| <b>Н</b>        | проверка стабилизатора напряжения;                                                                              |
| <b>Н, К1, В</b> | совместная проверка стабилизаторов тока и напряжения;                                                           |

- Н, К1, В** г) проверка пусковых органов защиты ПЗ-4 и дистанционных органов защит ПЗ-3 и ПЗ-4;
- Н, К1, В** проверка настройки фильтра второй гармонической составляющей (1С-1Др);
- Н** выравнивание комплексных сопротивлений рабочего и тормозного контуров схемы сравнения при подаче напряжения 20–30 В в рассечку накладок 1Н и 2Н соответственно и при закороченной первичной обмотке трансформатора напряжения 1ТН;
- Н, К1, В** определение угла максимальной чувствительности реле на заданной уставке методом «засечек»;
- Н, К1, В** проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания при заданных угле и токе настройки. Если угол и ток настройки не заданы, то настройку производить при угле 60° и токе, равном или большем двойного значения тока точной работы;
- Н, К1, В** снятие характеристики зависимости сопротивления срабатывания реле от тока в целях определения действительного значения тока точной работы;
- Н, К1, В** д) проверка реле направления мощности защит ПЗ-3 и ПЗ-4;
- Н** проверка настройки фильтра второй гармонической составляющей (1С-1Др);
- Н** проверка отсутствия самохода реле направления мощности при подаче на делитель 3R–4R напряжения 40 В. Ток в магнитоэлектрическом реле должен быть направлен в сторону торможения и его значение не должно превышать 2 мА;
- Н** определение угла максимальной чувствительности и зоны работы реле при номинальном токе и напряжении, равном 2 В;
- Н** определение чувствительности реле направления мощности по напряжению при номинальном токе и угле максимальной чувствительности. Чувствительность реле по напряжению не должна превышать 0,6 В;
- Н** е) проверка реле тока нулевой последовательности:
- Н** проверка настройки фильтров второй (2С-2Др) и третьей (1С-1Др) гармонических составляющих;
- Н, К1, В** проверка чувствительности реле по току на уставках 0,5 и 1,0 А при отсутствии торможения. Чувствительность по току должна находиться в пределах  $0,5 \pm 0,05$  А и  $1,0 \pm 0,1$  А соответственно;

- Н** проверка отсутствия торможения реле при двойных замыканиях на землю. При этом следует убедиться, что в диапазоне токов от номинального до  $10 I_{ном}$ , подаваемых в поврежденные фазы А и В, тормозные ампер-витки составляют не более 5 % рабочих ампер-витков;
- Н, К1, В** проверка тормозных характеристик реле при торможении от токов одной или двух фаз на рабочей уставке 0,5 А; проверка коэффициента чувствительности реле при двойных замыканиях на землю и токе в неповрежденной фазе, равном  $2 I_{ном}$ , и уставке 0,5 А;
- Н, К1, В ж)** проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, К, В з)** комплексная проверка защит имитацией двухфазных КЗ видов АВ, ВС, СА, а также двойных замыканий на землю при одностороннем питании линии с замыканием фаз АО, ВО, СО и подачей параметров аварийного режима, соответствующих для ПЗ-3 и ПЗ-4 —  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ; кроме того, для ПЗ-4 —  $0,9Z_3$ ;  $1,1Z_3$ . Регулировка выдержки времени второй и третьей ступеней при подаче параметров аварийного режима, равных соответственно  $1,1Z_1$  и  $1,1Z_2$ . Проверка поведения защиты при близких двухфазных и трехфазных КЗ вне зоны действия защиты.

**Примечание.**

При профилактическом контроле подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке каждой зоны;

- Н, К1, К, В и)** проверка защиты рабочим током и напряжением.

**4.1.3. Дистанционная защита БРЭ-2701**

- Н, В а)** проверка механической части и состояния контактных поверхностей реле;
- Н, К1, В б)** проверка уровней выходных напряжений блока питания;
- Н, К1, В в)** проверка пусковых токовых реле на рабочей уставке;
- Н, К1, В г)** проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания I и II ступеней защиты при заданном угле и токе настройки;
- Н д)** определение тока точной работы I и II ступеней защиты;
- Н, К1, В е)** проверка работы реле сопротивления и реле направления мощности;

- Н, К1, В ж)** проверка органов выдержки времени I, II, III ступеней и цепи ускорения;
- Н, К1, В з)** проверка настройки и линейности выходной характеристики устройства фиксации;
- Н, К1, В и)** проверка защиты рабочим током и напряжением;
- Н, К1, К, В к)** проверка работоспособности защиты с помощью кнопки тестового контроля.

#### **4.1.4. Комплектное устройство защиты и автоматики пункта секционирования КРЗА-С**

- Н, В а)** проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей реле;
- Н, К1, В б)** проверка характеристик блока питания;
- Н, К1, В в)** проверка настройки защиты на уставки по сопротивлению и времени срабатывания;
- Н, К1, В г)** проверка выдержек времени блока АПВ;
- Н, К1, К, В д)** проверка работоспособности устройства от кнопки «Опробование»;
- Н, К1, В е)** проверка действия защиты и АПВ на выключатель;
- Н, К1, В ж)** проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### **4.2. Комплектные устройства защиты и автоматики ЯРЭ 2201 и ЯРЭ 2202**

- Н, К1, В, К а)** проверка блока питания;
- Н, К1, В, К б)** проверка работоспособности функционального тестового контроля;
- Н, К1, В в)** проверка параметров срабатывания и возврата измерительных или комбинированных органов на рабочих уставках;
- Н, К1, В г)** проверка времени срабатывания органов выдержки времени и автоматики на рабочих уставках;
- Н, К1, В д)** проверка блоков входных реле;
- Н, К1, В е)** проверка блоков выходных реле;
- Н, К1, В ж)** проверка взаимодействия элементов устройства;
- Н, К1, В, К з)** комплексная проверка устройства;
- Н, К1, В и)** проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА, сигнализации и коммутационными аппаратами;
- Н, К1, В, К к)** проверка рабочим током и напряжением.

#### **4.3. Микропроцессорное устройство защиты и автоматики «Сириус»**

- Н, К1, В** а) внешний осмотр;
- К1, В** б) внутренний осмотр (до окончания гарантийного срока эксплуатации не производится);
- Н, К1, В** в) измерение сопротивления изоляции. Измерение сопротивления изоляции между входными цепями тока, напряжения, оперативного тока, цепями дискретных сигналов и сигнализации, а также между указанными цепями и корпусом производится мегаомметром на напряжение 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 10 МОм;
- Н, К1** г) испытание электрической прочности изоляции. При новом включении и первом профилактическом контроле изоляция цепей должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин;
- К, В** при последующих проверках изоляция цепей устройства должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока или мегаомметром на напряжение 2500 В в течение 1 мин. Измерение сопротивления и испытания изоляции цепей интерфейса связи с компьютером RS 232C не производится;
- Н, К1** д) проверка и настройка конфигурации (функции) устройства. Осуществляются с клавиатуры или по линии связи. Производятся в соответствии с заводской инструкцией и проектом;
- Н, К1** е) проверка диапазонов регулирования уставок и настройка рабочих уставок. Осуществляются с клавиатуры или по линии связи. Производятся в соответствии с заводской инструкцией;
- Н** ж) проверка заданной конфигурации и рабочих уставок испытательного устройства с использованием внешних измерительных приборов. Проверка точности измерения токов и времени срабатывания устройства. Проверка потребляемой мощности по цепи оперативного тока при номинальном напряжении 220 В переменного или постоянного тока;
- Н** з) комплексная проверка при подаче на защиту параметров аварийного режима от испытательного устройства, проверка отсутствия ложных действий при подаче и снятии напряжения оперативного тока;

- Н, К1, В и)** проверка устройства в тестовом режиме «Контроль». Проверяется правильность подключения и работы устройства, измерения действующих значений токов, правильность хода внутренних часов;
- Н к)** проверка работы тестового контроля (самодиагностики) при подключении питания;
- Н, К1, В л)** проверка устройства рабочим током с измерением вторичных токов нагрузки и в нулевом проводе.

#### *4.4. Микропроцессорные устройства защиты и автоматики «Орион» и «Орион-А»*

- Н, К1, В а)** внешний осмотр;
- К1, В б)** внутренний осмотр. (До окончания гарантийного срока эксплуатации не производится);
- Н, К1, В в)** измерение сопротивления изоляции. Измерение производится между входными цепями тока, напряжения, оперативного тока, цепями дискретных сигналов, а также между указанными цепями и корпусом мегаомметром на напряжение 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 10 МОм;
- Н, К1 г)** испытание электрической прочности изоляции. При новом включении и первом профилактическом контроле изоляция цепей должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин;
- К, В** при последующих проверках изоляция цепей устройства должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока или мегаомметром на напряжение 2500 В;
- Н, К1 д)** проверка и настройка конфигурации (функций) устройства. Осуществляются с помощью движковых переключателей в соответствии с заводской инструкцией и проектом;
- Н, К1 е)** проверка диапазонов регулирования уставок и настройка рабочих уставок. Осуществляются набором комбинаций включенных или отключенных движков в соответствии с заводской инструкцией;
- Н ж)** проверка конфигурации и рабочих уставок от внешнего источника с использованием внешних измерительных приборов. Проверка погрешности измерения значений тока и времени;



- Н** з) комплексная проверка при подаче на устройство параметров аварийного режима от испытательного устройства, проверка отсутствия ложных действий при подаче и снятии напряжения оперативного тока;
- Н, В** и) проверка работы тестового контроля при подключении питания;
- Н, К1, В** к) проверка рабочим током и напряжением в соответствии с заводской инструкцией.

#### **4.5. Микропроцессорные устройства защиты и автоматики SPAC 800 и БМРЗ**

- Н, К1, В** а) внешний осмотр: отсутствие внешних следов ударов, потеков воды, в том числе высохших, отсутствие налета окислов на металлических поверхностях, отсутствие запыленности, осмотр рядов зажимов входных и выходных сигналов, разъемов интерфейса связи в части состояния их контактных поверхностей, осмотр элементов управления на отсутствие их механических повреждений;
- К1, В** б) внутренний осмотр (чистка от пыли; осмотр элементов цепей и дорожек с точки зрения наличия следов перегревов, ослабления паяных соединений из-за появления трещин, наличия окисления; контроль сочленения разъемов и механического крепления элементов, затяжка винтовых соединений);
- Н, К1, В, К** в) измерение сопротивления изоляции независимых цепей (кроме порта последовательной передачи данных) по отношению к корпусу и между собой: входных цепей тока; входных цепей напряжения; цепей питания оперативным током; входных цепей дискретных сигналов; выходных цепей дискретных сигналов от контактов выходных реле. Измерения производятся мегаомметром на 500 В, сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм;
- Н** г) испытания электрической прочности изоляции независимых цепей (кроме порта последовательной передачи данных) по отношению к корпусу и между собой. Изоляция цепей устройства защиты испытывается переменным напряжением 1000 В, частоты 50 Гц в течение 1 мин;

- Н, К1, В д)** программное задание (или проверка) требуемой конфигурации устройства защиты в соответствии с принятыми проектными решениями и техническими характеристиками (функциями) устройства;
- Н, К1, В е)** программное задание (или проверка) уставок устройства защиты в соответствии с заданной конфигурацией;
- Н, К1, В ж)** проверка отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;
- Н з)** проверка срабатывания по каждому дискретному входу при напряжении питания оперативного тока, равном  $0,8U_{ном}$ ;
- Н, К1, В и)** проверка параметров (уставок) срабатывания и коэффициентов возврата каждого измерительного органа при подаче на входы устройства тока (напряжения) от постороннего источника; контроль состояния светодиодов при срабатывании;
- Н, К1, В к)** проверка времени срабатывания защиты и электроавтоматики на соответствие заданным выдержкам времени;
- Н л)** проверка при минимальном значении диапазонов уставок с подачей тока (напряжения), равного 0,8 тока (напряжения) срабатывания, отсутствия ложных действий при снятии и подаче напряжения оперативного тока с повторным включением через 0,5 с;
- Н м)** проверка срабатывания устройства защиты на рабочей уставке и определение изменения параметров срабатывания при напряжении оперативного тока, равном 0,8 и  $1,1U_{ном}$ ;
- Н, В н)** Проверка взаимодействия измерительных органов и логических цепей защиты с контролем состояния всех контактов выходных реле (и состояния светодиодов). Проверка производится при создании условий для срабатывания каждого измерительного органа и поочередной подачей всех логических сигналов на вход защиты или в соответствии с инструкцией завода-изготовителя;
- Н, К1, К, В о)** проверка управляющих функций устройства защиты с воздействием контактов выходного реле на модель коммутационного аппарата (например, управление двухпозиционным реле) при управлении по месту установки защиты и дистанционно через порт последовательной связи;
- Н, В п)** проверка функции регистрации входных параметров защиты;
- Н, К1, В, К р)** проверка функции самодиагностики;
- Н, К1, В, К с)** проверка функционирования тестового контроля;

- Н, В, К1** т) проверка управления по месту установки защиты коммутационным аппаратом присоединения (включить/отключить);
- Н, К1, В** у) проверка взаимодействия с другими устройствами защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации с воздействием на коммутационный аппарат;
- Н, К1, К, В** ф) проверка рабочим током:  
проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к устройству защиты;  
контроль конфигурации и значений уставок;  
контроль значений текущих параметров и состояния устройства по дисплею и сигнальным элементам;
- Н, К1, К, В** х) тестовый контроль.

#### *4.6. Линейная токовая защита ЛТЗ*

- Н, В** а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
- Н** б) проверка потребляемой мощности;
- Н** в) проверка диапазона изменения уставок по току первой и второй ступеней, времени второй ступени;
- Н, В** г) проверка характеристик второй ступени с ограничено зависимой, независимой выдержкой времени;
- Н, К1, В** д) проверка изменения уставок второй ступени при срабатывании реле направления мощности;
- Н** е) проверка зоны действия реле направления мощности;
- Н, К1, К, В** ж) комплексная проверка работоспособности устройства от кнопок «Проверка» и «Измерение направления».

#### *4.7. Токовая защита от однофазных замыканий на землю ЗЗП-1*

- Н, В** а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
- Н, В** б) определение напряжения на обмотке выходного реле при подаче напряжения в цепь напряжения нулевой последовательности;
- Н, В** в) снятие вольт-амперных характеристик срабатывания на рабочей уставке защиты;

- Н** г) снятие угловых характеристик срабатывания на рабочей уставке защиты;
- Н** д) проверка степени отстройки защиты от высших гармонических составляющих в токовой цепи на рабочей уставке защиты;
- Н** е) проверка защищенности трансформатора тока, вторичных токовых цепей и комплектов защиты от влияния помех и наводок;
- Н, К1, В** ж) опробование действия защиты на отключение выключателя;
- Н** з) проверка защиты при искусственном однофазном замыкании на землю.

#### **4.8. Защитные приставки к автоматическим выключателям**

##### **4.8.1. Токовая защита нулевой последовательности**

- Н, В** а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, К, В** б) проверка состояния выводов и надежности контактного соединения с независимым расцепителем автоматического выключателя;
- Н, В** в) проверка работоспособности канала нулевой последовательности от постороннего источника на рабочей уставке с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя;
- Н, В** г) проверка времени срабатывания защиты.

##### **4.8.2. Токовая защита от междуфазных коротких замыканий**

- Н, В** а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В** б) проверка состояния выводов и надежности контактного соединения с независимым расцепителем автоматического выключателя;
- Н, В** в) проверка работоспособности защиты и канала максимальной токовой защиты от постороннего источника на рабочей уставке с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя;
- Н, В** г) проверка времени срабатывания защиты.

#### 4.8.3. Защитные приставки ЗТ-0,4; ЗТИ

- Н, В** а) проверка работоспособности канала максимальной токовой защиты на рабочей уставке с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя;
- Н, В** б) проверка работоспособности канала защиты от однофазных коротких замыканий на рабочей уставке с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя;
- Н, В** в) проверка времени срабатывания защитной приставки.

#### 4.8.4. Реле РЭ-571Т

- Н, К1, В** а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, В** б) проверка срабатывания реле при токе, равном току однофазного КЗ в наиболее удаленной точке сети, с действием на независимый расцепитель автоматического выключателя.

### 4.9. *Токовые защиты от междуфазных коротких замыканий*

#### 4.9.1. Комплекты защит КЗ-1–КЗ-4; КЗ-12–КЗ-14; КЗ-31–КЗ-38

- Н, К1, В** а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В** б) проверка электрических характеристик реле, входящих в комплект;
- Н** в) проверка взаимодействия реле комплекта при напряжении оперативного переменного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, К, В** г) комплексная проверка комплекта с действием выходного реле на коммутационный аппарат;
- Н, К1, К, В** д) проверка комплекта рабочим током и напряжением в соответствии с программой работ для конкретного вида технического обслуживания.

#### 4.9.2. Токовая защита ТЗВР

- Н, В** а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;

- Н, К1, К, В** б) проверка тока срабатывания токовой отсечки на рабочей уставке;
- Н, К1, В** в) проверка времени срабатывания токовой отсечки;
- Н, К1, В** г) снятие ампер-секундной характеристики на рабочей уставке защиты;
- Н, К1, В** д) проверка работоспособности устройства от кнопки «Опробование»;
- Н, К1, В** е) проверка защиты рабочим током;
- Н, К1, В** ж) проверка действия защиты на отключение выключателя.

#### **4.9.3. Токовые защиты ТЗК-1, ТЗК-2**

- Н, К1, К, В** а) проверка напряжений в контрольных точках блока питания при изменении оперативного напряжения питания от 0,8 до 1,1 номинального значения;
- Н, К1, В** б) проверка работы элемента защиты блока питания при коротких замыканиях на выходе;
- Н, К1, В** в) проверка работы блока питания при снятии оперативного напряжения;
- Н, К1, К, В** г) проверка токов срабатывания и возврата пороговых органов I, II и III ступеней на рабочей уставке;
- Н, К1, К, В** д) проверка выдержек времени срабатывания ступеней защиты на рабочих уставках;
- Н, К1, В** е) проверка действия устройства на коммутационную аппаратуру;
- Н, К1, В** ж) проверка устройства рабочим током и напряжением;
- Н, К1, В** з) проверка работы устройства от встроенных элементов контроля.

### ***4.10. Реле прямого действия и электромагниты управления переменного тока***

#### **4.10.1. Реле РТМ и токовые электромагниты отключения**

- Н, К1, В** а) проверка механической части реле;
- Н, К1, К, В** б) проверка тока срабатывания на рабочей уставке;
- Н** в) измерение полного сопротивления обмотки реле (электромагнита) при отпущенном и подтянутом сердечнике и токах, равных току срабатывания;
- Н** г) измерение полного времени срабатывания при кратности тока реле 1,5.

#### 4.10.2. Реле РТВ

- Н, К1, В** а) проверка механической части реле;  
**Н, К1, К, В** б) проверка тока и времени срабатывания на рабочей уставке;  
**Н** в) измерение полного сопротивления обмотки реле при отпущенном и подтянутом сердечнике и токах, равных току срабатывания;  
**Н, К1, В** г) настройка выдержки времени в независимой части характеристики или при заданном токе;  
**Н, К1, В** д) снятие зависимости времени срабатывания от тока на рабочей уставке при трех-четырёх значениях тока.

#### 4.10.3. Блокирующее реле отделителя

- Н, В** а) проверка механической части реле;  
**Н, К1, К, В** б) проверка тока срабатывания;  
**Н, В** в) проверка на вибрацию до максимального значения тока КЗ при включенном короткозамыкателе.

#### 4.10.4. Реле РНВ

- Н, В** а) проверка механической части реле;  
**Н, К1, В** б) проверка напряжения срабатывания и возврата реле;  
**Н, К1, К, В** в) проверка заданной выдержки времени.

#### 4.10.5. Электромагниты управления по напряжению

- Н, В** а) проверка механической части;  
**Н, К1, В** б) проверка напряжения срабатывания;  
**Н, К1, К, В** в) проверка действия электромагнита на включение или отключение привода при номинальном напряжении оперативного тока.

### 4.11. Реле тока и напряжения

#### 4.11.1. Реле ЭТ-520, ЭН-520, РТ-40, РН-50

- Н, К1, В** а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;

- Н, К1, В б)** проверка тока (напряжения) срабатываний и возврата реле на рабочей уставке. Если уставки на реле изменяются оперативным персоналом, то проверка выполняется на соответствующих делениях шкалы;
- Н, К1, В в)** проверка надежности работы контактов: для реле максимального тока (напряжения) от  $1,05 I_{ср}$  ( $U_{ср}$ ) до наибольшего возможного в эксплуатации значения тока (напряжения); для реле минимального тока (напряжения) от наибольшего возможного в эксплуатации значения тока (напряжения) до значения, при котором срабатывает реле.

#### 4.11.2. Реле РТ-80, РТ-90

- Н, К1, В а)** проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, К, В б)** проверка тока срабатывания отсечки на рабочей уставке;
- Н, К1, К, В в)** проверка тока срабатывания и возврата индукционного элемента реле на рабочей уставке: проверка характеристики времени действия индукционного элемента (в 4–5 точках) на рабочей уставке по шкале времени;
- Н, В г)** проверка надежности работы контактов при токах  $1,05$  тока срабатывания индукционного элемента до максимального значения тока КЗ.

### 4.12. Дифференциальные реле

#### 4.12.1. Реле РНТ-562, РНТ-563, РНТ-565, РНТ-566, РНТ-567

- Н, К1, В а)** проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В б)** проверка тока и напряжения срабатывания и возврата исполнительного органа при отключенном БНТ;
- Н в)** проверка правильности выполнения короткозамкнутой обмотки;
- Н, К1, В г)** проверка тока срабатывания и возврата реле в каждом плече защиты на рабочей уставке;
- Н д)** проверка коэффициента надежности реле;
- Н, К1, В е)** проверка надежности работы контактов реле при токах от  $1,05$  до пятикратного тока срабатывания.



#### **4.12.2.** Реле ДЗТ-11, ДЗТ-14

- Н, К1, В а)** проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В б)** проверка тока и напряжения срабатывания и возврата исполнительного органа при отключенном БНТ;
- Н в)** проверка тормозных характеристик;
- Н, К1, В г)** проверка тока срабатывания и возврата реле на рабочих уставках при подаче питания со стороны каждого плеча защиты и отсутствии тока в тормозной обмотке;
- Н д)** проверка надежности работы контактов реле при токах от 1,05 до пятикратного тока срабатывания.

#### **4.13. Реле мощности**

##### **4.13.1.** Реле ИМБ-171, ИМБ-177, ИМБ-178, РБМ-171, РБМ-177, РБМ-178, РБМ-271, РБМ-277, РБМ-278

- Н, К1, В а)** проверка механической части, состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В б)** проверка отсутствия самохода по току при закороченной обмотке напряжения. Проверка отсутствия самохода по напряжению при разомкнутой токовой обмотке;
- Н, К1, В в)** определение угла максимальной чувствительности;
- Н, К1, В г)** проверка мощности срабатывания при угле максимальной чувствительности; для реле РБМ-271, РБМ-277, РБМ-278 проверка производится при работе реле в обе стороны;
- Н, К1, В д)** проверка поведения, реле при сбросе обратной мощности от десятикратной мощности срабатывания до максимальной возможной обратной мощности при КЗ на шинах подстанции; для реле РБМ-271, РБМ-277, РБМ-278 проверка производится при работе в обе стороны;
- Н, К1, В е)** проверка надежности работы контактов при подведении к реле мощности от 1,2 мощности срабатывания до максимальной мощности, возможной при КЗ и угле максимальной чувствительности.

##### **4.13.2.** Реле мощности РМ-11, РМ-12

- Н, К1, В а)** проверка механической части и состояния контактных поверхностей реле;

- Н, К1, В б)** проверка отсутствия самохода по току при закороченной обмотке напряжения и подаче входного тока от нуля до  $30U_{ном}$ . Проверка отсутствия самохода по напряжению при отсутствии тока в токовой обмотке и изменении напряжения от нуля до  $1,15U_{ном}$ ;
- Н, К1, В в)** определение угла максимальной чувствительности при номинальных токе и напряжении;
- Н г)** проверка вольт-амперной характеристики при угле максимальной чувствительности (для реле РМ-12 при заданной уставке по напряжению срабатывания);
- Н, К1, В д)** проверка надежности работы контактов выходных реле при подведении к реле значений тока  $30 I_{ном}$  и напряжения  $1,15 U_{ном}$ .

#### 4.14. Реле времени

##### 4.14.1. Реле ЭВ-100 и ЭВ-200

- Н, К1, В а)** проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В б)** измерение напряжения срабатывания и возврата реле;
- Н, К1, В в)** проверка времени срабатывания реле на рабочей уставке и на соответствующих делениях шкалы, на которых уставки изменяются оперативным персоналом;
- Н, К1, В г)** проверка времени срабатывания реле на рабочей уставке;
- Н, К1, В д)** трехкратный запуск реле и прослушивание работы часового механизма.

##### 4.14.2. Реле ПРВ, РВ-01, РВ-03

- Н, К1, В а)** проверка и регулировка механической части и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В б)** проверка времени срабатывания обеих ступеней на рабочих уставках;
- Н в)** проверка напряжения срабатывания и возврата.

##### 4.14.3. Реле серии ВЛ

- Н, К1, В а)** проверка времени срабатывания на рабочих уставках.

#### 4.14.4. Реле РВМ-12, РВМ-13

- Н, К1, В** а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В** б) проверка токов начала хода и возврата контактной системы при питании реле поочередно от каждого насыщающегося трансформатора;
- Н, К1, В** в) проверка времени срабатывания реле на рабочей уставке;
- Н, В** г) проверка при пятикратном запуске;
- Н, В** д) проверка надежности работы контактов при токах от 1,05 тока срабатывания до максимального тока КЗ;
- Н, К1, К, В** е) проверка времени действия реле в схеме защиты на заданной уставке.

#### 4.15. Промежуточные реле

**4.15.1.** Реле РП-23–РП-26; РП-211–РП-215; РП-221–РП-225; РП-232; РП-233; РП-251–РП-256; РП-16–РП-18; РПУ-1; РПУ-2; РПУ-4; РП-8–РП-12

- Н, К1, В** а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н** б) проверка напряжения (тока) срабатывания и возврата реле по основной обмотке;
- Н** в) проверка тока (напряжения) удержания реле по дополнительным обмоткам;
- Н** г) проверка однополярных выводов основной и дополнительных обмоток;
- Н, К1, В** д) измерение времени действия тех реле, для которых оно задано. Если при измерении времени действия производилась регулировка реле, то повторно проверяется напряжение срабатывания, возврата и времени действия реле.

#### 4.15.2. Реле РП-321, РП-341

- Н, К1, В** а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, В** б) проверка тока срабатывания и возврата реле;

- Н** в) снятие зависимости вторичного выпрямленного напряжения от тока при последовательно соединенных первичных обмотках;
- Н, К1, В** г) проверка надежности работы контактов при максимальном токе КЗ и дешунтировании электромагнита отключения.

**4.15.3.** Реле РП-351, РП-352, РП-8, РП-9, РП-11, РП-12

- Н, К1, В** а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В** б) проверка напряжения срабатывания каждой обмотки реле.

**4.16. Указательные реле**

**4.16.1.** Реле ЭС-21, РУ-21

- Н, К1, В** а) проверка механической части реле и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В** б) проверка напряжения (тока) срабатывания реле.

**4.16.2.** Реле РУ-1, РЭУ-11

- Н, К1, В** а) проверка напряжения (тока) срабатывания реле.

**4.17. Реле повторного включения**

**4.17.1.** Реле РПВ-58, РПВ-258, РПВ-358

- Н, К1, В** а) проверка реле времени;
- Н, К1, В** б) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
- Н** в) проверка напряжения срабатывания параллельной обмотки и тока удерживания последовательной обмотки реле 1РП;
- Н, К1** г) проверка в полной схеме АПВ правильности включения параллельной и последовательной обмоток реле 1РП;
- Н, К1, В** д) проверка времени заряда конденсатора (готовности к повторному действию);

- Н, К1, В** е) проверка конденсатора на сохранность заряда;  
**Н, К1, В** ж) проверка надежности запрета АПВ при замыкании цепи разрядного сопротивления.

#### **4.17.2.** Реле РПВ-01, РПВ-02

- Н, К1, В** а) проверка механической части реле;  
**Н** б) проверка времени готовности реле;  
**Н, К1, В** в) проверка времени срабатывания реле на рабочих уставках (для реле РПВ-02 дополнительно проверяется время срабатывания при втором цикле АПВ);  
**Н** г) проверка тока удерживания реле;  
**Н, К1, В** д) проверка надежности запрета АПВ при наличии сигнала, блокировки.

#### **4.17.3.** Реле АПВ-2П, АПВ-2М

- Н, К1, В** а) проверка времени готовности к срабатыванию;  
**Н, К1, К, В** б) проверка времени срабатывания первого и второго циклов АПВ на рабочих уставках;  
**Н, В** в) проверка надежности вывода из работы первого и второго циклов и реле в целом;  
**Н, К1, В** г) проверка действия реле на выключатель.

### **4.18. Реле частоты**

#### **4.18.1.** Реле ИВЧ-3, ИВЧ-011, ИВЧ-15

- Н, К1, В** а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;  
**Н, К1, В** б) проверка частоты срабатывания и возврата на рабочей уставке при номинальном напряжении;  
**Н, К1, В** в) проверка частоты срабатывания и возврата при  $0,6 U_{\text{ном}}$  и  $1,25 U_{\text{ном}}$  для реле ИВЧ-3 и ИВЧ-011 и при  $0,8 U_{\text{ном}}$  и  $1,1 U_{\text{ном}}$  для реле ИВЧ-15.

#### **4.18.2.** Реле РЧ-1 и РЧ-2

- Н, К1, В** а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей выходного реле; проверка состояния контактных разъемов, паяк и печатного монтажа;

- Н, К1, В б)** проверка частоты срабатывания и возврата на рабочих уставках при номинальном напряжении;
- Н, К1, В в)** проверка времени срабатывания на рабочей уставке при номинальном напряжении;
- Н, К1, В г)** проверка напряжений в контрольных точках;
- Н, К1, В д)** проверка частоты срабатывания и возврата на рабочих уставках при  $0,2 U_{\text{ном}}$  и  $1,3 U_{\text{ном}}$  для реле РЧ-1 и при  $0,2 U_{\text{ном}}$  и  $1,5 U_{\text{ном}}$  для реле РЧ-2;
- Н, К1, К, В е)** проверка работоспособности полупроводниковой части схемы нажатием кнопки  $K_n$ ;
- Н, К1, В ж)** проверка поведения реле при снятии и подаче напряжения переменного тока при поданном оперативном напряжении;
- Н, К1, В з)** проверка поведения реле при снятии и подаче оперативного напряжения при наличии напряжения контролируемой сети.

#### 4.19. Газовые реле

##### 4.19.1. Реле РГЧЗ-66

- Н, К1, В а)** проверка герметичности поплавков и ртутных контактов;
- Н, К1, В б)** проверка плавучести чашек;
- Н, К1, В в)** проверка правильности уставки и регулировки контактов;
- Н, К1, В г)** проверка срабатывания отключающего и сигнального элементов спуском масла из корпуса реле;
- Н, В д)** проверка уставки срабатывания по скорости потока масла (при наличии испытательной установки);
- Н, К1, В е)** измерение сопротивления и испытание изоляции электрических цепей реле (по отношению к земле, между контактами и между отключающими и сигнальными цепями);
- Н, К1, В ж)** проверка работы установленного на трансформаторе реле нагнетанием воздуха;
- Н з)** проверка надежности отстройки реле от пусковых режимов циркуляционных насосов охлаждения трансформатора при всех возможных в эксплуатации переключениях вентилей в системе маслопроводов.

#### 4.19.2. Реле РГТ80, РГТ50

- Н** а) проверка правильности установки уставки;  
**Н, К1, К, В** б) измерение сопротивления и испытание (при Н, К1, В) изоляции между цепями и по отношению к земле;  
**Н, К1, К, В** в) проверка срабатывания реле с помощью кнопки контроля.

#### 4.19.3. Реле РСТ25

- Н** а) проверка правильности установки уставки;  
**Н, К1, К, В** б) измерение сопротивления и испытание (при Н, К1, В) изоляции между цепями и по отношению к земле;  
**Н, К1, К, В** в) проверка срабатывания и возврата реле с помощью кнопки контроля.

#### 4.19.4. Реле BF 50/10

- Н, К1, В** а) проверка правильности установки и регулировки контактов;  
**Н, К1, В** б) проверка срабатывания отключающего и сигнального элементов спуском масла из корпуса реле;  
**Н, В** в) проверка установки срабатывания по скорости потока масла (при наличии испытательной установки);  
**Н, К1, К, В** г) измерение сопротивления и испытание (при Н, К1, В) изоляции электрических цепей реле [между цепями (при отключенных контактах реле) и по отношению к земле]. Проверка изоляции разомкнутых контактов реле мегаомметром на 500 В;  
**Н, К1, К, В** д) проверка срабатывания реле с помощью кнопки контроля.

#### 4.19.5. Реле ÜRF 25/10

- Н, В** а) проверка правильности установки и регулировки контактов;  
**Н, К1, К, В** б) измерение сопротивления и испытание (при Н, К1, В) изоляции электрических цепей реле [между цепями (при отключенных контактах реле) и по отношению к земле]. Проверка изоляции разомкнутых контактов реле мегаомметром на 500 В;  
**Н, К1, К, В** в) проверка срабатывания реле нажатием кнопки контроля возврата.

#### **4.20. Реле напряжения обратной последовательности**

##### **4.20.1. Реле РНФ-1 и РНФ-1М**

- Н, К1, В** а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей исполнительного органа;
- Н** б) проверка настройки фильтра обратной последовательности на рабочей уставке имитацией всех возможных вариантов двухфазного КЗ;
- Н, К1, В** в) проверка напряжения срабатывания и возврата реле на рабочей уставке подачи на вход фильтра напряжения, имитирующего двухфазное КЗ фаз С и А;
- Н, К1, В** г) проверка надежности работы контактов реле при подаче на вход фильтра напряжения до 110 В при имитации двухфазного КЗ фаз С и А.

##### **4.20.2. Реле ЕЛ-10**

- Н, К1, В** а) проверка напряжения срабатывания и возврата реле при подаче на вход напряжения, имитирующего двухфазное КЗ фаз А и С;
- Н, К1, В** б) проверка работы реле при имитации всех возможных вариантов двухфазного КЗ.

#### **4.21. Реле импульсной сигнализации**

##### **4.21.1. Реле РИС-Э2М, РИС-Э2М-0,2, РИС-Э3М, РТД11, РТД12**

- Н, В** а) проверка исполнительного органа;
- Н, В** б) проверка чувствительности реле — определение значения импульса тока срабатывания реле при отсутствии предварительного тока в реле и при протекании во входной цепи предварительно установленного тока;
- Н** в) проверка возврата реле;
- Н, В** г) проверка работы реле при отклонении питающего напряжения от 0,8 до 1,1 номинального;
- Н, В** д) проверка отсутствия ложных срабатываний реле при подаче и снятии оперативного напряжения.



## **4.22. Регуляторы**

### **4.22.1. Автоматический регулятор трансформаторов АРТ-1Н**

- Н** а) проверка правильности токовых цепей;
- Н, К1, В** б) проверка уставки по напряжению срабатывания каналов «убавить» и «прибавить»;
- Н, В** в) проверка уставки по зоне нечувствительности;
- Н, В** г) проверка уставки по токовой компенсации;
- Н, К1, В** д) проверка времени срабатывания регулятора по каналам «убавить» и «прибавить»;
- Н, К1, В** е) опробование работы регулятора совместно с управляемым приводом (приводами) РПН.

### **4.22.2. Регулятор реактивной мощности Б2201**

- Н, К1, В** а) проверка работоспособности в режиме ручного управления;
- Н, К1, В** б) проверка рабочей уставки по току срабатывания;
- Н, В** в) проверка уставки по ширине зоны нечувствительности;
- Н, В** г) проверка уставки по времени срабатывания регулятора;
- Н, К1, В** д) опробование работы регулятора совместно с конденсаторной батареей.

## **4.23. Устройства автоматического ввода резерва**

### **4.23.1. Устройство автоматического включения резерва АВР-10**

- Н, К1, В** а) проверка уровней выходных напряжений блока питания;
- Н, К1, В** б) проверка напряжений срабатывания и возврата устройства;
- Н, К1, В** в) проверка времени срабатывания на рабочей уставке;
- Н, К1, В** г) проверка действия устройства на выключатель;
- Н, К1, К, В** д) проверка работоспособности устройства от кнопки опробования.

### **4.23.2. Делительная защита с сетевым резервированием ДМЗ**

- Н, В** а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;

- Н, К1, В б)** проверка напряжений срабатывания и возврата на рабочей уставке;
- Н, К1, В в)** проверка времени срабатывания и возврата на рабочей уставке;
- Н, К1, В г)** проверка действия защиты на выключатели;
- Н, К1, В д)** проверка защиты рабочим напряжением;
- Н, К1, В е)** проверка работоспособности от кнопки опробования.

#### *4.24. Устройства для определения мест повреждения*

##### **4.24.1. Микропроцессорный фиксирующий индикатор ИМФ-1М**

- Н, К1, В а)** внешний осмотр;
- К1, В б)** внутренний осмотр (до окончания гарантийного срока эксплуатации не производится);
- Н, К1, В в)** измерение электрического сопротивления изоляции.  
Измерение сопротивления изоляции между входными цепями тока, напряжения и питания, а также между этими цепями и корпусом производится мегаомметром на напряжение 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 10 МОм.  
Проверка изоляции цепей сигнализации относительно корпуса производится мегаомметром на напряжение 500 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 10 МОм. На остальные цепи какие-либо напряжения подавать не следует;
- Н, К1, В г)** при новом включении, первом профилактическом контроле и восстановлении изоляция между входными цепями тока, напряжения и питания, а также между этими цепями и корпусом должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин.  
При последующих проверках изоляция этих цепей испытывается напряжением 1000 В переменного тока либо мегаомметром на напряжение 2500 В;
- Н, К1 д)** ввод и проверка уставок;
- Н, К1 е)** проверка работоспособности в тестовом режиме и при пробном пуске, точности, самозапуска и правильности выбора поврежденных фаз производится в соответствии с заводской инструкцией. Проверка работоспособности индикатора при отклонении оперативного напряжения в рабочем диапазоне и полном его исчезновении;

**Н, К1, В ж)** проверка работоспособности тестового контроля составных частей устройства при включении питания и после запуска индикатора. Производится в соответствии с заводской инструкцией.

#### **4.24.2.** Микропроцессорный фиксирующий индикатор ИМФ-10

**Н, К1, В а)** внешний осмотр;

**К1, В б)** внутренний осмотр (до окончания гарантийного срока эксплуатации не производится);

**Н, К1, В в)** измерение электрического сопротивления изоляции. Измерение сопротивления изоляции между входными цепями тока, напряжения и питания, а также между этими цепями и корпусом производится мегаомметром на напряжение 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 10 МОм. Проверка изоляции цепей сигнализации относительно корпуса производится мегаомметром на напряжение 500 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм;

**Н, К1, В г)** при новом включении, первом профилактическом контроле и восстановлении изоляция между входными цепями тока, напряжения и оперативными цепями, а также между этими цепями и корпусом должна быть испытана напряжением 1000 В переменного тока. При последующих проверках изоляция этих цепей испытывается напряжением 1000 В переменного тока либо мегаомметром на напряжение 2500 В;

**Н, К1, В д)** проверка возможности ввода уставок (при Н) и вывода на табло индикатора необходимой информации. Ввод рабочих уставок производится в соответствии с заводской инструкцией;

**Н, К1 е)** проверка работоспособности, точности и правильности подключения устройства к сети при пробном пуске, работоспособности индикатора при отключении оперативного напряжения в рабочем диапазоне и полном его исчезновении. Проводится в соответствии с заводской инструкцией.

#### **4.24.3.** Индикаторы ФПТ, ФПН

**Н, В а)** проверка работы устройства питания БЦП;

**Н, В б)** проверка настройки фильтров обратной последовательности;

- Н, К1, В** в) проверка линейности выходной характеристики;
- Н, К1, В** г) настройка коэффициента коррекции тока нагрузки индикатора ФПГ;
- Н, К1, В** д) настройка уставки срабатывания пускового органа;
- Н, К1, В** е) проверка работы блока питания индикаторов исполнения I;
- Н, К1, В** ж) проверка индикатора рабочим током или напряжением;
- Н, К1, К, В** з) проверка работоспособности от кнопки контроля.

#### ***4.25. Устройства блокировки при неисправности цепей напряжения***

##### **4.25.1. Устройства КРБ-11, КРБ-13**

- Н, К1, В** а) проверка механической части и состояния контактных поверхностей;
- Н, К1, В** б) проверка идентичности ветвей фильтра напряжения нулевой последовательности совместно с реле РН измерением напряжения на конденсаторах С1, С2, С3 при подаче напряжения 60 В фаз АО, ВО, СО;
- Н, К1, В** в) проверка напряжения срабатывания и возврата реле РН на рабочей уставке при подаче напряжения фаз АО;
- Н** г) проверка надежности работы контактов реле РН при увеличении напряжения от 0 до 100 В;
- Н, К1, В** д) проверка токов срабатывания и возврата реле РТО на рабочей уставке;
- Н, К1, В** е) проверка надежности работы контактов и отсутствия вибрации при токе от нуля до десятикратного номинального.

#### ***4.26. Устройства сигнализации при однофазных замыканиях на землю***

##### **4.26.7. Устройство УСЗ-2/2**

- Н, К1, В** а) проверка выходного реле РП221;
- Н** б) проверка настройки фильтра основной гармонической составляющей;
- Н** в) проверка тиратрона;
- Н, К1, В** г) проверка токов срабатывания на рабочей уставке;
- Н** д) проверка коэффициента отстройки.

#### **4.26.2. Устройства УСЗ-3, УСЗ-3М**

- Н** а) проверка согласующего трансформатора Тр (для УСЗ-3М);
- Н** б) проверка настройки фильтра основной гармонической составляющей;
- Н, К1, В** в) проверка чувствительности устройства и проверка показаний микроамперметра.

#### **4.27. Устройства защитного отключения АСТРО-УЗО, F-362, F-364, УЗО-М304**

- Н, К, В** а) проверка фиксации органов управления в положениях «Вкл.» и «Откл.»;
- Н, К, В** б) проверка отключения устройства при нажатии кнопки «Тест»;
- Н, К, В** в) измерение значения порога срабатывания (значения отключающего тока);
- Н, К** г) измерение тока утечки электроустановки и сравнение его значения с отключающим током;
- Н, К** д) проверка работоспособности устройства путем имитации тока утечки электроустановки.

#### **4.28. Защиты, встроенные в коммутационные аппараты на напряжение 0,4 кВ**

**4.28.1.** Тепловые и электромагнитные расцепители максимального тока, расцепители независимые и минимального напряжения автоматических выключателей серий АП-50, АК-63, АЕ 2000, АЗ100, ВА, АЗ700

- Н** а) проверка соответствия проекту номинального тока выключателя и теплового расцепителя, тока срабатывания или кратности тока срабатывания электромагнитного расцепителя, номинального напряжения независимого расцепителя или расцепителя минимального напряжения;
- Н, К1, В** б) проверка работоспособности тепловых расцепителей путем прогрузки током от постороннего источника (включение выключателем тока определенной кратности и измерение времени отключения выключателя). На тепловых расцепи-

телях, имеющих регулировку уставки номинального тока расцепителя, проверка выполняется на рабочей уставке;

**Н, К1, В** в) проверка работоспособности электромагнитных расцепителей;

**Н, К1, В** г) проверка работоспособности независимого расцепителя и расцепителя минимального напряжения при использовании расцепителей в схемах РЗА.

#### **4.28.2.** Полупроводниковые расцепители автоматических выключателей серий «Электрон», ВА, АЗ700

**Н** а) проверка соответствия проекту номинального тока выключателя и расцепителя, пределов регулирования уставок по току и времени срабатывания защиты от перегрузки и короткого замыкания;

**Н** б) проверка работоспособности полупроводникового расцепителя и калибровка рабочих уставок тока и времени срабатывания защиты с обратнозависимой от тока характеристикой, калибровка тока и времени срабатывания отсечки для селективных выключателей, для автоматических выключателей серии ВА, установленных в сетях с глухозаземленной нейтралью, калибровка уставок защиты от междуфазных и однофазных КЗ;

**К1, В** в) проверка тока и времени срабатывания защиты от перегрузки, проверка тока и времени срабатывания отсечки на рабочих уставках для селективных выключателей, для автоматических выключателей серии ВА, установленных в сетях с глухозаземленной нейтралью, дополнительная проверка тока и времени срабатывания защиты от однофазных КЗ.

#### **4.28.3.** Электромагнитные расцепители автоматических выключателей серий АВМ, АВ

**Н** а) проверка соответствия проекту номинального рабочего тока, номинального напряжения катушки независимого расцепителя или расцепителя минимального напряжения, рода тока;

**Н, К1, В** б) проверка отсутствия затираний якорей максимальных расцепителей защиты от перегрузки, короткого замыка-

- ния и механического замедлителя расцепления для селективных выключателей нажатием на якорь расцепителя;
- Н** в) калибровка рабочих уставок тока и времени срабатывания защиты с обратной зависимостью от тока характеристикой (защиты от перегрузки), тока и времени срабатывания отсечки для селективных выключателей;
- К1, В** г) проверка тока и времени срабатывания защиты от перегрузки, тока и времени срабатывания отсечки на рабочих уставках для селективных выключателей;
- Н, К1, В** д) проверка работоспособности независимого расцепителя и расцепителя минимального напряжения при использовании расцепителей в схемах РЗА.

#### **4.29. Трансформаторы тока**

- Н, К1, В** а) проверка мегаомметром на 1000 В сопротивления изоляции вторичных обмоток на корпус и между собой;
- Н** б) определение однополярных выводов первичной и вторичной обмоток и их соответствия заводской маркировке (для направленных и дифференциальных защит);
- Н, В** в) снятие вольт-амперных характеристик на рабочей отпайке в трех-пяти точках либо в одной точке при наличии типовой вольт-амперной характеристики;
- Н** г) проверка коэффициента трансформации на всех ответвлениях;
- Н** д) определение сопротивления вторичной нагрузки трансформаторов тока.

#### **4.30. Трансформаторы напряжения**

- Н, В** а) проверка мегаомметром на 1000 В сопротивления изоляции вторичных обмоток на корпус и между собой;
- Н** б) проверка коэффициента трансформации.

#### **4.31. Промежуточные трансформаторы и автотрансформаторы тока**

- Н, К1, В** а) проверка надежности креплений, состояния изоляции выводов обмоток;

- Н, В** б) проверка сопротивления изоляции каждой из обмоток относительно корпуса и между обмотками мегаомметром на 1000 В;
- Н, К1, В** в) проверка рабочим током.

#### 4.32. Блоки питания

##### 4.32.1. Блоки питания БПТ, БПН

- Н, К1, В** а) проверка надежности крепления элементов блоков: трансформаторов, переключателей, выпрямителей и конденсаторов; проверка затяжки винтовых соединений и качества паяк;
- Н** б) проверка исправности диодов измерением их сопротивления в прямом и обратном направлениях;
- Н, К1, В** в) проверка сопротивления изоляции элементов блока и их цепей относительно корпуса и между собой мегаомметром на 1000 В;
- Н, К1, В** г) снятие характеристики холостого хода и нагрузочной характеристики на рабочих уставках;
- Н, К1, В** д) проверка действия элементов защиты и работы электромагнитов отключения (включения) при питании оперативных цепей от блоков питания.

##### 4.32.2. Блоки питания БПНС

- Н, К1, В** а) проверка надежности крепления трансформаторов, переключателей, конденсаторов и силовых полупроводниковых элементов;
- Н** б) проверка качества пайки элементов на печатных платах модулей;
- Н, К1, В** в) проверка сопротивления изоляции цепей блока между собой и относительно корпуса мегаомметром на 1000 В;
- Н, К1, В** г) проверка работы стабилизатора при номинальной нагрузке и изменении трехфазного напряжения питания от 0,5 до 1,1 номинального или двухфазного — от 0,7 до 1,1 номинального;
- Н, К1, В** д) проверка работы элементов защиты и сигнализации блока;



- Н, К1, В е)** проверка блока при параллельной работе с другими блоками питания, а также действия защиты и электромагнитов отключения (включения) при питании оперативных цепей от блоков питания.

#### **4.33. Зарядные устройства и блоки конденсаторов**

- Н, К1, В а)** проверка надежности крепления элементов блоков: трансформаторов, переключателей, выпрямителей, конденсаторов; проверка затяжки всех винтовых соединений и качества паек;
- Н, К1, В б)** проверка механической части и контактных поверхностей реле;
- Н в)** проверка исправности диодов измерением их сопротивления в прямом и обратном направлениях;
- Н г)** проверка исправности конденсаторов с помощью мегаомметра на 500 В;
- Н, К1, В д)** измерение сопротивления изоляции цепей блока между собой и относительно корпуса мегаомметром на 1000 В;
- Н, В е)** проверка напряжения срабатывания и возврата реле на напряжения на рабочей уставке;
- Н, К1, В ж)** проверка напряжения срабатывания и возврата поляризованного реле при подключенной нагрузке;
- Н з)** определение времени заряда конденсаторов, если выключатели снабжены устройствами АПВ;
- Н, К1, В и)** проверка совместной работы блоков конденсаторов и зарядных устройств действием на электромагниты включения (отключения). Определение минимального напряжения заряда, необходимого для четкого срабатывания электромагнита.

#### **4.34. Вторичные цепи управления**

- Н, К1, В а)** внешний осмотр контрольных кабелей, их соединительных муфт, концевых разделок (воронок), рядов зажимов, проводов;
- Н, К1, В б)** контроль наличия заземлений металлических оболочек кабелей, маркировки жил и кабелей;

- Н, К1, К, В** в) измерение сопротивления изоляции (см. пп. 3.1.5, 3.1.7);  
**Н, В** г) испытание изоляции (см. п. 3.1.7).

#### *4.35. Элементы приводов коммутационных аппаратов*

- Н, К1, К, В** а) проверка правильности регулировки блок-контактов привода и состояния контактных поверхностей;  
**Н, В** б) измерение сопротивлений постоянному току электромагнитов управления и контактора электромагнита включения;  
**Н, В** в) проверка напряжения срабатывания электромагнитов управления, за исключением электромагнита включения электромагнитных приводов выключателей;  
**Н, К1, В** г) измерение сопротивления изоляции цепей вторичных соединений привода мегаомметром на 2500 В;  
**Н, К1, В** д) проверка надежной работы привода при 0,9 номинального напряжения оперативного тока на включение и при 0,8 номинального напряжения на отключение;  
**К1** е) проверка надежной работы привода при номинальном напряжении оперативного тока;  
**Н, К1, В** ж) измерение времени готовности привода (для пружинных приводов со встроенным АПВ).

## ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ОТ ЗАДАНЫХ УСТАВОК УСТРОЙСТВ РЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4–35 кВ

### 1. Для устройств РЗА 6–35 кВ

Выдержка времени быстродействующих защит без реле времени	$\pm 0,05$ с
Выдержка времени защит с независимой характеристикой	$\pm 0,01$ с
Выдержка времени защит с зависимой характеристикой:	
в зависимой части (контрольные точки)	$\pm 0,15$ с
в независимой части	$\pm 0,1$ с
Выдержка времени встроенных в привод реле в независимой части (с учетом времени отключения выключателя)	$\pm 0,15$ с
Сопротивление срабатывания дистанционной защиты	$\pm 5$ %
Ток и напряжение срабатывания реле переменного тока и напряжения	$\pm 5$ %
Ток и напряжение срабатывания реле, встроенных в привод	$\pm 5$ %
Мощность срабатывания реле направления мощности переменного тока, напряжение и ток срабатывания реле постоянного тока	$\pm 5$ %
Коэффициент возврата реле:	
не встроенного в привод	$\pm 0,05$
встроенного в привод	$\pm 0,08$
Угол максимальной чувствительности реле направления мощности	$\pm 5$ эл. град.

### 2. Для микропроцессорных устройств РЗА 6–35 кВ

Ток и напряжение срабатывания	$\pm 5$ %
Выдержка времени защит с независимой характеристикой (до 1 с $\pm 20$ мс)	$\pm 2$ %

### 3. Для устройств РЗА 0,4 кВ

Ток срабатывания максимальных расцепителей тока автоматических выключателей серии АВМ  $\pm 10 \%$

Время срабатывания механического замедлителя расцепления селективных автоматических выключателей серии АВМ  $\pm 15 \%$

Ток срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серии АЗ100:

АЗ120  $\pm 20 \%$

АЗ130, АЗ140  $\pm 15 \%$

Ток срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серии АП-50 с уставкой:

$3,5 I_{ном}$   $\pm 15 \%$

$8,0 I_{ном}$   $\pm 20 \%$

$11,0 I_{ном}$  От  $-30$  до  $+15 \%$

Ток срабатывания электромагнитного расцепителя в нулевом проводе автоматических выключателей серии АП-50 От  $-20$  до  $+40 \%$

Ток срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серий АЕ2000, АЗ700  $\pm 15 \%$

Ток срабатывания полупроводниковых расцепителей автоматических выключателей серии АЗ700  $\pm 20 \%$

Время срабатывания полупроводниковых и тепловых расцепителей автоматических выключателей серии АЗ700\*

Ток срабатывания встроенной МТЗ автоматических выключателей серии «Электрон»  $\pm 15 \%$

Время срабатывания встроенной МТЗ автоматических выключателей серии «Электрон»:

в зоне токов перегрузки  $\pm 20 \%$

в зоне токов КЗ  $\pm 15 \%$

Ток срабатывания защит ЗТИ и ЗТ-0,4  $\pm 15 \%$

Время срабатывания защит ЗТИ и ЗТ-0,4  $\pm 30 \%$

Ток срабатывания тепловых расцепителей автоматических выключателей серии АЗ100 при колебаниях температуры окружающей среды на каждые  $10^\circ\text{C}$   $\pm 8 \%$

Ток срабатывания тепловых расцепителей автоматических выключателей серии АП-50 при колебаниях температуры окружающей среды на каждые  $10^\circ\text{C}$   $\pm 7 \%$

\* См. табл. 1.3, П8.1 «Методических указаний по наладке и эксплуатации автоматических выключателей серии АЗ700 на электростанциях и подстанциях» (М.: СПО Союзтехэнерго, 1981).

Ток срабатывания тепловых расцепителей автоматических выключателей серии АЗ700 при колебании температуры окружающей среды на каждые 10 °С  $\pm 5 \%$

Ток срабатывания электромагнитных расцепителей трехполюсных автоматических выключателей серии АК-63 От  $-15$  до  $+25 \%$

Ток срабатывания максимальных расцепителей автоматических выключателей серии ВА  $\pm 20 \%$

Время срабатывания полупроводниковых и тепловых расцепителей автоматических выключателей серий ВА, АЕ2000\*\*

---

\*\* Уточняется по заводской документации на конкретные устройства.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: РД 34.20.501-95. 15-е изд. перераб. и доп. — М.: СПО ОРГРЭС, 1996.

2. Правила устройства электроустановок. 7-е изд., перераб. и доп. — М.: ИД «Энергия», 2012.

3. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. Изд. второе, перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1986.

4. Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями. — М.: СПО ОРГРЭС, 1993.

5. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4–35 кВ: РД 34.35.613-89. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1989.

6. Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110 — 750 кВ: РД 34.35.617-89. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1989.

7. Объем и нормы испытаний электрооборудования: РД 34.45-51.300-97.6-е изд. — М.: ЭНАС, 1998.

8. Типовая инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций: М.: СПО ОРГРЭС, 1991.

9. Инструкция по проверке трансформаторов тока, используемых в схемах релейной защиты. — М.: Энергия, 1977.

10. Инструкция по проверке трансформаторов напряжения и их вторичных цепей. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1979.

11. Инструкция по проверке и наладке реле тока и напряжения серий ЭТ, РТ, ЭН, РН. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1979.

12. Методические указания по наладке и проверке промежуточных указательных реле и реле импульсной сигнализации. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1981.

13. Методические указания по проверке реле времени РВ-100, ЭВ-100, РВ-200, ЭВ-200: МУ 34-70-031-83. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

14. Методические указания по эксплуатации автоматических воздушных выключателей серии АП50. — М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1975.

15. Инструкция по эксплуатации и наладке автоматических осциллографов Н-11 и Н-13. — М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1974.

16. Инструкция по наладке и проверке реле частоты РЧ-1. — М.: СПО ОРГРЭС, 1976.

17. Методические указания по техническому обслуживанию максимальных токовых защит МТЗ-М и ТЗК-1 с магнитными трансформаторами тока. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1981.

18. Методические указания по техническому обслуживанию дистанционной защиты ПЗ-5/1, ПЗ-5/2: МУ 34-70-007-82. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1982.

19. Методические указания по техническому обслуживанию дифференциальных защит с реле серий РНТ и ДЗТ-10: МУ 34-70-038-83. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

20. Методические указания по техническому обслуживанию реле максимального тока серий РТ-80, РТ-90: МУ 34-70-036-83. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

21. Методические указания по техническому обслуживанию реле направления мощности серий РБМ и ИМБ: МУ 34-70-037-83. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

22. Инструкция по эксплуатации газовой защиты: РД 34.35.518-91. — М.: СПО ОРГРЭС, 1992.

23. Методические указания по техническому обслуживанию блоков питания БП-11, БП-1002, БПЗ-401, БПЗ-402: МУ 34-70-060-84. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.

24. Методические указания по техническому обслуживанию фиксирующих индикаторов ЛИФП, ФПТ и ФПН. — М.: СПО ОРГРЭС, 1994.

25. Методические указания по техническому обслуживанию автоматических выключателей серии «Электрон» с полупроводниковыми расцепителями РТМ-1. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1989.

26. Методические указания по техническому обслуживанию реле прямого действия. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1990.

27. Методические указания по наладке и техническому обслуживанию автоматических выключателей серии А 3700. — М.: СПО ОРГРЭС, 1991.

28. Типовое положение о службах релейной защиты и электроавтоматики: РД 153-34.0-04.418-98. — М.: СПО ОРГРЭС, 1998.

29. Методические указания по расчету токов короткого замыкания в сети напряжением до 1 кВ электростанций и подстанций с учетом влияния электрической дуги. — М.: СПО ОРГРЭС, 1993.

30. Сборник руководящих материалов Главтехуправления Минэнерго СССР. Электротехническая часть. Изд. 4-е, перераб. и доп. Ч. 1. — М.: СПО ОРГРЭС, 1992 (разд. 4 «Защита и электроавтоматика»).

31. Информационное письмо 2-84. Реле повторного включения РПВ-01 и РПВ-02. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1984.

32. Информационное письмо ИП-08-97(Э) «О внедрении в эксплуатацию микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики типа БМРЗ и БМАЧР». — М.: РАО «ЕЭС России», 1997.

33. Циркуляр Ц-02-96 «О внедрении экспериментальных методов проверки токов КЗ и защитных характеристик автоматических выключателей присоединений 0,4 кВ электростанций и подстанций». — М.: СПО ОРГРЭС, 1996.

34. Циркуляр Ц-01-96 «О защите от неполнофазных режимов со стороны высшего напряжения подстанций 10-35/0,4 кВ с предохранителями». — М.: СПО ОРГРЭС, 1996.

35. Рекомендации по методам технического обслуживания автоматических выключателей присоединений 0,4 кВ и средств релейной защиты присоединений 6 — 35 кВ с использованием комплектных испытательных устройств серии «САТУРН». — М.: СПО ОРГРЭС, 1994.

36. Методика технического обслуживания и применения фиксирующих индикаторов ИМФ-1, ИМФ-2 и ИМФ-3 для определения мест повреждения в электрических сетях. — М.: СПО ОРГРЭС, 1996.

37. Информационное письмо 3-95 «О внедрении методов проверки защитных характеристик автоматических выключателей присоединений 220 В постоянного тока электростанций и подстанций переменным током». — М.: СПО ОРГРЭС, 1996.

38. Методические указания по наладке и эксплуатации автоматических воздушных выключателей серии АВМ. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.

39. Методические указания по техническому обслуживанию автоматических выключателей серий АЕ-20, АЗ100. — М.: СПО ОРГРЭС, 1991.

40. Методические указания по наладке и эксплуатации автоматических выключателей переменного тока серии «ЭЛЕКТРОН» на электростанциях и подстанциях. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1981.

**ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ  
УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ,  
ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ ДИСТАНЦИОННОГО  
УПРАВЛЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ 110–750 кВ**

**РД 153-34.0-35.617-2001**

УДК 621.316.925(083.96)

*Вводится в действие с 01.03.2001 г.*

**Разработано** Открытым акционерным обществом «Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС»

**Исполнители** В.А. БОРУХМАН, В.С. ГОНЧАРОВА, А.В. ГРИГОРЬЕВ, Н.П. САНТУРЯН

**Утверждено** Департаментом научно-технической политики и развития РАО «ЕЭС России» 20.01.2001 г.

Первый заместитель начальника А.П. ЛИВИНСКИЙ

ВНЕСЕНО Изменение №1, утвержденное первым заместителем начальника Департамента НТПиР РАО «ЕЭС России» А.П. ЛИВИНСКИМ 29.06.2001 г., Изменение №2, утвержденное Первым заместителем начальника Департамента научно-технической политики и развития ОАО РАО «ЕЭС России» А.В. БОБЫЛЕВЫМ 29.04.2004 г.

*Вводится в действие с 01.09.2001 г.*

Настоящие Правила обязательны для работников, занимающихся наладкой и эксплуатацией устройств релейной защиты и электроавтоматики (РЗА) на предприятиях Межсистемных электрических сетей (МЭС) и АО-энерго, на электростанциях РАО «ЕЭС России».

Правила определяют виды, периодичность, программы и объемы технического обслуживания устройств РЗА, дистанционного управления и сигнализации (далее — устройств РЗА), высокочастотных каналов релейной защиты, трансформаторов тока и напряжения.



При составлении настоящих Правил были использованы «Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110–750 кВ: РД 34.35.617-89», а также предложения и материалы ряда энергосистем, электростанций, предприятий электрических сетей, организаций-разработчиков и изготовителей устройств РЗА.

С выходом настоящих Правил «Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110–750 кВ: РД 34.35.617-89» (М.: СПО Союзтехэнерго, 1989) считаются утратившими силу.

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**1.1.** Настоящие Правила обязательны для работников, занимающихся наладкой и эксплуатацией устройств релейной защиты и электроавтоматики (РЗА) на предприятиях Межсистемных электрических сетей (МЭС) и АО-энерго, на электростанциях РАО «ЕЭС России».

**1.2.** Правила определяют виды, периодичность и программы технического обслуживания устройств РЗА, дистанционного управления и сигнализации (далее — устройств РЗА), а также объемы технического обслуживания типовых панелей, шкафов, комплектов, блоков и аппаратов устройств РЗА, высокочастотных каналов релейной защиты, трансформаторов тока и напряжения.

**1.3.** Методики проверок и испытаний устройств и аппаратов приведены в методических указаниях и инструкциях, которыми следует пользоваться при проведении технического обслуживания (приложение 1).

## 2. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ РЗА

### 2.1. Основные понятия и термины в области надежности РЗА

**2.1.1. Надежностью** называется свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

**2.1.2. Работоспособным состоянием** называется такое состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

**2.1.3. Отказом** называется событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Если отказы полностью отсутствуют, то объект обладает стопроцентной надежностью. Однако любой реальный объект независимо от принятой системы технического обслуживания подвержен отказам.

Целесообразно выделить следующие характерные виды отказов объекта, разделив их на две группы:

- по возможности прогнозировать наступление отказа — постепенные отказы и внезапные отказы;

- по времени возникновения отказа — приработочные отказы, отказы периода нормальной эксплуатации и деградационные отказы.

При этом отказы второй группы могут носить как постепенный, так и внезапный характер.

**Постепенные отказы** возникают в результате постепенного изменения одного или нескольких параметров объекта или состояния его элементов из-за протекания различных механических, физических и химических процессов с течением времени эксплуатации.

В устройствах РЗА к этим процессам относятся: запыление внутренних деталей реле, образование нагара и раковин на контактах, разрегулировка механической части реле, ослабление винтовых кон-

тактных соединений, снижение сопротивления изоляции, уход характеристик устройства или его отдельных узлов и элементов и т.п. При проведении своевременных профилактических мероприятий указанные изменения параметров или состояния устройства и его элементов могут быть обнаружены принятыми методами контроля и диагностики, а возможные отказы предотвращены регулировкой, заменой или восстановлением элементов.

**Внезапные отказы** характеризуются скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров объекта. Причинами внезапных отказов могут являться скрытые дефекты, а также механические, физические и химические процессы, которые могут протекать во времени достаточно медленно, но в отличие от постепенных отказов наступление внезапного отказа не может быть предсказано принятыми методами контроля и диагностики.

Характерной причиной такого отказа может быть, например, снижение сопротивления межвитковой изоляции обмотки реле.

**Приработочные отказы**, происходящие в начальный период эксплуатации, вызываются в основном недостатками технологии производства и недостаточным контролем качества комплектующих изделий и объектов в целом при их изготовлении. Для устройств РЗА причинами приработочных отказов могут быть также ошибки при монтаже и наладке, некачественное проведение наладки и т.п.

Приработочные отказы для аппаратуры непрерывного действия обычно устраняются в процессе приработки, т.е. работы аппаратуры в течение определенного времени в условиях, близких к эксплуатационным. Для устройств, действующих достаточно редко, к которым относятся и устройства РЗА, период приработки может быть длительным. По мере выявления и устранения дефектных элементов количество приработочных отказов в единицу времени уменьшается.

**Отказы периода нормальной эксплуатации** происходят после окончания периода приработки, но до наступления периода деградиационных отказов. Это наиболее длительный период общего времени эксплуатации, в котором количество отказов в единицу времени практически постоянно и имеет наименьшее значение.

**Деградиационные отказы** вызываются естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и норм проектирования, изготовления и эксплуатации. Эти отказы происходят, когда объект в целом или его отдельные элементы приближаются к предельному состоянию по условиям старения или износа в конце полного или межремонтного срока службы. При правильной организации технического обслуживания эти от-

казы в основном могут быть предотвращены своевременной заменой или восстановлением элементов. При этом период замены (восстановления) должен быть меньше среднего времени старения (износа) элемента. Если своевременная замена (восстановление) не производится, то количество деградационных отказов в единицу времени начинает нарастать.

Потеря работоспособности устройств может произойти и из-за ошибок персонала при их техническом или оперативном обслуживании, а также быть следствием воздействия внешних факторов, значение которых выходит за пределы, установленные нормативно-технической документацией, или непредусмотренного этой документацией одновременного воздействия нескольких внешних факторов, значение каждого из которых не выходит за установленные пределы. При этом потеря работоспособности может иметь характер как внезапного, так и постепенного отказа в любой период эксплуатации.

**2.1.4. Приработочные отказы**, отказы периода нормальной эксплуатации и деградационные отказы являются случайными событиями, но подчиняются различным общим закономерностям случайных событий.

Последовательность случайных событий во времени называется **потоком событий**. Поэтому последовательность отказов называется **потоком отказов**. Одной из характеристик потока отказов для ремонтируемых изделий, к которым относятся и устройства релейной защиты, является **параметр потока отказов** — вероятное количество отказов в единицу времени.

В начальный период эксплуатации, **в период приработки**, параметр потока отказов уменьшается по мере выявления и устранения дефектов.

После окончания периода приработки начинается **период нормальной эксплуатации**, в котором параметр потока отказов является практически постоянным. За периодом нормальной эксплуатации наступает **период деградации** (старения и износа), в котором параметр потока отказов начинает возрастать.

Приработочные отказы устраняются в период приработки путем замены отказавших элементов и устранения выявленных неисправностей.

Для предотвращения деградационных отказов необходима своевременная профилактическая замена (восстановление) элемента, даже если он не отказал, в конце периода нормальной эксплуатации.

Внезапные отказы в общем случае не могут быть предотвращены заменой элементов в период нормальной эксплуатации. Наоборот, за-

мена исправных элементов может увеличить параметр потока отказов за счет появления приработочных отказов у вновь установленных элементов. Следует отметить, что ряд изложенных ниже особенностей релейной защиты с точки зрения надежности определяет специфический подход к профилактике внезапных отказов устройств релейной защиты.

**2.1.5.** Устройства релейной защиты (в отличие от устройств непрерывного действия) могут быть отнесены к устройствам со статической готовностью к действию. Релейная защита выполняет свои функции **по требованию**, которым является короткое замыкание или иное нарушение нормального режима защищаемого оборудования. Поэтому необходимо различать **отказ устройства** защиты как событие утраты работоспособности и **отказ функционирования** как событие невыполнения заданной функции при возникновении соответствующего требования. Отказ устройства происходит, как правило, не одновременно с возникновением требования к функционированию и, следовательно, отказ функционирования может быть предотвращен, если в интервале между моментом возникновения отказа и моментом возникновения требования проведены профилактические работы. Поэтому поток отказов функционирования зависит не только от потока отказов устройства, но и от организации технического обслуживания, а также от качества его проведения.

Кроме того, поскольку отказ устройства может превратиться в отказ функционирования лишь при возникновении требования к функционированию, поток отказов функционирования зависит и от **потока требований к функционированию**.

## *2.2. Виды технического обслуживания устройств РЗА*

**2.2.1.** Период эксплуатации или срок службы устройства до списания определяется моральным либо физическим износом устройства до такого состояния, когда восстановление его становится нерентабельным. В срок службы устройства, начиная с проверки при новом включении, входит, как правило, несколько межремонтных периодов, каждый из которых может быть разбит на характерные с точки зрения надежности этапы: период приработки, период нормальной эксплуатации и период износа.

Устанавливаются следующие виды планового технического обслуживания устройств РЗА:

- проверка при новом включении (наладка);
- первый профилактический контроль;

профилактический контроль;  
профилактическое восстановление (ремонт);  
тестовый контроль;  
опробование;  
технический осмотр.

Кроме того, в процессе эксплуатации могут проводиться следующие виды внепланового технического обслуживания:

внеочередная проверка;  
послеаварийная проверка.

**2.2.2.** Проверки при новом включении устройств РЗА, в том числе вторичных цепей, измерительных трансформаторов и элементов приводов коммутационных аппаратов, относящихся к устройствам РЗА, проводятся:

перед включением вновь смонтированных устройств;  
после реконструкции действующих устройств, связанной с установкой новой дополнительной аппаратуры, переделкой находящейся в работе аппаратуры, или после монтажа новых вторичных цепей.

Если проверка при новом включении проводилась сторонней наладочной организацией, включение новых и реконструированных устройств без приемки их службой РЗАИ запрещается.

**2.2.3.** Задачей технического обслуживания в период приработки с учетом особенностей релейной защиты является как можно более быстрое выявление прирабочных отказов и предотвращение отказов функционирования по этой причине.

Для устройств РЗА прирабочные отказы наиболее характерны в начальный период эксплуатации. В остальные межремонтные периоды они возникают значительно реже.

Период приработки устройства релейной защиты начинается с проведения наладочных работ перед включением устройства в эксплуатацию, которые при тщательном их выполнении обеспечивают выявление и устранение большей части прирабочных отказов. Однако всегда имеется вероятность, что какие-то дефекты не будут обнаружены или появятся после проведения наладки. Кроме того, при наладке могут не проявиться скрытые дефекты элементов, которые выявятся спустя некоторое время после ввода устройства в эксплуатацию. К ним могут быть отнесены, например, ослабленная межвитковая изоляция обмоток реле и трансформаторов, наличие надломов в проволочных сопротивлениях, скрытые дефекты в радиоэлектронной аппаратуре.

Таким образом, с окончанием наладочных работ и вводом устройства в эксплуатацию период приработки не может считаться закон-

ченным. Необходимо проведение через некоторое время после наладки еще одной проверки, после которой с достаточно большой вероятностью можно считать, что приработочные отказы выявлены и устранены. Такая проверка названа первым профилактическим контролем. Срок проведения этого контроля определяется в основном двумя противоречивыми факторами. С одной стороны, необходимо некоторое время для проявления скрытых дефектов и, следовательно, чем больше это время, тем вероятнее их проявление. С другой стороны, с увеличением интервала между включением устройства в эксплуатацию и первым профилактическим контролем увеличивается вероятность отказа функционирования устройства.

**2.2.4.** Задачей технического обслуживания в период деградации является своевременное профилактическое восстановление или замена изношенных элементов устройства с тем, чтобы предотвратить резкое возрастание параметра потока отказов. Соответствующий вид технического обслуживания с учетом ремонтпригодности подавляющего большинства элементов устройств релейной защиты назван профилактическим восстановлением.

Периодичность профилактического восстановления устройства определяется периодичностью восстановления его элементов, которая в свою очередь определяется ресурсом этих элементов. Ресурс различных элементов неодинаков, однако, учитывая специфику условий эксплуатации устройств РЗА, приходится совмещать сроки профилактических восстановлений разных элементов, подверженных различным по скорости процессам старения (износа).

Периодичность профилактического восстановления устройства РЗА целесообразно определять ресурсом большей части аппаратуры и элементов этого устройства.

Для быстроизнашивающихся электромеханических реле (имеющих малый ресурс) восстановление проводится также и при проведении очередного профилактического контроля. Перечень аппаратуры, имеющей пониженный ресурс, приведен в примечании 2 к таблице (см. п. 2.3.13).

**2.2.5.** Задачей технического обслуживания в период нормальной эксплуатации, т.е. между двумя восстановлениями, является выявление и устранение возникших отказов и изменений параметров устройства с целью предотвращения возможных отказов функционирования. Соответствующие виды технического обслуживания называются профилактическим контролем и тестовым контролем.

Профилактический контроль заключается в проверке работоспособности всего устройства РЗА.



Тестовый контроль как дополнительный вид технического обслуживания применяется для микроэлектронных и микропроцессорных устройств, имеющих соответствующие встроенные средства. При тестовом контроле осуществляется, как правило, проверка работоспособности части устройства.

Периодичность профилактического и тестового контроля определяется рядом факторов:

- параметром потока отказов;
- параметром потока требований к функционированию;
- ущербом от отказа функционирования устройства РЗА;
- затратами на проведение профилактического контроля;
- вероятностью ошибок персонала в процессе проведения профилактического контроля.

Кроме профилактического контроля, в период нормальной эксплуатации предусмотрено при необходимости проведение периодических **опробований** (см. п. 2.3.12).

Назначением периодических опробований является дополнительная проверка работоспособности наименее надежных элементов устройств РЗА: реле времени с часовым механизмом, технологических датчиков, приводов коммутационных аппаратов (исполнительных механизмов).

**2.2.6.** При частичном изменении схем или реконструкции устройств РЗА, при восстановлении цепей, нарушенных в связи с ремонтом другого оборудования, при необходимости изменения уставок или характеристик реле и устройств проводятся **внеочередные проверки**.

**Послеаварийные проверки** проводятся для выяснения причин отказов функционирования или неясных действий устройств РЗА.

Периодически должны проводиться внешние **технические осмотры** аппаратуры и вторичных цепей, проверка положения переключающих устройств и испытательных блоков.

## **2.3. Периодичность технического обслуживания устройств РЗА**

**2.3.1.** Все устройства РЗА, включая вторичные цепи, измерительные трансформаторы и элементы приводов коммутационных аппаратов, относящиеся к устройствам РЗА, должны периодически подвергаться техническому обслуживанию.

В зависимости от типа устройств РЗА и условий их эксплуатации в части воздействия различных факторов внешней среды цикл технического обслуживания установлен от трех до восьми лет.

Под циклом технического обслуживания понимается период эксплуатации устройств между двумя ближайшими профилактическими восстановлением, в течение которого выполняются в определенной последовательности установленные виды технического обслуживания, предусмотренные настоящими Правилами.

**2.3.2.** Для устройств РЗА подстанций 110–750 кВ, в том числе повысительных подстанций электростанций, цикл технического обслуживания принят равным восьми годам для устройств на электромеханической элементной базе и шести годам — на микроэлектронной и микропроцессорной базе<sup>1</sup>.

**2.3.3.** Для устройств РЗА электрических станций цикл технического обслуживания зависит от категорий помещений, в которых они установлены.

К I категории относятся сухие отапливаемые помещения с наличием незначительной вибрации и запыленности, в которых отсутствуют ударные воздействия (ГЩУ, БЩУ, релейные щиты).

Помещения II категории характеризуются большим диапазоном колебаний температуры окружающего воздуха, незначительной вибрацией, наличием одиночных ударов, возможностью существенного запыления (панели РУСН 0,4 кВ, релейные отсеки КРУ 6 кВ).

Помещения III категории характеризуются наличием постоянной большой вибрации (камера АГП, зоны вблизи вращающихся машин).

Цикл технического обслуживания устройств РЗА в зависимости от категории помещения, где установлено устройство, принят равным соответственно восьми, шести и трем годам.

Цикл технического обслуживания расцепителей автоматических выключателей всех типов принят равным шести годам.

Для неотвественных присоединений напряжением 0,4–6 кВ электростанций продолжительность цикла технического обслуживания устройств дистанционного управления и сигнализации может быть увеличена вдвое по сравнению с продолжительностью цикла технического обслуживания устройств РЗА этих присоединений (но не более чем до восьми лет).

**2.3.4.** Установленная в пп. 2.3.2 и 2.3.3 продолжительность цикла технического обслуживания устройств РЗА решением главного инженера предприятия может быть увеличена или сокращена в зависимости от конкретных условий эксплуатации, длительности эксплуатации с момента ввода в работу, фактического состояния каждого конкретного устройства, а также квалификации обслуживающего персонала МС

---

<sup>1</sup> К устройствам на микроэлектронной базе отнесены устройства, измерительная и логическая части которых в основном или полностью выполнены на интегральных микросхемах.

РЗАИ. Для устройств РЗА главной схемы электростанций, оборудования и линий электропередачи подстанций, находящихся в ведении или управлении диспетчера энергосистемы, это решение должно быть согласовано со службой РЗА АО-энерго, для остальных устройств РЗА такое согласование не требуется.

**2.3.5.** Допускается с целью совмещения проведения технического обслуживания устройств РЗА с ремонтом основного оборудования перенос запланированного вида технического обслуживания на срок до двух лет.

**2.3.6.** При трехлетней продолжительности цикла технического обслуживания профилактический контроль между профилактическими восстановлением, как правило, не должен проводиться.

**2.3.7.** Первый профилактический контроль устройств РЗА, дистанционного управления и сигнализации должен проводиться через 10–15 мес. после включения устройства в эксплуатацию. Для устройств РЗА энергоблоков проведение первого профилактического контроля совмещается с первым капитальным ремонтом оборудования.

**2.3.8.** Для таких устройств вторичных соединений, как дистанционное управление, сигнализация, блокировка, проводятся только профилактические восстановления, опробования и осмотры с периодичностью, установленной для соответствующих устройств РЗА.

**2.3.9.** Тестовый контроль для устройств на микроэлектронной базе должен проводиться не реже одного раза в 12 мес.

**2.3.10.** Для устройств РЗА на микроэлектронной базе встроенными средствами тестового контроля, как правило, должна предусматриваться тренировка перед первым включением в эксплуатацию. Тренировка заключается в подаче на устройство на 3–5 сут. оперативного тока и при возможности рабочих токов и напряжений; устройство при этом должно быть включено с действием на сигнал. По истечении срока тренировки следует произвести тестовый контроль устройства, и при отсутствии каких-либо неисправностей устройство РЗА перевести на отключение.

При невозможности проведения тренировки первый тестовый контроль должен быть проведен в срок до двух недель после ввода в эксплуатацию.

**2.3.11.** Периодичность технических осмотров аппаратуры и вторичных цепей устанавливается МС РЗАИ в соответствии с местными условиями, но не реже двух раз в год.

**2.3.12.** Опробование устройств АВР механизмов СН ТЭС должно проводиться оперативным персоналом не реже одного раза в шесть месяцев, а устройств АВР вводов питания СН — не реже одного раза

## Периодичность проведения технического обслуживания устройств РЗА

Наименование	Цикл ТО, лет	Количество лет эксплуатации																
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Устройства РЗА элементов подстанций 110–750 кВ: электрохимические микроэлектронные и микропроцессорные	8	Н	К1	-	-	К	-	-	В	-	-	К	К	-	-	-	-	В
	6	Н	К1	-	К	-	В	-	В	-	К	-	-	В	-	-	К	-
Устройства РЗА элементов электростанций, установленные в помещениях:																		
I категории (ТЩУ, БЩУ, релейные щиты):																		
электрохимические	8	Н	К1	-	-	К	-	-	В	-	-	-	К	-	-	-	-	В
микроэлектронные и микропроцессорные	6	Н	К1	-	К	-	В	-	В	-	К	-	-	В	-	-	К	-
II категории (КРУ 6–10 кВ, РУСН 0,4 кВ) — устройства всех типов	6	Н	К1	-	К	-	В	-	В	-	К	-	-	В	-	-	К	-
III категории (повышенная вибрация) — устройства всех типов	3	Н	К1	-	В	-	В	-	В	-	В	-	-	В	-	-	В	-
Расцепители автоматических выключателей до 1000 В	6	Н	К1	-	-	-	В	-	-	-	-	-	В	-	-	-	-	-

### Примечания:

1. Условные обозначения: ТО — техническое обслуживание; Н — проверка (наладка) при новом включении; К1 — первый профилактический контроль; В — профилактическое восстановление; К — профилактический контроль.
2. В объем профилактического контроля устройств РЗА входит в обязательном порядке восстановление реле серий РТ-80, РТ-90, ИТ-80, ИТ-90, РТ-40/Р, ЭВ-100, ЭВ-200, РПВ-58, РПВ-258, РТВ, РВМ, РП-8, РП-11, РП-18.
3. Периодичность тестового контроля (Т) отражена в п. 2.3.9, а опробования (О) — в п. 2.3.12.

в год. Опробование устройств АПВ линий электропередачи должно проводиться не реже одного раза в год.

Необходимость и периодичность проведения опробований других устройств РЗА определяются местными условиями и утверждаются решением главного инженера предприятия.

Правильная работа устройств в трехмесячный период до намеченного срока может быть засчитана за проведение очередного опробования.

**2.3.13.** Периодичность проведения предусмотренных настоящими Правилами видов технического обслуживания приведена в таблице.

Указанные в таблице циклы технического обслуживания относятся к периоду эксплуатации устройств РЗА в пределах полного срока службы. Техническими условиями на устройства РЗА на электромеханической и микроэлектронной базе средний полный срок службы установлен равным 12 годам.

По опыту эксплуатации фактический срок службы устройств РЗА на электромеханической элементной базе при нормальных условиях эксплуатации и проведении установленного технического обслуживания составляет не менее 25 лет. По микроэлектронным устройствам такого опыта пока нет.

Эксплуатация устройств РЗА сверх установленных сроков службы возможна при удовлетворительном состоянии аппаратуры и соединительных проводов этих устройств и при необходимости сокращения цикла технического обслуживания (см. п. 2.3.4).

### 3. ПРОГРАММЫ РАБОТ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ УСТРОЙСТВ РЗА

Настоящие программы составлены на все виды планового технического обслуживания устройств РЗА, предусмотренные в разд. 2 Правил.

Программы являются общими для всех устройств РЗА электростанций, подстанций и ВЛ 110–750 кВ и определяют последовательность и объемы работ при проверках этих устройств.

Объемы работ при техническом обслуживании устройств, узлов и элементов устройств РЗА приведены в разд. 4 настоящих Правил, а методика их проверок — в инструкциях и методических указаниях (см. приложение 1).

Объемы и особенности работ при техническом обслуживании микропроцессорных устройств РЗА приведены в разд. 5.

#### 3.1. Новое включение

**3.1.1.** Подготовительные работы включают:

- а) подготовку необходимой документации (принятых к исполнению схем, заводской документации на реле и оборудование, инструкций, форм протоколов, уставок защит и автоматики, программ и т.п.);
- б) подготовку испытательных устройств, измерительных приборов, соединительных проводов, запасных частей и инструмента;
- в) допуск к работе;
- г) отсоединение всех цепей связи на рядах зажимов проверяемого устройства (панели, шкафа и т.п.) с другими устройствами.

**3.1.2.** При внешнем осмотре производится чистка кожухов аппаратуры, монтажных проводов и рядов зажимов от пыли.

При осмотре проверяются:

- а) выполнение требований, ПТЭ и других руководящих документов, относящихся к налаживаемому устройству и к отдельным его узлам, а также соответствие проекту установленной аппаратуры и контрольных кабелей;
- б) надежность крепления и правильность установки панели, шкафа, ящика, аппаратуры;

- в) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры;
- г) качество окраски панелей, шкафов, ящиков и других элементов устройства;
- д) состояние монтажа проводов и кабелей, контактных соединений на рядах зажимов, ответвлениях от шин, шпильках реле, испытательных блоках, резисторах, а также надежность паяк всех элементов;
- е) правильность выполнения концевых разделок контрольных кабелей, уплотнений проходных отверстий;
- ж) состояние уплотнений дверок шкафов, кожухов вторичных выводов трансформаторов тока и напряжения и т.п.;
- з) состояние и правильность выполнения заземлений цепей вторичных соединений и металлоконструкций;
- и) состояние электромагнитов управления и блок-контактов разъединителей, выключателей, автоматов и другой коммутационной аппаратуры;
- к) наличие и правильность надписей на панелях, шкафах, ящиках и аппаратуре, наличие и правильность маркировки кабелей, жил кабелей, проводов.

**3.1.3.** Проверка соответствия проекту смонтированных устройств включает:

- а) фактическое исполнение соединений между кассетами, блоками, модулями, реле, переключателями и другими элементами на панелях, в шкафах, ящиках с одновременной проверкой правильности маркировки.

**Примечание.**

Проверка правильности соединений для номенклатурных устройств РЗА изготовления ЧЭАЗ может не проводиться;

- б) фактическое исполнение всех цепей связи между проверяемым устройством и другими устройствами РЗА, управления, сигнализации. Одновременно проводится проверка правильности маркировки жил кабелей.

**3.1.4.** При внутреннем осмотре и проверке механической части аппаратуры производятся:

- а) проверка состояния уплотнения кожухов и целости стекол;
- б) проверка наличия и целости деталей, правильности их установки и надежности крепления;
- в) чистка от пыли и посторонних предметов;

- г) проверка надежности контактных соединений и паяк (которые можно проверить без разборки элементов, узла);
- д) проверка затяжки болтов, стягивающих сердечники трансформаторов, дросселей и т.п.;
- е) проверка состояния изоляции соединительных проводов и обмоток аппаратуры;
- ж) проверка состояния контактных поверхностей;
- з) проверка механических характеристик аппаратуры (люфтов, зазоров, провалов, растворов, прогибов и пр.).

**3.1.5.** Предварительная проверка сопротивления изоляции состоит из измерения сопротивления изоляции отдельных узлов устройств РЗА (трансформаторов тока и напряжения, приводов коммутационных аппаратов, контрольных кабелей, панелей защит и т.д.).

Измерение производится мегаомметром на 1000 В:

- а) относительно земли;
- б) между отдельными группами электрически не связанных цепей (тока, напряжения, оперативного тока, сигнализации);
- в) между фазами в токовых цепях, где имеются реле или устройства с двумя и более первичными обмотками;
- г) между жилами кабеля газовой защиты;
- д) между жилами кабеля от трансформаторов напряжения до автоматических выключателей или предохранителей.

**Примечания:**

1. Элементы, не рассчитанные на испытательное напряжение 1000 В при измерении по п. 3.1.5, а, б, исключаются из схемы.

2. Измерение сопротивления изоляции цепей 24 В и ниже устройств РЗА на микроэлектронной и микропроцессорной базе производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя. При отсутствии таких указаний проверяется отсутствие замыкания этих цепей на землю омметром на напряжение до 15 В.

**3.1.6.** Объемы проверки электрических характеристик конкретных устройств, комплектов и аппаратов при техническом обслуживании приведены в разд. 4 настоящих Правил. Работы по проверке электрических характеристик должны завершаться выставлением и проверкой уставок и режимов, задаваемых службами РЗА.

**3.1.7.** Проверка взаимодействия элементов устройства выполняется при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения. Правильность взаимодействия реле защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации проверяется в соответствии с принципиальной схемой при срабатывании или возврате реле (от руки).

Особое внимание при проверке следует обращать на:



- а) отсутствие обходных цепей;
- б) правильность работы устройства при различных положениях накладок, переключателей, испытательных блоков, рубильников и т.д.;
- в) исключение возможности воздействия на устройства и коммутационные аппараты других присоединений.

Для устройств на микроэлектронной базе проверка взаимодействия элементов производится с помощью устройства тестового контроля.

После окончания проверки производится подключение жил кабелей, связывающих проверяемое устройство с другими устройствами, к рядам зажимов проверяемого устройства, за исключением цепей связи с устройствами, находящимися в работе (см. п. 3.1.10). Подключаемые жилы кабелей с противоположной стороны должны быть отключены.

**3.1.8.** Измерение и испытание изоляции устройств в полной схеме производятся при закрытых кожухах, крышках, дверцах и т.д.

До и после испытания электрической прочности изоляции производится измерение сопротивления изоляции мега-омметром на 1000 В относительно земли каждой из групп электрически не связанных цепей вторичных соединений. Испытание электрической прочности изоляции производится напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин. относительно земли (см. примечания к п. 3.1.5).

**3.1.9.** Комплексная проверка устройств проводится при номинальном напряжении оперативного тока при подаче на устройство параметров аварийного режима от постороннего источника и полностью собранных цепях устройств при закрытых кожухах реле, при этом возможность воздействия на другие устройства РЗА и коммутационные аппараты должна быть исключена.

При комплексной проверке производится измерение полного времени действия каждой из ступеней устройства, в том числе по цепям ускорения, и проверяется правильность действия сигнализации.

Ток и напряжение, соответствующие аварийному режиму, подаются на все ступени и фазы (или все комбинации фаз) проверяемого устройства и должны соответствовать ниже — приведенным:

- а) для защит максимального действия — 0,9 и 1,1 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания во втором случаях; для контроля времени действия — ток или напряжение, равные 1,3 уставки срабатывания.

Для защит с зависимой характеристикой проверяются две-три точки характеристики.

Для токовых направленных защит подается номинальное напряжение с фазой, обеспечивающей срабатывание реле направления мощности.

Для дифференциальных защит ток подается поочередно в каждое из плеч защиты;

- б) для защит минимального действия — 1,1 и 0,9 уставки срабатывания для контроля несрабатывания защиты в первом и срабатывания во втором случаях; для контроля времени действия — ток или напряжение, равные 0,8 уставки срабатывания.

Для дистанционных защит временная характеристика снимается для значений сопротивлений, равных  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ;  $0,9Z_3$ ;  $1,1Z_3$ . Регулирование выдержки времени второй и третьей ступеней производится при сопротивлениях, равных соответственно  $1,1Z_1$  и  $1,1Z_2$ . Регулирование выдержки времени первой ступени (при необходимости) производится при сопротивлении  $0,5Z_1$ .

Проверяется правильность поведения устройств при имитации всех возможных видов КЗ в зоне и вне зоны действия устройства.

**3.1.10.** Проверка взаимодействия проверяемого устройства с другими включенными в работу устройствами защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации и действия устройства на коммутационные аппараты (при номинальном напряжении оперативного тока), а также восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами, находящимися в работе, производится по утвержденной программе.

После проверки действия проверяемого устройства на коммутационные аппараты работы в цепях связи его с коммутационными аппаратами и другими устройствами не должны производиться.

**3.1.11.** Проверка устройств рабочим током и напряжением является окончательной проверкой схемы переменного тока и напряжения, правильности включения и поведения устройств.

Перед проверкой устройств выполняются:

- осмотр всех реле, блоков, модулей, других аппаратов, рядов зажимов и перемычек на них;
- проверка наличия заземлений в соответствующих цепях;
- установка накладок, переключателей, испытательных блоков и других оперативных элементов в положения, при которых исключается воздействие проверяемого устройства на другие устройства и коммутационные аппараты;
- проверка целостности токовых цепей (от нагрузочных устройств, от генератора на короткую, вторичными токами и т.п.), а также

правильности сборки токовых цепей дифференциальных защит генераторов и трансформаторов, токовых фильтровых защит.

При проверке рабочим током и напряжением проводятся:

- а) проверка исправности всех токовых цепей измерением вторичных токов нагрузки в фазах и целости нулевого провода;
- б) проверка исправности и правильности подключения цепей напряжения.

Цепи напряжения проверяются в следующем объеме:

измерение на ряде зажимов линейных и фазных напряжений и напряжения нулевой последовательности (измерение напряжения нулевой последовательности дополнительно производится непосредственно на выводах реле);

проверка чередования фаз напряжения;

проверка фазировки цепей напряжения проверяемого присоединения;

- в) проверка правильности подключения цепей тока каждой группы трансформаторов тока снятием векторной диаграммы и сверкой ее с фактическим направлением мощности в первичной цепи;
- г) проверка работы устройств блокировки при неисправности цепей напряжения поочередным отключением на ряде зажимов панели каждой из фаз, двух и трех фаз одновременно, а также нуля (для тех типов блокировок, где это требуется);
- д) проверка правильности работы и небалансов фильтров тока и напряжения прямой, обратной и нулевой последовательностей, а также комбинированных фильтров;
- е) проверка правильности включения реле направления мощности и направленных реле сопротивления;
- ж) проверка правильности сборки токовых цепей дифференциальных защит измерением токов (напряжений) небалансов;
- з) заключительная проверка правильности включения дифференциально-фазных защит, защит с ВЧ блокировкой, продольно-дифференциальных защит (в соответствии с объемами технического обслуживания конкретных типов устройств).

Комплексная проверка устройств РЗА генераторов и блоков генератор-трансформатор производится в соответствии с действующими Указаниями по проведению комплексных испытаний генераторов и блоков генератор-трансформатор на электростанциях.

**3.1.12.** При подготовке устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации к включению выполняются:

- а) повторный осмотр реле, режим которых изменялся при проверке рабочим током и напряжением;
- б) проверка положения сигнальных элементов указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других устройств, которыми оперирует дежурный персонал, а также перемычек на рядах зажимов;
- в) проверка показаний приборов ВЧ приемопередатчиков, контрольных устройств и т.п.;
- г) инструктаж дежурного персонала по вводимым в работу устройствам и особенностям их эксплуатации, сдача этих устройств и инструкций по их обслуживанию дежурному персоналу;
- д) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу. Оформление паспортов-протоколов устройства.

### **3.2. Первый профилактический контроль**

#### **3.2.1.** Подготовительные работы включают:

- а) подготовку необходимой документации (исполнительных схем, действующих инструкций, паспортов-протоколов, рабочих тетрадей, карт уставок защит и автоматики, программ);
- б) подготовку испытательных устройств, измерительных приборов, соединительных проводов, запасных частей и инструмента;
- в) допуск к работе и принятие мер против возможности воздействия проверяемого устройства на другие устройства.

#### **3.2.2.** При внешнем осмотре производится чистка кожухов аппаратуры, монтажных проводов и рядов зажимов от пыли.

При осмотре проверяются:

- а) надежность крепления панели, шкафа, ящика, аппаратуры;
- б) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры;
- в) состояние монтажа проводов и кабелей, надежность контактных соединений на рядах зажимов, ответвлениях от шин, шпильках реле, испытательных блоках, резисторах, а также надежность паяк всех элементов;
- г) состояние уплотнений дверок шкафов, кожухов вторичных выводов трансформаторов тока и напряжения и т.п.;
- д) состояние электромагнитов управления и блок-контактов разъединителей, выключателей, автоматов и другой коммутационной аппаратуры;

- е) состояние заземления вторичных цепей;
- ж) наличие и правильность надписей на панелях и аппаратуре, наличие маркировки кабелей и проводов.

**3.2.3.** Предварительная проверка заданных уставок проводится (при закрытых кожухах) с целью определения работоспособности элементов и отклонения значений уставок от заданных.

Допустимые значения максимальных отклонений уставок защит от заданных приведены в приложении 2.

Если при проверке уставок их значения выходят за пределы допустимых отклонений, выполняются анализ причин отклонения и устранение неисправности.

**3.2.4.** При внутреннем осмотре и проверке механической части аппаратуры производятся:

- а) проверка состояния уплотнения кожухов и целости стекол;
- б) проверка состояния деталей и надежности их крепления;
- в) чистка от пыли и посторонних предметов;
- г) проверка надежности контактных соединений;
- д) проверка состояния изоляции соединительных проводов и обмоток аппаратуры;
- е) проверка состояния контактных поверхностей; при отсутствии на них механических повреждений, нагара, раковин, оксидной пленки чистка не производится;
- ж) проверка и (при необходимости) регулирование механических характеристик аппаратуры (люфтов, зазоров, провалов, растворов, прогибов и пр.).

**3.2.5.** Проверка электрических характеристик элементов проводится в соответствии с указаниями разд. 4 настоящих Правил:

- в объеме профилактического восстановления, если не производилась разборка или замена элементов;
- в объеме нового включения, если такая разборка (замена) производилась.

**3.2.6.** Проверка взаимодействий элементов устройства выполняется в соответствии с п. 3.1.7.

**3.2.7.** Измерение и испытание изоляции производятся в соответствии с п. 3.1.8; испытание изоляции допускается производить мегаомметром на 2500 В.

**3.2.8.** Комплексная проверка устройств выполняется в соответствии с п. 3.1.9.

**3.2.9.** Проверка взаимодействия проверяемого устройства с другими устройствами защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации и действия устройства на коммутационную аппаратуру проводится

в соответствии с п. 3.1.10. Действие устройства на другие устройства или коммутационные аппараты допускается проверять при очередном техническом обслуживании или ремонте указанных устройств и аппаратов.

**3.2.10.** Проверка устройств рабочим током и напряжением проводится в соответствии с п. 3.1.11.

**3.2.11.** При подготовке устройств релейной защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации к включению выполняются:

- а) повторный осмотр реле, блоков, модулей, режим которых изменялся при проверке рабочим током и напряжением;
- б) проверка положения сигнальных элементов указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других устройств, которыми оперирует дежурный персонал, а также перемычек на рядах зажимов;
- в) проверка показаний приборов ВЧ приемопередатчиков, контрольных устройств и т.п.;
- г) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу.

### **3.3. Профилактическое восстановление**

**3.3.1.** Подготовительные работы производятся в соответствии с п. 3.2.1.

**3.3.2.** При внешнем осмотре производится чистка кожухов аппаратуры, монтажных проводов и рядов зажимов от пыли.

При осмотре проверяются:

- а) надежность крепления панели, шкафа, ящика, аппаратуры;
- б) отсутствие механических повреждений аппаратуры, состояние изоляции выводов реле и другой аппаратуры;
- в) состояние окраски панелей, шкафов, ящиков и других элементов устройства;
- г) состояние монтажа проводов и кабелей, надежность контактных соединений на рядах зажимов, ответвлениях от шин, шпильках реле, испытательных блоках, резисторах, а также надежность паяк всех элементов;
- д) состояние концевых разделок кабелей вторичных соединений;
- е) состояние уплотнения дверок шкафов, кожухов выводов на стороне вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения и т.д.;

- ж) состояние заземления вторичных цепей;
- з) состояние электромагнитов управления и блок-контактов разъединителей, выключателей, автоматов и другой коммутационной аппаратуры;
- и) наличие надписей на панелях, шкафах, ящиках и аппаратуре, наличие маркировки кабелей, жил и кабелей и проводов.

**3.3.3.** Предварительная проверка заданных уставок проводится в соответствии с п. 3.2.3.

**3.3.4.** При внутреннем осмотре и проверке механической части аппаратуры выполняются:

- а) проверка состояния уплотнения кожухов и целости стекол;
- б) проверка состояния деталей и надежности их крепления;
- в) чистка от пыли;
- г) проверка надежности контактных соединений и паяк (которые можно проверить без разборки элементов, узла);
- д) проверка затяжки болтов, стягивающих сердечники трансформаторов, дросселей и т.п.;
- е) проверка состояния изоляции соединительных проводов и обмоток аппаратуры;
- ж) проверка состояния контактных поверхностей; при отсутствии на них механических повреждений, нагара, раковин и оксидной пленки чистка не производится;
- з) проверка и (при необходимости) регулирование механических характеристик аппаратуры (люфтов, зазоров, провалов, растворов, прогибов и пр.).

**3.3.5.** Проверка электрических характеристик проводится в соответствии с п. 3.2.5.

**3.3.6.** Проверка взаимодействия элементов устройства выполняется в соответствии с п. 3.1.7.

**3.3.7.** Измерение и испытание изоляции производятся в соответствии с п. 3.1.8; испытание изоляции допускается производить мегаомметром на 2500 В.

**3.3.8.** Комплексная проверка устройства проводится в соответствии с п. 3.1.9.

**3.3.9.** Проверка взаимодействия проверяемого устройства с другими устройствами защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации и действия устройства на коммутационную аппаратуру и восстановление цепей связи с другими устройствами выполняется в соответствии с п. 3.1.10. Действие устройства на другие устройства или коммутационные аппараты допускается проверять при очередном техническом обслуживании или ремонте указанных устройств и аппаратов.

**3.3.10.** Проверка устройства рабочим током и напряжением проводится в соответствии с п. 3.2.10.

В тех случаях, когда разборка токовых цепей напряжения производилась на испытательных зажимах, проверка выполняется в соответствии с п. 3.1.11, а и б.

**3.3.11.** Подготовка устройства к включению выполняется в соответствии с п. 3.2.11.

### ***3.4. Профилактический контроль***

**3.4.1.** Подготовительные работы производятся в соответствии с п. 3.2.1.

**3.4.2.** При внешнем осмотре выполняются:

- а) чистка от пыли кожухов аппаратуры и монтажа;
- б) осмотр состояния аппаратуры и монтажа;
- в) осмотр внутренних элементов аппаратуры через смотровые стекла;
- г) осмотр выходных реле при снятых кожухах.

**3.4.3.** При внутреннем осмотре и проверке механической части аппаратуры, подлежащей восстановлению в соответствии с примечанием 2 к таблице п. 2.3.13, производятся:

- а) проверка состояния деталей и надежности их крепления;
- б) чистка от пыли;
- в) проверка надежности контактных соединений и паек;
- г) проверка состояния контактных поверхностей; при отсутствии на них механических повреждений, нагара, раковин и оксидной пленки чистка не производится;
- д) проверка и (при необходимости) регулировка механических характеристик (люфтов, зазоров, провалов, растворов, прогибов и пр.);
- е) проверка электрических характеристик в соответствии с п. 3.2.5.

**3.4.4.** Производится измерение сопротивления изоляции каждой из групп электрически не связанных вторичных цепей относительно земли мегаомметром на 1000 В (см. примечания к п. 3.1.5, д.).

**3.4.5.** Комплексная проверка устройств проводится при номинальном напряжении оперативного тока при подведении к устройству параметров аварийного режима от постороннего источника и полностью собранных цепях устройств при закрытых кожухах реле; время действия защит при этом не измеряется.



Ток и напряжение, соответствующие аварийному режиму, подаются на все фазы (или все комбинации фаз) проверяемого устройства.

Для защит с зависимой характеристикой снимаются две-три точки характеристики; для дифференциальных защит ток поочередно подается в каждое из плеч защиты; на ступенчатые защиты подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке первой зоны и одной точке вне зоны срабатывания последней ступени; при этом проверяется соответственно срабатывание и несрабатывание всех ступеней защиты.

При комплексной проверке проверяется также правильность действия сигнализации.

**3.4.6.** При проверке действия выходных реле на коммутационный аппарат проводится проверка исправности цепи отключения (включения) действием на коммутационный аппарат от выходных реле и восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами.

**3.4.7.** Проверка устройств рабочим током и напряжением включает:

- а) проверку обтекания током токовых цепей проверяемого устройства;
- б) проверку наличия напряжения на проверяемом устройстве.

**3.4.8.** При подготовке устройства к включению производится:

- а) проверка положения сигнальных элементов указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других элементов;
- б) запись в журнале релейной защиты о результатах проверки, состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу.

### **3.5. Тестовый контроль**

**3.5.1.** Тестовый контроль проводится для устройств на микроэлектронной базе в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

**3.5.2.** При проведении наладочных работ, первого профилактического контроля и профилактического восстановления устройств РЗА на микроэлектронной базе тестовый контроль проводится дважды — после проверки блока питания и после проверки устройства рабочим током и напряжением. При проведении профилактического контроля тестовый контроль проводится один раз — после проверки рабочим током и напряжением.

### 3.6. Периодическое опробование

**3.6.1.** Подготовительные работы включают:

- а) подготовку исполнительных схем, инструкций, паспортов-токолов и рабочих тетрадей;
- б) допуск к работе и принятие мер для исключения воздействия проверяемого устройства на другие устройства (разборка цепей).

**3.6.2.** Проверка работоспособности элементов устройства состоит в большинстве случаев из двух частей:

- а) опробование элемента с действием на выходные реле;
- б) опробование действия выходных реле на коммутационную аппаратуру.

Напряжение оперативного тока при периодическом опробовании должно быть равным 0,8 номинального значения, если это легко достижимо.

**3.6.3.** При подготовке устройства к включению выполняются:

- а) восстановление цепей связи проверяемого устройства с другими устройствами;
- б) проверка положения сигнальных элементов указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок, сигнальных ламп и других оперативных элементов.

Результаты опробования и проверки оформляются в журнале релейной защиты.

### 3.7. Технический осмотр

При техническом осмотре визуально контролируются:

- а) отсутствие внешних повреждений устройства и его элементов;
- б) состояние креплений устройств на панелях, проводов на рядах зажимов и на выводах устройств;
- в) наличие надписей и позиционных обозначений;
- г) положение сигнальных элементов указательных реле, испытательных блоков, накладок, рубильников, кнопок и других элементов, состояние сигнальных ламп.

## 4. ОБЪЕМЫ РАБОТ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ

Для устройств и комплектов защиты ниже приведены лишь объемы проверок электрических характеристик, комплексных проверок и проверок рабочим током и напряжением.

Полный объем и последовательность проверок для каждого вида технического обслуживания устройств и аппаратуры приведены в соответствующих программах разд. 3 и объемах работ настоящего раздела (по электромеханическим и микроэлектронным устройствам) и разд. 5 (по микропроцессорным устройствам).

### 4.1. Дистанционные защиты

#### 4.1.1. Защиты ПЗ-152, ПЗ-153

- Н, К1, В а)** проверка реле постоянного тока;
- Н, К1, В б)** проверка реле тока, направления мощности, сопротивления устройства блокировки при неисправности цепей напряжения (для защиты ПЗ-153);
- Н, К1, В в)** проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, В, К г)** комплексная проверка защиты имитацией двухфазных коротких замыканий АВ, ВС, СА, а также двойных замыканий на землю при одностороннем питании линии с замыканием фаз АО, ВО, СО и подачей параметров аварийного режима, соответствующих для ПЗ-152 и ПЗ-153  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ; кроме того, для ПЗ-153  $0,9Z_3$  и  $1,1Z_3$ . Регулирование выдержки времени второй и третьей ступеней при подаче параметров аварийного режима, равных соответственно  $1,1Z_1$  и  $1,1Z_2$ .

#### Примечание.

При профилактическом контроле подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке I зоны и вне зоны срабатывания последней ступени;

- Н, К1, В, К д)** проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### 4.1.2. Защиты ПЗ-3, ПЗ-4, ПЗ-4М

- Н, К1, В а)** проверка реле постоянного тока;
- Н, К1, В б)** проверка пусковых органов защиты ПЗ-3, устройства блокировки при неисправности цепей напряжения защиты ПЗ-4;
- Н, К1, В в)** проверка устройства автономного питания (УАП) при работе:
- Н** только феррорезонансного стабилизатора тока;
- Н** только стабилизатора напряжения;
- Н, К1, В** совместно стабилизаторов тока и напряжения;
- Н, К1, В г)** проверка пусковых органов защиты ПЗ-4 и дистанционных органов защит ПЗ-3 и ПЗ-4, ПЗ-4М:
- Н** проверка настройки фильтра второй гармонической составляющей 1С-1Др;
- Н** выравнивание комплексных сопротивлений рабочего и тормозного контуров схемы сравнения при подаче напряжения 20 — 30 В в рассечку накладок 1Н и 2Н соответственно и при закороченной первичной обмотке трансформатора напряжения 1ТН;
- Н, К1, В** определение угла максимальной чувствительности реле на расчетной уставке методом «засечек»;
- Н, К1, В** проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания при заданных угле и токе настройки. Если угол и ток настройки не заданы, настройка производится при угле 60° и токе, равном или большем двойного тока точной работы;
- Н** снятие характеристики зависимости сопротивления срабатывания реле от тока с целью определения действительного тока точной работы при заданном или принятом угле настройки;
- Н, К1, В д)** проверка реле направления мощности защит ПЗ-3 и ПЗ-4:
- Н** проверка настройки фильтра второй гармонической составляющей 1С-1Др;
- Н** проверка отсутствия самохода реле направления мощности при подаче на делитель 3R — 4R напряжения 40 В. Напряжение тока в магнитоэлектрическом реле должно обеспечивать торможение; его значение не должно превышать 2 мА;
- Н** определение угла максимальной чувствительности и зоны работы реле при номинальном токе и напряжении, равном 2 В;

- Н, К1, В** определение чувствительности реле направления мощности по току при подаче напряжения 2 В и угле максимальной чувствительности. Чувствительность реле по току не должна превышать 1,2 А;
- Н, К1, В** определение чувствительности реле направления мощности по напряжению при номинальном токе и угле максимальной чувствительности. Чувствительность реле по напряжению не должна превышать 0,6 В;
- Н** е) проверка реле тока нулевой последовательности: проверка настройки фильтров второй (2С-2Др) и третьей (1С-1Др) гармонических составляющих;
- Н, К1, В** проверка чувствительности реле по току на уставках 0,5 и 1,0 А при отсутствии торможения. Чувствительность по току должна находиться в пределах  $0,5 \pm 0,05$  А и  $1,0 \pm 0,1$  А соответственно;
- Н** проверка отсутствия торможения реле при двойных замыканиях на землю. При этом следует убедиться, что в диапазоне токов от номинального до  $10 I_{ном}$ , подаваемых в поврежденные фазы А и В, тормозные ампер-витки составляют не более 5 % рабочих ампер-витков;
- Н, К1, В** проверка тормозных характеристик реле при торможении от токов одной или двух фаз на рабочей уставке 0,5 А;
- Н, К1, В** проверка коэффициента чувствительности реле при двойных замыканиях на землю и токе в неповрежденной фазе, равном  $2I_{ном}$  и уставке 0,5 А;
- Н, К1, В ж)** проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, В, К з)** комплексная проверка защит имитацией двухфазных КЗ АВ, ВС, СА, а также двойных замыканий на землю при одностороннем питании линии с замыканием фаз А0, В0, С0 и подачей параметров аварийного режима, соответствующих для ПЗ-3 и ПЗ-4  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ; кроме того, для ПЗ-4  $0,9Z_3$  и  $1,1Z_3$ . Регулирование выдержки времени второй и третьей ступеней при подаче аварийного режима, равных соответственно  $1,1Z_1$  и  $1,1Z_2$ .

**Примечание.**

При профилактическом контроле подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке I зоны и одной точке вне зоны последней ступени;

- Н, В** и) проверка поведения защиты при близких двухфазных и трехфазных КЗ вне зоны действия защиты;
- Н, К1, В, К** к) проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### 4.1.3. Защиты ПЗ-157, ПЗ-158, ПЗ-159

- Н, К1, В** а) проверка реле постоянного тока.  
При этом при Н отдельно проверяется правильность полярности включения обмоток реле 10РПв (при использовании последовательных обмоток), 16РП<sub>н</sub> (ПЗ-157), 17РП<sub>н</sub> (ПЗ-158, ПЗ-159); время срабатывания реле 10РПв, 9РПФ и возврата реле 16РП<sub>н</sub>, 17РП<sub>н</sub>, 17РП<sub>у</sub>;
- Н, К1, В** б) проверка устройств блокировки при качаниях, устройства блокировки защиты при неисправности цепей напряжения, реле сопротивления;
- Н, К1, В** в) проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- г) комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений;
- Н, К1, В, К** при имитации двухфазных КЗ АВ, ВС, СА с подачей параметров аварийного режима, соответствующих  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ . Регулирование выдержки времени второй и третьей ступеней при подаче параметров аварийного режима, равных соответственно  $1,1Z_1$  и  $1,1Z_2$ .

##### Примечание.

При профилактическом контроле подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке I зоны и одной точке вне зоны последней ступени;

**Н, К1, В** — проверка поведения защиты при близком двухфазном КЗ в зоне и вне зоны действия защиты в режиме двустороннего питания линии;

**Н, К1, В** — проверка поведения защиты при близком трехфазном КЗ вне зоны действия защиты в режиме двустороннего питания, а также в тупиковом режиме работы линии;

**Н, К1, В** — проверка работы защиты «по памяти» при близких трехфазных КЗ в зоне действия защиты;

- Н, К1, В, К** д) проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### 4.1.4. Защиты ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2

- Н, К1, В а)** проверка комплекта дистанционной защиты ДЗ-2, комплекта реле сопротивления КРС-1, устройств блокировки при качаниях КРБ-125 или КРБ-126, указательного реле 5РУ;
- Н, К1, В б)** проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, В, К в)** комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:  
при двухфазных КЗ АВ, ВС, СА с подачей параметров аварийного режима, соответствующих  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ;  $0,9Z_3$ ;  $1,1Z_3$ . Регулирование выдержки времени второй и третьей ступеней при подаче параметров аварийного режима, равных соответственно  $1,1Z_1$  и  $1,1Z_2$ .

##### Примечание.

При профилактическом контроле подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке I зоны и одной точке вне зоны срабатывания последней ступени;

при близком двухфазном КЗ в зоне и вне зоны действия защиты в режиме двустороннего питания линии;

при близком трехфазном КЗ вне зоны действия защиты в режиме двустороннего питания, а также в тупиковом режиме работы линии;

при близких трехфазных КЗ в зоне действия защиты «по памяти»;

- Н, К1, В, К г)** проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### 4.1.5. Панель защиты ЭПЗ-1636-67/1 и ЭПЗ-1636-67/2

- Н, К1, В а)** проверка блоков питания комплекта дистанционной защиты ДЗ-2 и комплекта реле сопротивления КРС-1 в комплекте КЗ10 (при использовании нуль-индикатора с интегральными микросхемами);
- Н, К1, В б)** проверка комплекта дистанционной защиты ДЗ-2 (см. п. 4.9.1), комплекта реле сопротивления КРС-1, устройств блокировки при качаниях КРБ-125 и КРБ-126 соответственно, комплектов защит КЗ9 и КЗ10 (см. п. 4.10.1), реле направления мощности РБМ-177, РБМ-178 (РМ-12), реле

тока РТ-40/Р, промежуточных реле РПЗ, 1РПУ, 2РПУ и указательных реле РУЗ, 1РУЗ, 2РУЗ;

- Н, К1** в) проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, В, К** г) комплексная проверка дистанционной защиты и защиты нулевой последовательности при имитации различных видов повреждений;
- Н, К1, В, К** д) проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### 4.1.6. Защиты ДЗ-401, ДЗ-402 и ДЗ-501, ДЗ-502

- Н, К1, В** а) проверка реле постоянного тока;
- Н, К1, В** б) проверка устройства блокировки при неисправности цепей напряжения:
- Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата поляризованного реле 7РН;
- Н** — проверка соответствия ампер-витков и полярности обмоток трансформатора 7ТБ, к которым подключаются одноименные фазы трансформаторов напряжения от обмоток, соединенных в звезду и в разомкнутый треугольник;
- Н, К1, В** в) проверка устройства блокировки при качаниях:
- Н, К1, В** — проверка настройки фильтра напряжения обратной последовательности (ФНОП) измерением напряжения срабатывания реле 12РН при подведении к фильтру поочередно напряжения  $U_{A-BC}$ ;  $U_{B-CA}$ ;  $U_{C-AB}$  80–100 В;
- Н** — проверка настройки фильтра пятой гармонической составляющей;
- Н** — проверка стабилизирующего действия трансформаторов 12СТ и 12ТНО измерением напряжения на конденсаторе 12С2 при одновременной подаче тока (до 8 А) и напряжения (до 110 В);
- Н, К1, В** — проверка чувствительности реле 12РН по току нулевой последовательности на заданной уставке;
- Н, В** — проверка чувствительности реле 12РН при совместном питании от ФНОП (питание  $U_{A-BC}$ ) и тока нулевой последовательности;
- Н, К1, В** — проверка устройства компенсации;
- Н, К1, В** г) проверка реле сопротивления:



**Н** — проверка отсутствия самохода на расчетной уставке при подаче тока в диапазоне от номинального до максимально возможного при КЗ на шинах;

**Н, К1, В** — определение угла максимальной чувствительности на расчетной уставке методом «засечек»;

**Н, К1, В** — проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания при заданных угле и токе настройки;

**Н** — снятие зависимости сопротивления срабатывания реле от тока при заданном или принятом угле настройки с целью определения действительного тока точной работы;

**Н** — проверка тока срабатывания реле при разомкнутых цепях напряжения;

**Н, К1, В д)** проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;

**Н, К1, В, К е)** комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:

**Н, К1, В, К** — проверка при имитации двухфазных КЗ АВ, ВС, СА с подачей параметров режима, соответствующих  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ; регулирование выдержки времени второй ступени при подаче параметров аварийного режима, равных  $1,1Z_2$ .

**Примечание.**

При профилактическом контроле подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке I зоны и одной точке вне зоны срабатывания последней ступени;

**Н, К1, В** — проверка поведения защиты при близком двухфазном КЗ в зоне и вне зоны действия защиты в режиме двустороннего питания линии;

**Н, К1, В** — проверка поведения защиты при близком трехфазном КЗ вне зоны действия защиты в режиме двустороннего питания, а также в тупиковом режиме работы линии;

**Н, К1, В** — проверка работы защиты «по памяти» при близких трехфазных КЗ в зоне действия защиты;

**Н, К1, В, К** — проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### 4.1.7. Защита ДЗ-503

- Н, К1, В а)** проверка реле постоянного тока, комплектов реле сопротивления I и II ступеней (аналогично комплекту реле сопротивления КРС-2), комплекта реле сопротивления КРС-3, реле деблокировки РТ-40;
- Н, К1, В б)** проверка устройства блокировки при качаниях:  
**Н, К1, В** — проверка настройки ФНОП при подведении к фильтру поочередно напряжения  $U_{A-BC}$ ;  $U_{B-CA}$ ;  $U_{C-AB}$ ;  
**Н** — проверка чувствительности пускового органа по току нулевой последовательности;  
**Н, К1, В** — проверка чувствительности пускового органа на рабочих уставках при совместном питании от ФНОП (питание  $U_{A-BC}$ ) и тока нулевой последовательности (питание  $I_{A-O}$ );  
**Н, В** — проверка устройства компенсации на рабочих уставках;
- Н, К1, В в)** проверка устройства блокировки при неисправности цепей напряжения:  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата поляризованного реле 5РН1;  
**Н** — проверка настройки устройства блокировки на минимум баланса;
- Н, К1, В г)** проверка трехфазного токового органа:  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания реле 5 РТ2 при питании  $I_{A-O}$ ;  $I_{B-O}$ ;  $I_{C-O}$ ;  
**Н** — проверка правильности включения первичных обмоток трансформатора 5Тр1 при питании током  $I_{AB}$ ;  $I_{BC}$ ;  $I_{CA}$ ;  
**Н** — проверка исправности стабилитрона 5Д1;
- Н, К1, В д)** проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, В, К е)** комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:  
 при двухфазных КЗ фаз АВ, ВС, СА с подачей параметров аварийного режима, соответствующих  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ;  $0,9Z_3$ ;  $1,1Z_3$ . Регулирование выдержки времени второй, а также третьей ступеней при подаче параметров аварийного режима, равных соответственно  $1,1Z_2$  и  $1,1Z_3$ .

**Примечание.**

При профилактическом контроле подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке I зоны и одной точке вне зоны срабатывания последней ступени;

при близком двухфазном КЗ в зоне и вне зоны действия защиты в режиме двустороннего питания линии;

при близком трехфазном КЗ вне зоны действия защиты в режиме двустороннего питания, а также в тупиковом режиме работы линии;

при близких трехфазных КЗ в зоне действия защиты «по памяти»;

**Н, К1, В, К ж)** проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### **4.1.8. Защиты ПЗ-5/1, ПЗ-5/2, ПЭ 2105А, ПЭ 2105Б, ПЭ 2105МА, ПЭ 2105МБ**

**Н, К1, В а)** проверка элементов постоянного тока;

**Н, К1, В б)** проверка устройства блокировки при качаниях КРБ-126 или КРБ-125 (БЭ 2603 или БЭ 2604);

**Н, К1, В в)** проверка устройства блокировки при неисправностях цепей напряжения КРБ-12;

**Н, К1, В г)** проверка реле тока РТ-40/Р;

**Н, К1, В д)** проверка реле сопротивлений КРС-2 и КРС-3 (БРЭ 2801А и БРЭ 2801Б);

**Н, К1, В е)** проверка взаимодействия реле защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;

**ж)** комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:

**Н, К1, В, К** — проверка временных характеристик защиты при имитации двухфазных КЗ и  $j = j_{м.ч}$  (при К проверяется только одна точка I зоны и одна точка вне зоны срабатывания);

**Н, В** — проверка правильности действия защиты при КЗ на шинах и токе, равном максимальному току двухфазного КЗ за «спиной»;

**Н, К1, В, К з)** проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### **4.1.9. Защиты ШДЭ 2801, ШДЭ 2802, ШДЭ 2801.01, ШДЭ 2802.02**

*А. Проверка блоков питания:*

**Н, К1, В, К а)** проверка блоков питания П111 — П115, ПО211 ШДЭ 2801, ШДЭ 2801.01, основного комплекта защит ШДЭ 2802, ШДЭ 2801.01:

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки оперативного тока;

**Н, К1, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, К1, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выходах  $\pm 15$  В, 24 В;

**Н** — проверка защиты при неисправностях стабилизатора 220 В;

**Н, К1, В, К** б) проверка блока питания резервного комплекта защит:

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки оперативного тока;

**Н, К1, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, К1, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выходах  $\pm 15$  В, 24 В.

**Н, К1, В** Б. Проверка реле постоянного тока.

В. Проверка защит ШДЭ 2801, ШДЭ 2801.01, основного комплекта защит ШДЭ 2802, ШДЭ 2802.01:

**Н, К1, В** а) проверка устройства тестового и функционального контроля дистанционной защиты (ДЗ) и токовой направленной защиты нулевой последовательности (ТНЗНП);

**Н, К1, В** б) проверка измерительных органов ДЗ:

**Н, К1, В** — проверка и регулирование заданных уставок сопротивления срабатывания и проверка характеристики  $Z_{ср} = f(j)$ ;

**Н, В** — проверка характеристики  $Z = f(I)$  и определение тока точной работы;

**Н, В** — проверка настройки блока памяти;

**Н, К1, В** в) проверка пусковых органов блокировки при качаниях:

**Н** — проверка настройки фильтра тока обратной последовательности (ФТОП) пускового органа;

**Н** — проверка настройки фильтра тока прямой последовательности пускового органа;

**Н** — проверка статического небаланса фильтров;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания пускового органа;

**Н, К1, В** — измерение времени ввода и вывода быстродействующих ступеней ДЗ при срабатывании блокировки;

**Н, К1, В** — проверка пуска медленнодействующих ступеней ДЗ при срабатывании блокировки;

**Н, К1, В г)** проверка блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН):

**Н** — проверка балансировки ампер-витков трансформатора TV1;

**Н, К1, В** — проверка напряжения срабатывания БНН при поочередном подведении фазных напряжений;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания БНН;

**Н, К1, В** — проверка взаимодействия БНН с быстродействующими ступенями ДЗ;

**Н, К1, В д)** проверка ТНЗНП:

проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов тока;

проверка токов и напряжений срабатывания разрешающего и блокирующего органа направления мощности (ОНМ) с проверкой угла максимальной чувствительности и вольт-амперной характеристики;

проверка ширины зоны срабатывания ОНМ;

проверка органа контроля исправности цепей ЗУо;

**Н, К1, В е)** проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа тока междуфазной токовой отсечки;

**Н, К1, В ж)** проверка токов срабатывания и возврата реле тока УРОВ при подведении к шкафу поочередно разных токов.

*Г. Проверка защит резервного комплекта ШДЭ 2802, ШДЭ 2802.01:*

**Н, К1, В, К а)** проверка блоков питания резервного комплекта защит:

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки оперативного тока;

**Н, К1, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, К1, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выходах  $\pm 15 В, 24 В$ ;

**Н, К1, В б)** проверка устройства тестового и функционального контроля;

**Н, К1, В в)** проверка измерительных органов двухступенчатой ДЗ:

**Н, К1, В** — проверка и регулирование заданных уставок сопротивления срабатывания и проверка характеристики  $Z_{ср} = f(j)$ ;

**Н, В** — проверка характеристики  $Z = f(I)$  и определение тока точной работы;

**Н, К1, В г)** проверка ТНЗНП:

проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов тока;

проверка токов и напряжений срабатывания разрешающего и блокирующего ОНМ с проверкой угла максимальной чувствительности и вольт-амперной характеристики;

проверка ширины зоны срабатывания ОНМ.

**Н, К1, В, К Д.** Комплексная проверка:

проверка временных характеристик ДЗ при имитации двухфазных КЗ АВ, ВС, СА с подачей параметров аварийного режима  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ;  $0,9Z_3$ ;  $1,1Z_3$  (для ШДЭ 2801, ШДЭ 2802, ШДЭ 2801.01, ШДЭ 2802.01) и  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$  (для резервных ступеней ШДЭ 2802, ШДЭ 2802.01). При К проверяется одна точка I зоны и одна точка вне зоны срабатывания последней ступени;

проверка действия защиты при имитации близких КЗ;

проверка работы I — IV ступеней ТНЗНП (для ШДЭ 2801, ШДЭ 2802, ШДЭ 2801.01, ШДЭ 2802.01) и резервных I — II ступеней (для ШДЭ 2802, ШДЭ 2802.01) при имитации однофазных КЗ с измерением времени срабатывания при подведении к шкафу токов 0,9 и 1,1 уставок срабатывания соответствующих ступеней (при К проверяется правильность работы без измерения времени).

Время срабатывания регулируется при токе  $2I_{cr}$ ;

проверка времени действия ДЗ при близких КЗ;

проверка работы ОНМб и ОНМр при имитации однофазных КЗ в зоне и вне зоны действия ТНЗНП;

проверка измерительного органа токовой междуфазной отсечки при подведении токов двухфазного КЗ 0,9 и 1,1 уставки срабатывания.

**Н, К1, В Е.** Проверка взаимодействия элементов защиты с другими устройствами РЗА и действия на коммутационной аппарат.

**И.** Проверка защиты рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения токовых цепей и цепей напряжения;

**Н** — проверка правильности включения фильтров тока прямой и обратной последовательностей пусковых органов блокировки при качаниях;

**Н, К1** — проверка правильности включения дистанционных органов;

**Н, К1** — проверка правильности включения ОНМр и ОНМб;

**Н, К1** — проверка правильности включения блокировки БНН при неисправности в цепях напряжения.

#### **4.1.10. Шкафы защит линий с комплектами УРОВ ШДЭ 2803, ШДЭ 2804**

*А. Проверка блоков питания:*

**Н, К1, В, К** а) проверка блоков питания П111 — П115, ПО 211 ШДЭ 2803, основного комплекта защит ШДЭ 2804:

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки оперативного тока;

**Н, К1, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, К1, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выходах  $\pm 15$  В, 24 В;

**Н, К1, В, К** б) проверка блока питания резервного комплекта защит:

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки оперативного тока;

**Н, К1, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, К1, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выходах  $\pm 15$  В, 24 В;

**Н, К1, В, К** в) проверка блока питания УРОВ ШДЭ 2803:

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки оперативного тока;

**Н, К1, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, К1, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выходах  $\pm 15$  В, 24 В;

**Н, К1, В Б.** Проверка реле постоянного тока.

**В.** Проверка защит ШДЭ 280З, основного комплекта защит ШДЭ 2804:

**Н, К1, В а)** проверка устройства тестового и функционального контроля ДЗ и ТНЗНП;

**Н, К1, В б)** проверка измерительных органов ДЗ:

**Н, К1, В** — проверка и регулирование заданных уставок сопротивления срабатывания и проверка характеристики  $Z_{ср} = f(j)$ ;

**Н, В** — проверка характеристики  $Z = f(I)$  и определение тока точной работы;

**Н, В** — проверка настройки блока памяти;

**Н, К1, В в)** проверка пусковых органов блокировки при качаниях:

**Н** — проверка настройки ФТОП пускового органа;

**Н** — проверка настройки фильтра тока прямой последовательности пускового органа;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания пускового органа;

**Н, К1, В** — измерение времени ввода и вывода быстродействующих ступеней ДЗ при срабатывании блокировки;

**Н, К1, В** — проверка пуска медленнодействующих ступеней ДЗ при срабатывании блокировки;

**Н, К1, В г)** проверка БНН:

**Н** — проверка балансировки ампер-витков трансформатора TV1;

**Н, К1, В** — проверка напряжения срабатывания БНН при поочередном подведении фазных напряжений;

**Н, К1, В** — проверка взаимодействия БНН с быстродействующими ступенями ДЗ;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания БНН;

**Н, К1, В д)** проверка ТНЗНП:

проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов тока;

проверка токов и напряжений срабатывания разрешающего и блокирующего ОНМ с проверкой угла максимальной чувствительности и проверкой при Н отсутствия самоходов по току и напряжению;

проверка ширины зоны срабатывания ОНМ;



проверка напряжения срабатывания и возврата органа напряжения;

**Н, К1, В е)** проверка тока срабатывания и возврата измерительного органа тока междуфазной токовой отсечки.

*Г. Проверка защит резервного комплекта ШДЭ 2804:*

**Н, К1, В, К а)** проверка блоков питания резервного комплекта защит:

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки оперативного тока;

**Н, К1, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, К1, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выходах  $\pm 15$  В, 24 В;

**Н, К1, В б)** проверка устройства тестового и функционального контроля;

**Н, К1, В в)** проверка измерительных органов двухступенчатой ДЗ:

**Н, К1, В** — проверка и регулирование заданных уставок сопротивления срабатывания и проверка характеристики  $Z_{\text{ср}} = f(j)$ ;

**Н, В** — проверка характеристики  $Z = f(I)$  и определение тока точной работы;

**Н, К1, В г)** проверка ТНЗНП:

проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов тока;

проверка токов и напряжений срабатывания разрешающего и блокирующего ОНМ с проверкой угла максимальной чувствительности;

проверка ширины зоны срабатывания ОНМ;

проверка напряжений срабатывания и возврата органа напряжения.

*Д. Проверка комплектов УРОВ:*

**Н, К1, В, К а)** проверка токов срабатывания и возврата трехфазного органа тока;

**Н, К1, В б)** проверка органа выдержки времени.

**Н, К1, В, К Е. Комплексная проверка:**

проверка временных характеристик ДЗ при имитации двухфазных КЗ АВ, ВС, СА с подачей параметров аварийного режима  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ;  $0,9Z_3$ ;  $1,1Z_3$  (для ШДЭ 2803, ШДЭ 2804) и  $0,5Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$  (для резервных ступеней ШДЭ 2804). При К

проверяется одна точка I зоны и одна точка вне зоны срабатывания последней ступени; проверка действия защиты при имитации близких КЗ;  
проверка работы I — IV ступеней ТНЗНП (для ШДЭ 2803, ШДЭ 2804) и резервных I — II ступеней ТНЗНП (для ШДЭ 2804) при имитации однофазных КЗ с измерением времени срабатывания при подведении к шкафу токов 0,9 и 1,1 уставок срабатывания соответствующих ступеней (при К проверяется правильность работы без измерения времени). Время срабатывания регулируется при токе 2I<sub>ср</sub>;  
проверка времени действия ДЗ при близких КЗ;  
проверка работы ОНМб и ОНМр при имитации однофазных КЗ в зоне и вне зоны действия ТНЗНП;  
проверка измерительного органа токовой междофазной отсечки при подведении токов двухфазного КЗ 0,9 и 1,1 уставки срабатывания.

**Н, К1, В И.** Проверка взаимодействия элементов защиты с другими устройствами РЗА и действия на коммутационный аппарат.

**К.** Проверка защиты рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения токовых цепей и цепей напряжения;

**Н** — проверка правильности включения фильтров тока прямой и обратной последовательностей пусковых органов блокировки при качаниях;

**Н, К1** — проверка правильности включения дистанционных органов;

**Н, К1** — проверка правильности включения ОНМр и ОНМб;

**Н, К1** — проверка правильности включения БНН при неисправности в цепях напряжения.

#### 4.1.11. Защиты ПДЭ 2001, ПДЭ 2001.01 (ДЗ-751)

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания:

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей В1, В2;

**Н, К1, В** — проверка напряжения срабатывания I и II ступеней стабилизации выходных напряжений;

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных нагрузке и напряжении питания;

**Н, К1, В** — проверка значений выходных напряжений блока питания при номинальной нагрузке и изменении напряжения на входе от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, К1, В** — проверка работы устройства контроля изоляции имитацией замыкания на землю через переходное сопротивление;

**Н, К1, В** — проверка отключения автоматических выключателей В1 и В2 и действия схемы АПВ при имитации КЗ на выходах блока;

**Н, К1, В б)** проверка измерительных органов:

**Н** — проверка минимальных сопротивлений срабатывания реле сопротивления при смещениях характеристики;

**Н, К1, В** — регулирование заданных уставок и проверка характеристики-зависимости  $Z_{ср} = f(U)$ ;

**Н** — определение токов точной работы и снятие характеристики  $Z_{ср} = f(I)$ ;

**Н, К1, В в)** проверка пусковых органов блокировки при качаниях:

**Н** — проверка фильтра тока прямой или обратной последовательности;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания пускового органа;

**Н, К1, В г)** проверка БНН:

**Н** — проверка балансировки входных трансформаторов БНН;

**Н, К1, В** — проверка напряжения срабатывания БНН при поочередном подведении фазных напряжений;

**Н, К1, В** — проверка чувствительности деблокировки БНН по току нулевой последовательности;

**Н, В** — проверка взаимодействия БНН с I быстродействующей ступенью;

**Н, В** — проверка времени срабатывания элементов времени БНН;

**Н, В д)** проверка реле постоянного тока;

**Н, К1, В, К е)** комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:

**Н, К1, В, К** — проверка временных характеристик защиты при имитации двухфазных КЗ АВ, ВС, СА с подачей параметров аварийного режима, соответствующих  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ;  $0,9Z_3$ ;  $1,1Z_3$ . При

К проверяется одна точка I зоны и одна точка вне зоны срабатывания последней ступени;

**Н, К1, В** — проверка действия защиты при имитации близких двухфазных и трехфазных КЗ;

**Н, К1, В** — проверка взаимодействия защиты с другими устройствами РЗА и действия ее на выключатели;

**Н, К1, В, К ж)** проверка защиты рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;

**Н** — проверка правильности включения ФТОП пускового органа блокировки при качаниях;

**Н** — проверка направленности реле сопротивления.

#### 4.1.12. Шкаф дистанционной защиты ШЭ2703

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.9, А, а);

**Н, К1, В б)** проверка измерительных органов дистанционной защиты:

**Н, К1, В** — регулирование заданных уставок и проверка характеристики-зависимости  $Z_{ср} = f(j)$ ;

**Н** — определение блокировки токов точной работы и снятие характеристики  $Z_{ср} = f(I)$ ;

**Н, К1, В в)** проверка пусковых органов блокировки при качаниях:

**Н** — проверка фильтра тока обратной последовательности;

**Н** — настройка блоков компенсации основной гармонической составляющей в каналах  $I_1$  и  $I_2$ ;

**Н, К1, В** — проверка уставок по току прямой и обратной последовательностей пускового органа;

**Н, К1, В** — проверка чувствительности пускового органа;

**Н, К1, В** — проверка времени ввода I и II быстродействующих ступеней защиты;

**Н, К1, В** — проверка времени ввода медленнодействующих ступеней;

**Н** — проверка выдержки времени элемента, запрещающего возврат блокировки при асинхронном ходе;

**Н** — проверка времени блокирования быстродействующих ступеней;

- Н, К1, В** г) проверка БНН;  
**Н** — проверка балансировки входных трансформаторов БНН;  
**Н, К1, В** — проверка напряжения срабатывания БНН при поочередном подведении фазных напряжений;  
**Н, К1, В** — проверка чувствительности деблокировки БНН по току нулевой последовательности;  
**Н, В** — проверка взаимодействия БНН с I быстродействующей ступенью;  
**Н, В** — проверка времени срабатывания элементов времени БНН;
- Н, К1, В** д) проверка резервной ТНЗНП:  
проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов тока;  
проверка токов и напряжений срабатывания ОНМ с проверкой угла максимальной чувствительности; проверка ширины зоны срабатывания ОНМ;
- Н, В** е) проверка реле постоянного тока и блоков тиристорov;
- Н, К1, В, К** ж) проверка работы функционального контроля ДЗ и ТНЗНП;
- Н, К1, В, К** з) комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:  
**Н, К1, В, К** — проверка временных характеристик защиты при имитации двухфазных КЗ АВ, ВС, СА с подачей параметров аварийного режима, соответствующих  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ ;  $0,9Z_3$ ;  $1,1Z_3$ . При К проверяется одна точка I зоны и одна точка вне зоны срабатывания последней ступени;  
**Н, К1, В** — проверка действия защиты по ступеням при имитации близких двухфазных и трехфазных КЗ;  
**Н, К1, В** — проверка взаимодействия защиты с другими устройствами РЗА и действия ее на выключатели;
- Н, К1, В, К** и) проверка защиты рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;  
**Н** — проверка правильности включения ФТОП пускового органа блокировки при качаниях;  
**Н** — проверка направленности реле сопротивления и ТНЗНП.

## 4.2. Дифференциально-фазные защиты

### 4.2.1. Защиты ДФЗ-2 и ДФЗ-201

**Н, К1, В а)** проверка реле постоянного тока:

**Н, К1, В** — измерение времени действия реле 2КР1, 2КР2, 2КР3, 2КР4, 2КР5, 6КР2, 5ЭП (1-1РП, 1-2РП, 2-3РП, 2-4РП, 2-5РП, 2-6РП, 2-7РП, 2-8РП, 2-9РП).

**Примечание.**

Здесь и в дальнейшем обозначения в скобках относятся к защите ДФЗ-201;

**Н** — проверка напряжения срабатывания и возврата реле 2КР1, 2КР2, 2КР3, 2КР4, 2КР5, 6КР5, 6КР1, 6КР2, 5ЭП (1-1РП, 1-2РП, 2-3РП, 2-4РП, 2-5РП, 2-7РП, 2-8РП, 2-9РП) и напряжения срабатывания указательных реле 7ЭС, 8ЭС, 9ЭС, 10ЭС, 11ЭС (2-3РУ, 2-4РУ, 2-5РУ, 2-2РУ, 2-1РУ).

**Примечание.**

Если при измерении времени действия производилось регулирование реле, то при В дополнительно проводится проверка напряжения срабатывания и возврата реле;

**Н** — определение токов удерживания реле 5ЭП (2-6РП) при использовании последовательных обмоток и токов срабатывания указательных реле 12ЭС, 13ЭС (2-6РУ, 2-7РУ);

**Н** — проверка правильности полярности включения обмоток реле 5ЭП (2-6РП) при использовании последовательных обмоток;

**Н, К1, В б)** проверка электрических характеристик пусковых органов токов обратной и нулевой последовательностей на рабочей уставке:

**Н, К1, В** — проверка ФТОП с нагрузкой при подведении к панели токов фаз АВ, ВС, СА, А0, В0, С0 и отсутствии на панели оперативного тока;

**Н** — проверка насыщения трансформатора 1ТН2 при подведении к панели токов фаз АВ до пятикратного номинального;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле 1ПР1 и 1ПР2 (1-1ПР и 1-2ПР) по току в обмотках реле и на входе панели при подведении тока фаз АВ и отсутствии на панели оперативного тока;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле 1ПР1 и 1ПР2 (1-1ПР и 1-2ПР) по току на входе панели при подведении тока фаз АВ и поданном на панель оперативном токе;

**Н, К1, В** — проверка четкости работы контактных систем реле 1ПР1 и 1ПР2 (1-1ПР и 1-2ПР) при подведении к панели токов фаз АВ от 1,05 тока срабатывания реле 1ПР2 (1-2ПР) до трехкратного номинального;

**Н, К1, В** — проверка действия безынерционного пуска высокочастотного передатчика (только для защиты ДФЗ-201);

**Н** — проверка насыщения трансформатора 1ТН0 при подведении к панели токов фаз С0 до пятикратного номинального<sup>1</sup>;

**Н, К1, В** — проверка тока срабатывания реле 1ПР1 и 1ПР2 (1-1ПР и 1-2ПР) по току на входе панели при подведении тока фаз С0 и поданном на панель оперативном токе<sup>1</sup>;

**Н, К1, В** — проверка четкости работы контактных систем реле 1ПР1 и 1ПР2 (1-1ПР и 1-2ПР) при подведении к панели токов фаз С0 от 1,05 тока срабатывания реле 1ПР2 (1-2ПР) до трехкратного номинального<sup>1</sup>;

---

<sup>1</sup> Проверки проводятся в случае использования пуска по току нулевой последовательности.

**Н, К1, В в)** проверка токовых реле 3ЭТ и 4ЭТ (1-1РТ и 1-2РТ), реле напряжения 1ЭН (1-РН) и промежуточных трансформаторов тока 1/5 А (в случае их использования);

**Н, К1, В г)** проверка реле сопротивления ИИС (1-РС):

**Н, К1, В** — проверка регулировки механической части и состояния контактных поверхностей (для ДФЗ-201 с реле сопротивления с нуль-индикатором на ИМС — проверка блока питания);

**Н** — проверка выравнивания рабочего и тормозного контуров и смещения в III квадрант;

**Н** — определение угла максимальной чувствительности на расчетной уставке методом «засечек»;

**Н, К1, В** — проверка заданной уставки по сопротивлению срабатывания при заданном угле между векторами тока и напряжения и определение коэффициента возврата реле;

**Н** — снятие характеристики зависимости сопротивления срабатывания реле от тока при заданном угле между векторами тока и напряжения с целью определения действительного тока точной работы;

**Н, К1, В** — проверка четкости работы контактной системы реле при изменении сопротивления от 0,1 до 0,9 сопротивления срабатывания и токах  $(0,7-3) I_{ном}$ ;

**Н, К1, В д)** проверка электрических характеристик органа манипуляции ВЧ передатчиком на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка действия стабилизаторов напряжения;

**Н** — проверка настройки комбинированного фильтра токов прямой и обратной последовательностей;

**Н, К1, В** — определение коэффициента  $K$  фильтра;

**Н, К1, В** — проверка чувствительности органа манипуляции при отключенном и включенном приемопередатчике;

**Н** — проверка стабильности коэффициента фильтра при токах  $(0,6-5) I_{ном}$ ;

**Н, К1, В** — измерение угла между векторами тока фаз ВС на входе панели и напряжения на выходе органа манипуляции при токах  $(0,6-5) I_{ном}$ .

**Примечание.**

При К1 и В измерение угла производится при значении тока  $0,6 I_{ном}$ ;

**Н, К1, В, К е)** проверка органа сравнения фаз токов:

**Н, К1, В, К** — снятие характеристики манипуляции и определение напряжения полной манипуляции (при К проверяется только одна точка характеристики);

**Н** — снятие фазной характеристики защиты. Одновременно со снятием характеристики производится настройка токов срабатывания реле 2РП (2-4РП) в соответствии с заданным углом блокировки на обеих ветвях фазной характеристики, а также определение тока возврата и проверка четкости работы контактной системы реле 2ПР4 (2-4ПР);

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле 2ПР3 и 2ПР4 (2-3ПР и 2-4ПР) при питании органа сравнения фаз переменным напряжением;



- Н, К1, В ж)** проверка взаимодействия реле панели релейной и ВЧ частей защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, В, К з)** комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:  
**Н, К1, В, К** — проверка поведения реле 2ПР4 (2-4ПР) при КЗ в защищаемой зоне;  
**Н** — проверка времени срабатывания защиты при несимметричных КЗ в зоне действия;
- Н, К1, В и)** проверка защиты рабочим током и напряжением:  
**Н** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения, а также правильности включения реле сопротивления 1ИС (1-РС);  
**Н, К1, В** — проверка правильности включения комбинированного фильтра токов и фильтра тока обратной последовательности измерением напряжения на выходе органа манипуляции ВЧ передатчика и тока в обмотках реле 1ПР1 и 1ПР2 (1-1ПР и 1-2ПР) при прямом и обратном чередовании фаз тока;
- Н, К1, В к)** проверка совпадения фаз тока между каждой из подстанций, на которых установлены полуккомплекты защиты. При В проверка не производится в том случае, если разборка токовых цепей выполнялась на испытательных зажимах панели.

#### 4.2.2. Защиты ДФЗ-402 и ДФЗ-504

- Н, К1, В а)** проверка реле постоянного тока:  
**Н, К1, В** — измерение времени действия реле 2РП, 2РП2, 2РП3, 2РП4, 2РП5, 5РП, 5РП2, 8РП, 9РП и 10РП (1-1РП, 1-2РП, 2-3РП, 2-4РП, 2-5РП, 2-6РП, 2-7РП, 2-8РП, 2-9РП).

##### Примечание.

Здесь и в дальнейшем обозначения в скобках относятся к защите ДФЗ-504;

**Н** — проверка напряжения срабатывания и возврата перечисленных выше реле и напряжения срабатывания указательных реле 12РУ-15РУ (2-1РУ, 2-2РУ, 2-3РУ, 2-4РУ, 2-5РУ).

##### Примечание.

Если при изменении времени действия производилась регулировка реле, то при В дополнительно выполняется проверка напряжения срабатывания и возврата реле;

**Н** — определение токов удерживания реле 9РП и 10РП (2-6РП) при использовании последовательных обмоток и токов срабатывания указательных реле 11РУ (2-6РУ и 2-7РУ);

**Н** — проверка правильности полярности включения обмоток реле 9РП и 10РП (2-6РП) при использовании последовательных обмоток;

**Н, К1, В б)** проверка электрических характеристик пускового органа токов обратной и нулевой последовательностей на рабочей уставке;

**Н** — проверка настройки фильтра пятой гармонической составляющей;

**Н, К1, В** — проверка фильтра токов обратной последовательности совместно с нагрузкой при подведении к панели токов фаз АВ, ВС, СА, АС, ВО, СО и отсутствии на панели оперативного тока;

**Н** — проверка насыщения трансформатора ЗСТП (1-СТП) при подведении к панели токов фаз АВ ( $0,5 — 5$ )  $I_{ном}$ ;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле ЗРН1 и ЗРН2 (1-1ПР и 1-2ПР) по току в обмотках реле и на входе панели при подведении тока фаз АВ и отсутствии на панели оперативного тока;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле ЗРН1 и ЗРН2 (1-1ПР и 1-2ПР) по току на входе панели при подведении тока фаз АВ и поданном на панель оперативном токе;

**Н, К1, В** — проверка четкости работы контактных систем реле ЗРН1 и ЗРН2 (1-1ПР и 1-2ПР) при подведении токов фаз АВ от  $1,05$  тока срабатывания реле ЗРН2 (1-2ПР) до  $3I_{ном}$ ;

**Н, К1, В** — проверка действия безынерционного пуска ВЧ передатчика;

**Н** — проверка насыщения трансформатора ЗТПН (1-ТНО) при подведении к панели токов фаз СО ( $0,5 — 5$ )  $I_{ном}$ ;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания реле ЗРН1 и ЗРН2 (1-1ПР и 1-2ПР) по току на входе панели при подведении тока фаз СО и поданном на панель оперативном токе<sup>1</sup>;

**Н, К1, В** — проверка четкости работы контактных систем реле ЗРП и ЗРП2 (1-1ПР и 1-2ПР) при подведе-

нии токов фаз С0 от 1,05 тока срабатывания реле ЗРН2 (1-2ПР) до  $3I_{ном}^1$ ;

<sup>1</sup> Проверки проводятся в случае использования пуска по току нулевой последовательности.

**Н, К1, В в)** проверка токовых реле 6РТ и 7РТ (1-1РТ и 1-2РТ) в соответствии с объемами технического обслуживания для конкретного типа реле;

**Н, К1, В г)** проверка реле сопротивления 4РС (1-РС):

**Н** — определение угла максимальной чувствительности на расчетной уставке методом «засечки»;

**Н, К1, В** — проверка заданной уставки по сопротивлению срабатывания при заданном угле между векторами тока и напряжения и определение коэффициента возврата;

**Н** — снятие характеристики зависимости сопротивления срабатывания реле от тока при заданном угле между векторами тока и напряжения с целью определения действительного тока точной работы;

**Н, К1, В** — проверка четкости работы контактной системы реле при изменении сопротивления от 0,1 до 0,9 сопротивления срабатывания и тока от  $0,2I_{ном}$  до пятикратного номинального;

**Н, К1, В д)** проверка электрических характеристик органа манипуляции ВЧ передатчиком на рабочей уставке:

**Н, К1, В** — проверка действия стабилизаторов напряжения;

**Н** — проверка настройки комбинированного фильтра токов прямой и обратной последовательностей;

**Н, К1, В** — определение коэффициента К фильтра;

**Н, К1, В** — проверка чувствительности органа манипуляции при отключенном и включенном приемепередатчике;

**Н** — проверка стабильности коэффициента фильтра при токах от 0,3 до  $5I_{ном}$ ;

**Н, К1, В** — измерение угла между векторами тока фаз ВС на входе панели и напряжения на выходе органа манипуляции при токе от 0,3 до  $5I_{ном}$ . При К1 и В измерение угла производится при токе  $0,5I_{ном}$ ;

**Н, К1, В, К е)** проверка органа сравнения фаз токов:

**Н, К1, В, К** — снятие характеристики манипуляции и определение напряжения полной манипуляции (при К проверяется только одна точка характеристики);

**Н** — снятие фазной характеристики защиты. Одновременно со снятием характеристики производится настройка токов срабатывания реле 2ПР4 (2-4ПР) в соответствии с заданным углом блокировки на обеих ветвях фазной характеристики, а также определение тока возврата и проверки четкости работы контактной системы реле 2ПР4 (2-4ПР);

**Н, К1, В, К** — проверка токов срабатывания и возврата реле 2ПР3 и 2ПР4 (2-3ПР и 2-4ПР) при питании органа фаз переменным напряжением;

**Н, К1, В ж)** проверка фазной характеристики и угла блокировки;

**Н, К1, В з)** проверка взаимодействия реле панели релейной и ВЧ частей защиты при напряжении оперативного тока; равном 0,8 номинального значения;

**Н, К1, В, К и)** комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:

**Н, К1, В, К** — проверка поведения реле 2РН4 (2-4ПР) при КЗ вне защищаемой зоны;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при симметричных и несимметричных КЗ в зоне действия защиты;

**Н, К1, В, К к)** проверка защиты рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения, а также правильности включения реле сопротивления 4РС (1-РС) в соответствии с программой работ для конкретного вида технического обслуживания;

**Н, К1, В** — проверка правильности включения комбинированного фильтра токов и фильтра тока обратной последовательности измерением напряжения на выходе органа манипуляции ВЧ передатчика и тока в обмотках реле 3РН1, 3РН2 (1-1ПР, 1-2ПР) при прямом и обратном чередовании фаз тока;

**Н, К1, В** — проверка совпадения фаз тока между подстанциями, на которых установлены полукомплекты защиты; при В проверка не производится в том случае, если разборка токовых цепей выполнялась на испытательных зажимах панели.

#### 4.2.3. Защиты ДФЗ-401 и ДФЗ-501

**Н, К1, В а)** проверка реле постоянного тока:

**Н, К1, В** — измерение времени действия реле 2РП–2РП7, 7РП, 8РП (2РП–2РП7, 7РП, 8РП, 11РП).

**Примечание.**

Здесь и далее обозначения в скобках относятся к защите ДФЗ-501;

**Н** — проверка напряжения срабатывания и возврата реле 2РП1–2РП7, 7РП, 8РП (2РП–2РП7, 7РП–11РП) и напряжения срабатывания указательных реле 9РУ — 13РУ (13РУ–16РУ);

**Н** — определение тока срабатывания и возврата реле 6РП и тока срабатывания указательного реле 12РУ (ДФЗ-501).

**Примечание.**

Если при измерении времени действия производилось регулирование реле, то при В дополнительно выполняется проверка напряжения срабатывания и возврата реле;

**Н, К1, В б)** проверка электрических характеристик пускового органа напряжения обратной и тока нулевой последовательности на рабочей уставке:

**Н, К1, В** — проверка значения сопротивления компенсации;

**Н** — проверка настройки ФНОП;

**Н** — проверка настройки фильтра пятой гармонической составляющей;

**Н** — проверка правильности включения трансформаторов ЗТКП;

**Н, К1, В** — совместная проверка ФНОП и его нагрузки при подведении к панели напряжений фаз А-ВС, В-СА, С-АВ и отсутствии на панели постоянного тока;

**Н** — проверка токов срабатывания и возврата реле ЗРН1 и ЗРН2 по току в обмотках этих реле при отсутствии и наличии оперативного тока и подведении к панели напряжений фаз А-ВС;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле ЗРН1 и ЗРН2 по напряжению на входе панели при поданном на панель оперативном токе и подведении к панели напряжения фаз А-ВС;

**Н, К1, В** — проверка четкости работы контактных систем реле ЗРН1 и ЗРН2 при подведении напряжений фаз А-ВС от 1,05 напряжения срабатывания реле ЗРН2 до 120 В;

**Н, К1, В** — проверка правильности настройки компенсирующего устройства;

**Н, К1, В** — проверка действия безынерционного пуска ВЧ передатчика;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания реле ЗРН1 и ЗРН2 по току на входе панели при подведении тока фаз С0 и поданном на панель оперативном токе I, проверка четкости работы контактных систем реле ЗРН1 и ЗРН2 при подведении токов фаз С0 от 1,05 тока срабатывания реле ЗРН2 до  $3I_{ном}^1$ ;

<sup>1</sup> Проверки проводятся в случае использования пуска по току нулевой последовательности.

**Н, К1, В** — проверка чувствительности пускового органа при подведении к нему одновременно тока и напряжения;

**Н** — определение максимального напряжения на обмотках реле ЗРН1 и ЗРН2 при подведении к пусковому органу совместно тока и напряжения;

**Н, К1, В в)** проверка токового реле 5РТ и реле напряжения 6РН (для ДФЗ-501) в соответствии с объемом технического обслуживания для данного типа реле;

**Н, К1, В г)** проверка реле сопротивления:

**Н** — определение угла максимальной чувствительности на расчетной уставке методом «засечек»;

**Н, К1, В** — проверка заданной уставки по сопротивлению срабатывания при заданном угле между векторами тока и напряжения и определение коэффициента возврата;

**Н** — снятие характеристики зависимости сопротивления срабатывания реле от тока при заданном угле между векторами тока и напряжения с целью определения действительного тока точной работы;

**Н, К1, В** — проверка четкости работы контактной системы реле при изменении сопротивления от 0,1 до 0,9 сопротивления срабатывания и токах  $(0,2 — 5)I_{ном}$ ;

**Н, К1, В д)** проверка блокировки защиты при неисправности цепей напряжения:

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле 4РН5 и четкости работы его контактов;

**Н** — проверка ампер-витков и полярности обмоток трансформатора 4ТБ, к которым подключаются одноименные фазы трансформатора напряжения от обмоток, соединенных в звезду и в разомкнутый треугольник;

**Н, К1, В е)** проверка электрических характеристик органа манипуляции ВЧ передатчиком на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка действия стабилизаторов напряжения;

**Н** — проверка настройки комбинированного фильтра токов;

**Н, К1, В** — определение коэффициента  $K$  фильтра;

**Н, К1, В** — проверка фильтров прямой и обратной последовательностей;

**Н, К1, В** — проверка проводимостей компенсирующих устройств емкостных токов;

**Н** — проверка согласования полярностей включения обмоток трансформаторов 1ТКУ1 и 1ТКУ2 при поданном на панель напряжении фаз А-ВС, равном 174 В;

**Н, К1, В** — проверка чувствительности органа манипуляции при отключенном и включенном приеме передатчика;

**Н, К1, В** — измерение угла между векторами тока фаз ВС на входе панели и напряжения на выходе органа манипуляции при значении тока  $(0,3 - 4)I_{\text{ном}}$ ;

**Н, К1, В, К ж)** проверка органа сравнения фаз токов:

**Н, К1, В, К** — снятие характеристики манипуляции и определение напряжения полной манипуляции (при  $K$  проверяется только напряжение полной манипуляции);

**Н** — снятие фазной характеристики защиты. Одновременно со снятием характеристики производится настройка токов срабатывания реле 2РН4 в соответствии с заданным углом блокировки на обеих ветвях фазной характеристики, а также определение тока возврата и четкости работы контактной системы реле 2РН4;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле 2РН3 и 2РН4 при питании органа сравнения фаз переменным напряжением;

**Н, К1, В з)** проверка взаимодействия реле панели релейной и ВЧ частей защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;

- Н, К1, В, К** и) комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:  
проверка поведения реле 2РН4 при КЗ вне защищаемой зоны;  
проверка времени срабатывания защиты при симметричных и несимметричных КЗ в зоне действия защиты;
- Н, К1, В, К** к) проверка защиты рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;  
**Н** — проверка правильности включения реле сопротивления 4РС;  
**Н, К1, В** — проверка правильности включения комбинированного фильтра токов прямой и обратной последовательностей;  
**Н, К1, В** — проверка правильности настройки фильтров напряжения прямой и обратной последовательностей органа манипуляции;  
**Н, К1, В** — проверка правильности включения компенсирующего устройства пускового органа;  
**Н, К1, В, К** — проверка тока небаланса в цепи обмотки реле 4РН5 и действия блокировки при неисправности цепей напряжения;  
**Н, К1, В** — проверка совпадения фаз токов и напряжений между подстанциями, где установлены полукомплекты защиты; при К1, В проверка не проводится в том случае, если разборка токовых цепей и цепей напряжения выполнялась на испытательных зажимах панели.

#### 4.2.4. Защита ДФЗ-503

- Н, К1, В** а) проверка реле постоянного тока;
- Н, К1, В** б) проверка пускового органа фильтров напряжения обратной и тока нулевой последовательностей на рабочей уставке:  
**Н, К1, В** — проверка сопротивления компенсации;  
**Н** — проверка настройки ФНОП;  
**Н** — проверка правильности включения трансформатора 1-ТКП;  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле 1-ПР1, 1-ПР2;



**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле 1-ПР1, 1-ПР2 по напряжению на входе панели;

**Н, К1, В** — проверка четкости работы контактных систем реле 1-ПР1, 1-ПР2 при подаче на панель напряжения фаз А-ВС от 1,05 напряжения срабатывания реле 1-ПР2 до 120 В;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания реле 1-ПР1, 1-ПР2 по току на входе панели при подведении тока 3I<sub>о</sub>;

**Н** — проверка чувствительности пускового органа при подведении к нему одновременно напряжения фаз А-ВС и тока 3I<sub>о</sub>;

**Н, К1, В** — проверка правильности настройки компенсирующего устройства;

**Н, К1, В** — проверка стабилизирующего действия трансформаторов 1-СТП и 1-ТН;

**Н, К1, В** — проверка действия безынерционного пуска ВЧ передатчика;

**Н, К1, В в)** проверка токовых реле 1-РТ1, 2-РТ2 и реле напряжения 1-РН;

**Н, К1, В г)** проверка реле сопротивления:

**Н, К1, В** — определение угла максимальной чувствительности;

**Н, К1, В** — проверка заданной уставки по сопротивлению срабатывания;

**Н** — снятие характеристики  $Z_{ср} = f(I)$  при заданном  $\phi_{мч}$  и определение тока точной работы;

**Н, В** — снятие характеристики  $Z_{ср} = f(j)$ ;

**Н, К1, В** — проверка четкости работы контактной системы реле;

**Н, К1, В д)** проверка устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения:

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле 2-ПР5 и четкости работы его контактов;

**Н** — проверка правильности включения первичных обмоток трансформаторов;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания;

**Н, К1, В е)** проверка органа управления ВЧ передатчиком:

**Н, В** — проверка действия стабилизаторов напряжения;

**Н, К1, В** — проверка настройки комбинированного фильтра токов;

- Н, К1, В** — определение коэффициента  $K$  фильтра;  
**Н** — проверка настройки частотного фильтра;  
**Н, К1, В** — проверка чувствительности органа управления при отключенном и включенном ВЧ передатчике;  
**Н** — проверка проводимостей компенсирующего устройства;  
**Н** — проверка правильности включения обмоток трансформатора 2-ТКМ;  
**Н, К1, В** — проверка значения угла между током на входе панели и напряжением на выходе органа управления;  
**Н** — проверка стабильности коэффициента  $K$  фильтра;
- Н, К1, В ж)** проверка органа сравнения фаз токов:  
**Н, К1, В** — снятие характеристики манипуляции и определение напряжения полной манипуляции (при  $K$  проверяется только напряжение полной манипуляции);  
**Н** — снятие фазной характеристики защиты. Одновременно со снятием характеристики производится настройка токов срабатывания реле 2-ПР4;  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле 2-ПР3 и 2-ПР4 при питании органа сравнения фаз переменным напряжением;
- Н, К1, В з)** проверка взаимодействия реле совместно с приемопередатчиком при напряжении оперативного тока, равном  $0,8U_{ном}$ ;
- Н, К1, В, К и)** комплексная проверка:  
проверка времени срабатывания защиты при имитации различных видов КЗ в защищаемой зоне (при  $K$  проверяется только поведение защиты);  
проверка поведения защиты при КЗ вне защищаемой зоны;
- Н, К1, В, К, О к)** проверка защиты рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;  
**Н** — проверка правильности включения реле сопротивления 1-РС;  
**Н, К1, В** — проверка ФНОП;  
**Н, К1, В** — проверка правильности включения компенсирующего устройства пускового органа;

**Н, К1, В** — проверка правильности включения комбинированного фильтра токов прямой и обратной последовательностей;

**Н, К1, В** — проверка устройства компенсации емкостных токов;

**Н, К1, В** — проверка правильности включения блокировки при неисправностях в цепях напряжения;

**Н, К1, В** — проверка совпадения фаз токов и напряжения между подстанциями (при К1, В проверка не проводится в том случае, если разборка токовых цепей и цепей напряжения выполнялась на испытательных зажимах панели);

**Н** — проверка фазировки органа манипуляции;

**Н, К1, В, К, О** — обмен ВЧ сигналами между подстанциями.

### 4.3. Продольно-дифференциальные защиты линий

#### 4.3.1. Защита ДЗЛ-1

**Н, К1, В а)** проверка токов срабатывания и возврата поляризованных реле 1ПР1, 1ПР2, 2ПР1;

**Н, К1, В б)** измерение сопротивления постоянному току и емкости соединительных проводов защиты;

**Н, К1, В в)** снятие тормозной характеристики реле 1ПР1 при изменении тока в тормозной обмотке до 40 мА;

**Н, К1, В г)** проверка четкости работы контактов реле 1ПР1 при подведении к реле токов от 1,05 тока срабатывания реле 1ПР1 до максимального тока КЗ;

**Н, В д)** проверка выходного реле 1ПР:  
проверка напряжения срабатывания и возврата рабочей и тормозной обмоток;

определение токов удерживания двух последовательных обмоток (в случае их использования); проверка полярности тормозной и последовательных обмоток (в случае их использования) относительно рабочей обмотки;

измерение времени срабатывания реле при отключенной и включенной тормозной обмотке;

**Н, К1, В е)** проверка токового реле 8РТ или реле напряжения 8РН нулевой последовательности;

- Н, К1, В ж)** проверка заданных уставок защиты:  
**Н** — регулировка по расчетным данным сопротивления  $IR_1$  и  $IR_4$  на рабочей отпайке  $n$  для получения заданного коэффициента  $K$ ;  
**Н, К1, В** — проверка тока срабатывания защиты при разомкнутых соединительных проводах и при подведении к панели токов фаз АВ, ВС, СА, А0, В0, С0;
- Н, К1, В з)** проверка устройства автоматического контроля соединительных проводов защиты:  
**Н** — проверка градуировки микроамперметра;  
**Н** — установка тока контроля проводов при номинальном напряжении питания устройства контроля;  
**Н, К1** — определение максимального сопротивления замыкания на землю каждого из соединительных проводов защиты, при котором срабатывает реле 2ПР1 устройства контроля;  
**Н, К1, В** — проверка работы блокировки защиты при снятии переменного напряжения со схемы контроля и при обрыве соединительных проводов;
- Н** и) снятие характеристики зависимости тока срабатывания каждого полукompлекта защиты при питании по фазам ВС от сопротивления соединительных проводов (контроль проводов отключен);
- Н, К1, В к)** снятие тормозной характеристики защиты для каждого полукompлекта (зависимость тока срабатывания данного полукompлекта от значения тока во втором полукompлекте при сдвиге фаз токов в них на  $180^\circ$  и питании А0) при номинальном значении тока контроля проводов;
- Н, К1, В л)** проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, В м)** проверка поведения защиты при замыканиях и обрывах соединительных проводов;
- Н, К1, В, К н)** проверка защиты рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности включения комбинированного фильтра токов при прямом и обратном чередовании фаз тока;  
**Н, К1, В** — проверка совпадения фаз тока между полукompлектами защиты;

**Н, К1, В** — проверка правильности включения соединительных проводов.

#### 4.3.2. Защита ДЗЛ-2

**Н, К1, В а)** проверка сопротивления постоянному току и емкости соединительных проводов;

**Н, К1, В б)** проверка устройства контроля вспомогательных проводов:

**Н, К1, В** — проверка поляризованного реле 2РП1;

**Н, К1, В** — установка тока контроля вспомогательных проводов;

**Н, К1, В** — проверка зависимости тока контроля от напряжения питания;

**Н** — проверка градуировки микроамперметра 2Г для контроля изоляции;

**Н, К1, В в)** проверка основных элементов защиты:

**Н, К1, В** — проверка токового реле 1РТ;

**Н, К1, В** — проверка поляризованного реле 1ПР1;

**Н** — проверка тормозной характеристики реле 1ПР1;

**Н, К1, В** — проверка поляризованного реле 1ПР2;

**Н, К1, В** — проверка комбинированного фильтра;

**Н** — проверка стабилизатора напряжения;

**Н, В** — проверка указательных реле;

**Н, К1, В г)** проверка взаимодействия реле в полностью собранной схеме при напряжении оперативного тока 0,8 номинального значения;

**Н, К1, В, К д)** комплексная проверка защиты:

проверка действия защиты при внешнем КЗ;

проверка действия защиты при КЗ в зоне в режимах одностороннего и двустороннего питания;

**Н, К1, В, К е)** проверка защиты рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения токовых цепей;

**Н, К1, В** — проверка правильности настройки комбинированного фильтра;

**Н, К1, В** — проверка совпадения фаз тока между комплектами защиты;

**Н, К1, В** — проверка правильности включения вспомогательных проводов.

#### 4.4. Направленные защиты с высокочастотной блокировкой

##### 4.4.1. Защита ПДЭ 2802, ПДЭ 2802.01

- Н, К1, В, К а)** проверка блока питания:  
**Н, К1, К, В** — проверка значений выходных напряжений;  
**Н, К1, В** — проверка характеристики стабилизации уровней  $\pm 15$  В при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального значения;  
**Н, К1, В** — проверка выходной характеристики уровня 24 В при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального значения;  
**Н, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выходах  $\pm 15$  В;
- Н, К1, В б)** проверка реле постоянного тока;
- Н, К1, В в)** проверка логической части:  
**Н, В** — проверка напряжения питания + 9 В;  
**Н** — снятие потенциальной диаграммы блока логики;  
**Н, К1, В** — измерение выдержек времени блока логики;
- Н, В г)** проверка работоспособности схемы функционального контроля измерительных органов;
- Н, К1, В д)** проверка реле тока обратной последовательности:  
**Н** — проверка ФТОП;  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата;
- Н, К1, В е)** проверка реле напряжения обратной последовательности:  
**Н** — проверка ФНОП;  
**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата;
- Н, К1, В ж)** проверка реле тока обратной последовательности с торможением:  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата при отсутствии торможения;  
**Н, В** — проверка коэффициента торможения;
- Н, К1, В з)** проверка токов срабатывания и возврата реле тока нулевой последовательности;
- Н, К1, В и)** проверка дополнительного пускового реле  $\Delta A$ ;
- Н, К1, В к)** проверка отключающего реле мощности обратной последовательности;

- Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности;
- Н, В** — проверка напряжения и тока срабатывания;
- Н, К1, В** — проверка зоны срабатывания;
- Н, К1, В л)** проверка реле сопротивления отключающего  $Z_{откл}$  СА и блокирующего  $Z_{бл}$  СА:
- Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности на рабочей уставке методом «засечек»;
- Н, К1, В** — проверка заданной уставки по сопротивлению срабатывания;
- Н, В** — проверка характеристики  $Z_{ср} = f(\varphi)$ ;
- Н** — снятие характеристики-зависимости сопротивления срабатывания реле от тока и определение тока точной работы;
- Н, К1, В** — проверка работы реле при КЗ за «спиной» (для  $Z_{откл}$  СА) и проверка сопротивления смещения;
- Н, К1, В м)** проверка реле сопротивления дополнительных  $Z_{доп}$  АВ,  $Z_{доп}$  ВС:
- Н** — проверка угла максимальной чувствительности;
- Н, К1, В** — проверка заданной уставки по сопротивлению срабатывания;
- Н** — снятие характеристики-зависимости сопротивления реле от тока и определение тока точной работы;
- Н, К1, В** — проверка характеристики  $Z_{ср} = f(\varphi)$  и проверка смещения в I (III) зону;
- Н, К1, В н)** проверка устройства контроля исправности цепей напряжения (КИН):
- Н** — проверка балансировки ампер-витков трансформаторов;
- Н, К1, В** — проверка работы КИН при имитации различных видов КЗ;
- Н, К1, В о)** проверка взаимодействия релейной части с высокочастотной аппаратурой АВЗК-80;
- Н, К1, В, К п)** комплексная проверка:
- измерение времени срабатывания защиты при различных видах КЗ в зоне действия защиты (при К — проверка действия защиты без измерения времени);
- Н, В р)** проверка выходных цепей, цепей сигнализации, регистратора, реле-повторителей;
- Н, К1, В с)** проверка взаимодействия защиты с другими устройствами РЗА и действия на выключатели;

- Н, К1, В, К т)** проверка защиты рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;  
**Н, К1, В** — проверка ФТОП и ФНОП;  
**Н** — проверка правильности включения реле мощности;  
**Н, К1, В** — проверка КИН.

#### 4.4.2. Защита ПДЭ 2003 (НДЗ-751), ПДЭ 2003.01

- Н, К1, В, К а)** проверка блока питания БП-180 (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.11, а);
- Н, К1, В б)** проверка измерительных органов:  
проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения РН1, РН2;  
проверка уставок по току срабатывания реле тока и снятие тормозных характеристик;
- Н, К1, В в)** проверка КИН;
- Н, К1, В г)** проверка реле направления мощности обратной последовательности (РМОП):  
**Н** — проверка настройки ФТОП;  
**Н** — проверка настройки ФНОП;  
**Н, К1, В** — проверка тока срабатывания реле с действием на отключение (проверка частотной характеристики по току для НДЗ-751);  
**Н, К1, В** — проверка напряжения срабатывания реле с действием на отключение (проверка частотной характеристики по напряжению для НДЗ-751);  
**Н, В** — проверка действия реле по дополнительному выходу (проверка настройки схемы сравнения для НДЗ-751);  
**Н, К1, В** — проверка параметров срабатывания реле при действии на блокировку;  
**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности;  
**Н, К1, В** — проверка настройки уставки устройства компенсации емкостного тока;  
**Н, В** — проверка тормозных характеристик;  
**Н, В** — проверка вольт-амперных характеристик;  
**Н, В** — проверка угловых характеристик;
- Н, К1, В д)** проверка характеристик органа манипуляции:  
проверка коэффициента комбинированного фильтра токов органа манипуляции;



проверка настройки устройства компенсации емкостного тока линии;

проверка угла сдвига фаз между током и выходным напряжением органа манипуляции;

проверка чувствительности органа манипуляции;

**Н, К1, В е)** проверка характеристики реле сопротивления:

проверка угла максимальной чувствительности;

проверка уставки по сопротивлению срабатывания;

определение тока точной работы и снятие характеристики  $Z_{ср} = f(I)$ ;

проверка характеристики  $Z_{ср} = f(\varphi)$ ;

**Н, К1, В ж)** проверка логической части:

**Н, В** — проверка работы устройства перевода в режим сравнения фаз;

**Н, В** — проверка реле постоянного тока;

**Н, К1, В** — проверка элементов времени модуля логики МЛ-501;

**Н, В** — проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА и действия на выключатели;

**Н, К1, В, К з)** комплексная проверка:

**Н, К1, В, К** — проверка времени срабатывания защиты по основному каналу при имитации различных видов КЗ в защищаемой зоне (при К проверяется только поведение защиты);

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при неполнофазном включении выключателя;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты в режиме сравнения фаз токов;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при имитации включения выключателя на трехфазное КЗ;

**Н, К1, В, К и)** проверка рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к панели;

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей напряжения к устройству КИН;

**Н** — проверка правильности включения РМОП;

**Н** — проверка правильности включения реле сопротивления;

**Н, К1, В** — проверка правильности включения комбинированного фильтра токов органа манипуляции;

**Н, К1, В** — проверка действия релейной части совместно с приемопередатчиком;

**Н, К1, В** — проверка совпадения фаз токов и напряжения между подстанциями, где установлены полуконтакты защиты.

#### 4.4.3. Шкаф высокочастотной защиты ШЭ2705

**Н, К1, В, К** а) проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.9, А, а);

**Н, К1, В** б) проверка измерительных органов:

проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения;

проверка уставок по току срабатывания реле тока и снятие тормозных характеристик;

проверка токов срабатывания и возврата реле тока нулевой последовательности;

проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения нулевой последовательности;

**Н, К1, В** в) проверка КИН;

**Н, К1, В** г) проверка РМОП:

**Н** — проверка настройки ФТОП;

**Н** — проверка настройки ФНОП;

**Н, К1, В** — проверка тока и напряжения срабатывания реле по фазе А;

**Н, К1, В** — проверка напряжения срабатывания реле по фазе А;

**Н, К1, В** — проверка тока и напряжения срабатывания реле по фазам В и С;

**Н, К1, В** — проверка напряжения срабатывания реле по фазам В и С;

**Н, К1, В** — проверка чувствительности РМОП;

**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности и ширины зоны действия;

**Н, К1, В** — проверка настройки уставки по компенсации емкостного тока;

**Н, К1, В** — проверка уставки по сопротивлению смещения  $Z_k$ ;

**Н, В** — проверка тормозных характеристик;

**Н, К1, В** д) проверка характеристик органа манипуляции:

проверка коэффициента комбинированного фильтра токов органа манипуляции;  
проверка настройки устройства компенсации емкостного тока линии;

проверка угла сдвига фаз между током и выходным напряжением органа манипуляции;

проверка чувствительности органа манипуляции;

- Н, К1, В е)** проверка характеристики реле сопротивлений  $Z_{\text{бл}}$  и  $Z_{\text{от}}$ :  
проверка угла максимальной чувствительности;  
проверка уставки по сопротивлению срабатывания;  
определение тока точной работы и снятие характеристики  $Z_{\text{ср}} = f(I)$ ;  
проверка характеристики  $Z_{\text{ср}} = f(\varphi)$ ;

- Н, К1, В ж)** проверка реле постоянного тока;

- Н, К1, В з)** проверка приемных реле;

- Н, К1, В и)** проверка логической части:

**Н, К1** — проверка потенциальной диаграммы;

**Н, К1** — проверка выдержек времени элементов задержки блоков логики;

**Н, В** — проверка работы устройства перевода в режим сравнения фаз;

**Н, В** — проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА и действия на выключатели;

- Н, К1, В, К к)** проверка работоспособности устройств функционального и тестового контроля;

- Н, К1 В л)** проверка работы защиты с каналом связи по РРЛ (в случае использования канала тональной связи);

- Н, К1, В м)** проверка выходных цепей и цепей сигнализации;

- Н, К1, В, К н)** комплексная проверка:

**Н, К1, В, К** — проверка времени срабатывания защиты по основному каналу при имитации различных видов КЗ в защищаемой зоне (при К проверяется только поведение защиты);

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при неполнофазном включении выключателя;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты в режиме сравнения фаз токов;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при имитации включения выключателя на трехфазное КЗ;

- Н, К1, В, К о)** проверка рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к панели;

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей напряжения к устройству КИН;

**Н** — проверка правильности включения РМОП;

**Н** — проверка правильности включения реле сопротивления;

**Н, К1, В** — проверка правильности включения комбинированного фильтра токов органа манипуляции;

**Н, К1, В** — проверка действия релейной части совместно с приемопередатчиком;

**Н, К1, В** — проверка совпадения фаз токов и напряжения между подстанциями, где установлены полуконтакты защиты.

#### **4.5. Устройства автоматического повторного включения**

##### **4.5.1. Устройства однофазного автоматического повторного включения ОАПВ-501 и ОАПВ-502**

**Н, К1, В а)** проверка электрических характеристик избирательного органа:

**Н, К1, В** — определение угла максимальной чувствительности на расчетной уставке методом «засечек»;

**Н, К1, В** — регулирование заданных уставок по сопротивлению срабатывания при заданных угле и токе настройки;

**Н, К1, В** — регулирование заданного смещения характеристики (в I или III квадрант) при угле настройки  $\varphi_{м.ч}$  и  $\varphi_{м.ч} + 180^\circ$  соответственно и вторичном токе, равном  $0,2I_{ном}$ ;

**Н** — снятие характеристики зависимости сопротивления срабатывания реле от тока с целью определения действительного тока точной работы при заданном или принятом угле настройки;

**Н, К1, В б)** проверка токовых блокирующих реле 5РТ1, 5РТ2, 5РТ3 и реле напряжения 6РН и 7РН;

**Н, К1, В в)** проверка реле постоянного тока;

- Н, К1, В г)** проверка взаимодействия реле в схеме при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, В, К д)** проверка работы и времени действия устройства ОАПВ при имитации различных видов повреждений:  
проверка обеспечения выбора, отключения и успешного АПВ поврежденной фазы линии при неустойчивых однофазных КЗ;  
проверка обеспечения выбора, отключения, АПВ поврежденной фазы и последующего отключения трех фаз линии при устойчивых однофазных КЗ;  
проверка обеспечения отключения трех фаз линии запрета АПВ при междуфазных КЗ;  
то же при неустойчивых однофазных КЗ и отказе избирательного органа поврежденной фазы линии;  
то же при двухфазных КЗ на землю и отказе избирательного органа одной из поврежденных фаз линии;
- Н, В е)** проверка действия устройства ОАПВ на выключатели линии при имитации:  
однофазных неустойчивых повреждений на каждой фазе;  
однофазного устойчивого повреждения на фазе А;  
двухфазного повреждения на фазах А и В;
- Н, К1, В ж)** проверка взаимодействия устройств ОАПВ с другими устройствами релейной защиты и электроавтоматики линий, а также с УРОВ;
- Н, К1, В, К з)** проверка устройства ОАПВ рабочим током и напряжением.

#### 4.5.2. Устройство АПВ-503

- Н, К1, В а)** проверка реле постоянного тока;
- Н, К1, В б)** проверка реле напряжения на рабочей уставке;
- Н, К1, В в)** проверка реле контроля синхронизма;
- Н, К1, В г)** проверка реле тока 2РТ1–2РТ4;
- Н, К1, В д)** проверка реле тока нулевой последовательности 2РТ5:  
**Н** — проверка настройки фильтра третьей гармонической составляющей;  
**Н** — проверка отстройки исполнительного органа от токов третьей гармонической составляющей;  
**Н, К1, В** — проверка срабатывания исполнительного органа;

**Н, К1, В** — проверка уставки реле при подаче тока на зажимы 33–35 и возбужденном реле 1РП2;

**Н** — проверка тормозных характеристик при подаче тока на зажимы 33–35 и возбужденном реле 1РП2;

**Н, К1, В** — измерение времени срабатывания реле при  $I_p = 2I_{cr}$ ;

**Н, К1, В е)** проверка комплекта реле сопротивления:

**Н, К1, В** — проверка механической регулировки поляризованных реле;

**Н** — проверка настройки фильтров второй гармонической составляющей;

**Н** — проверка стабилитронов 4Д1–4Д3;

**Н, К1, В** — проверка поляризованных реле 4РП1 — 4РП3;

**Н** — проверка магнитоэлектрических реле в полной схеме;

**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности методом «засечек» на расчетной уставке;

**Н, К1, В** — проверка заданной уставки по сопротивлению срабатывания;

**Н** — проверка характеристики сопротивления срабатывания от тока и определение тока точной работы по схеме I и II;

**Н, К1, В** — проверка характеристики  $Z_{cr} = f(\varphi)$ ;

**Н, К1, В ж)** проверка взаимодействия элементов устройства при напряжении оперативного тока 0,8 номинального значения;

**Н, К1, В, К з)** проверка работы устройства при имитации различных видов КЗ;

**Н, К1, В, К и)** проверка взаимодействия устройства с другими устройствами и воздействия на выключатели;

**Н, К1, В, К к)** проверка устройства рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;

**Н** — проверка правильности включения избирательных органов;

**Н, В** — проверка напряжения небаланса в реле 2РТ5.

#### 4.5.3. Устройства ПДЭ 2004 (АПВ-751), ПДЭ 2004.01, ПДЭ 2004.03

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.11, а), дополнительно производится изме-

рение напряжений на выходах модуля МП-904 и проверка исправности стабилизатора + 12 В модуля МП-904;

**Н, К1, В б)** проверка реле постоянного тока;

**Н, К1, В в)** проверка реле напряжения:

**Н** — проверка настройки частотных фильтров;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания реле при подаче напряжения 1,2U<sub>ср</sub> толчком и времени возврата реле при снятии напряжения 1,2U<sub>ном</sub>;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения обратной последовательности;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания и возврата реле напряжения обратной последовательности;

**Н, К1, В г)** проверка органа контроля синхронизма (ОКС):

проверка срабатывания ОКС напряжений линии и I системы шин (СШ), линии II СШ;

проверка элементов выдержки времени ОКС;

проверка несрабатывания ОКС;

**Н, К1, В д)** проверка реле тока нулевой последовательности с быстрым возвратом для панелей ПДЭ 2004.01, АПВ-751:

**Н** — проверка настройки частотного фильтра;

**Н, К1, В** — проверка тока срабатывания реле;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания и возврата реле;

**Н, К1, В е)** проверка реле тока обратной последовательности для панели ПДЭ 2004.03:

проверка тока срабатывания;

проверка времени срабатывания и возврата;

**Н, К1, В ж)** проверка комбинированного реле тока и напряжения нулевой последовательности с быстрым срабатыванием:

**Н** — проверка настройки частотных фильтров;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле;

**Н, К1, В** — измерение времени срабатывания и возврата реле;

**Н** — измерение эквипотенциальности интегратора;

- Н, К1, В** — проверка работы реле при одновременном подведении тока и напряжения нулевой последовательности и угле между их векторами, равном  $90^\circ$ ;
- Н, К1, В** — проверка характеристики срабатывания реле при имитации двухфазного КЗ;
- Н, К1, В** — проверка характеристики срабатывания реле при имитации однофазного КЗ;
- Н, К1, В з)** проверка пускового органа тока нулевой последовательности:  
 проверка токов срабатывания и возврата;  
 проверка работы схемы подхвата коротких импульсов пускового органа;
- Н, К1, В и)** проверка фазных блокирующих реле:  
 проверка тока срабатывания реле;  
 измерение времени срабатывания и возврата реле;
- Н, К1, В к)** проверка избирательных органов:  
**Н** — проверка настройки частотных фильтров;  
**Н** — проверка трансреактора ТР;  
**Н** — проверка трансформаторов напряжения ТН1 и ТН2;  
**Н** — проверка автотрансформаторов компенсации;  
**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности и заданных уставок;  
**Н, К1, В** — снятие характеристики  $Z_{ср} = i(\varphi)$  при  $I_{A0} (I_{B0}, I_{C0}) = 1 \text{ A}$ ;  
**Н** — снятие характеристики  $Z_{ср} = i(I)$  при  $\varphi = \varphi_{м.ч}$ ;  
**Н, К1, В** — проверка блокировки избирательных органов от действия фазного блокирующего реле;  
**Н, К1, В** — проверка срабатывания избирательных органов с учетом коэффициента компенсации по току нулевой последовательности при  $\varphi = \varphi_{м.ч}$  и  $I = 0,5 \text{ A}$  (1 A для АПВ-751);  
**Н, К1, В** — измерение времени срабатывания избирательных органов при  $\varphi = \varphi_{м.ч}$ ;  
**Н, К1, В** — измерение времени замедления срабатывания избирательных органов;  
**Н** — проверка работы избирательных органов в режиме реле направления мощности;
- Н, К1, В, К л)** комплексная проверка:  
**Н, К1, В, К** — проверка времени действия элементов времени АПВ при имитации различных повреждений



и пусках схемы (при К проверяется только поведение устройства АПВ);

**Н, К1, В** — проверка времени готовности пуска БАПВ;

**Н, К1, В** — проверка длительности замкнутого состояния контактов пуска БАПВ реле 15Р5, Е15;

**Н, К1, В** — проверка времени готовности пуска;

**Н, К1, В** — проверка длительности замкнутого состояния контактов пуска реле 13Р3, Е13 и 17Р3, Е17;

**Н, К1, В м)** проверка взаимодействия устройства:

проверка действия устройств релейной защиты на пуск схемы АПВ;

проверка действия устройства на отключение выключателей 1Q, 2Q;

проверка действия устройства на включение выключателей 1Q, 2Q;

**Н, К1, В н)** проверка действия непрерывного контроля исправности устройства;

**Н, К1, В, К о)** проверка устройства АПВ рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к панели;

**Н, К1** — проверка правильности включения избирательных органов;

**Н, К1** — проверка правильности включения компенсации избирательных органов током нулевой последовательности;

**Н, К1, В** — проверка правильности включения ФНОП.

#### 4.5.4. Шкаф однофазного повторного включения ШЭ 2702

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.9, А, а);

**Н, К1, В б)** проверка реле постоянного тока;

**Н, К1, В в)** проверка блока максимальных реле тока:

проверка токов срабатывания и возврата;

проверка времени срабатывания при  $I = 2I_{\text{ср}}$  и возврата при сбросе тока от 20 А до нуля;

**Н, К1, В г)** проверка реле напряжения органа выявления успешности включения (ОВУВ):

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле РН1 и РН2;

- Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения нулевой последовательности;  
**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания и возврата реле напряжений при  $U = 1,2U_{ср}$ ;  
**Н, К1, В** — проверка сопротивления смещения;
- Н, К1, В д)** проверка органа контроля погасания дуги (ОКПД):  
 проверка напряжений срабатывания и возврата реле фазных напряжений;  
 проверка уставки по сопротивлению компенсации;  
 измерение времени срабатывания и возврата;
- Н, К1, В е)** проверка реле тока обратной последовательности:  
 проверка тока срабатывания реле;  
 проверка времени срабатывания реле при  $I = 3I_{ср}$  и возврата при сбросе входного тока от 5 А до 0;
- Н, К1, В ж)** проверка блока токовой защиты не отключенных фаз (ТНЗФ):  
 проверка тока срабатывания реле;  
 проверка времени срабатывания при изменении тока толчком до 1,25 уставки и возврата при сбросе тока от 5 А до 0;
- Н, К1, В з)** проверка комбинированного реле тока и напряжения нулевой последовательности (РТННП):  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реле;  
**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле;  
**Н, К1, В** — измерение времени срабатывания и возврата реле;  
**Н, К1, В** — проверка работы реле при одновременном подведении тока и напряжения нулевой последовательности и угле между ними, равном  $90^\circ$ ;  
**Н, К1, В** — проверка характеристики срабатывания реле при имитации двухфазного КЗ;  
**Н, К1, В** — проверка характеристики срабатывания реле при имитации однофазного КЗ;
- Н, К1, В и)** проверка фазных и междуфазных реле сопротивлений:  
**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности и заданных уставок по сопротивлению срабатывания;  
**Н, К1, В** — снятие характеристики  $Z_{ср} = f(\varphi)$  при  $I = 1$  А;  
**Н** — снятие характеристики  $Z_{ср} = f(I)$  при  $\varphi = \varphi_{м.ч}$ ;

**Н, К1, В** — проверка срабатывания избирательных органов с учетом коэффициента компенсации по току нулевой последовательности при  $\varphi = \varphi_{м.ч}$  и токе  $(I_{\phi} + k3I_0) = 0,5 \text{ A}$ ;

**Н, К1, В** — измерение времени срабатывания избирательных органов при  $\varphi = \varphi_{м.ч}$ ;

**Н, К1, В к)** проверка приемных реле и блока контроля реле;

**Н, К1, В л)** проверка логической части:

проверка времени срабатывания органов выдержки времени (ОВВ);

проверка фиксации команд отключения и подключения измерительных органов;

проверка работы трехфазного отключения по командам  $O_{-3,5}$  и программированного отключения;

**Н, К1, В, К м)** комплексная проверка:

**Н, К1, В, К** — проверка времени действия элементов времени АПВ при имитации различных повреждений и пусках схемы (при К проверяется только поведение устройства АПВ):

проверка обеспечения выбора, отключения и успешного АПВ поврежденной фазы линии при неустойчивых однофазных КЗ;

проверка обеспечения выбора, отключения, АПВ поврежденной фазы и последующего отключения трех фаз линии при устойчивых однофазных КЗ;

проверка обеспечения отключения трех фаз линии запрета АПВ при междуфазных КЗ;

то же при неустойчивых однофазных КЗ и отказе избирательного органа поврежденной фазы линии;

то же при двухфазных КЗ на землю и отказе избирательного органа одной из поврежденных фаз линии;

**Н, К1, В н)** проверка взаимодействия устройства:

проверка действия устройств релейной защиты на пуск схемы АПВ;

проверка действия устройства на отключение выключателей 1Q, 2Q, 3Q;

проверка действия устройства на включение выключателей 1Q, 2Q, 3Q;

**Н, К1, В, К о)** проверка работоспособности автоматического и ручного тестового контроля устройства;

**Н, К1, В п)** проверка выходных цепей и цепей сигнализации;

**Н, К1, В, К р)** проверка устройства АПВ рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к панели;

**Н, К1** — проверка правильности включения избирательных органов;

**Н, К1** — проверка правильности компенсации избирательных органов током нулевой последовательности;

**Н, К1, В** — проверка правильности включения ФНОП.

#### 4.5.5. Шкаф устройства трехфазного автоматического повторного включения (ТАПВ) типа ШЭ 2706

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.9, А, а);

**Н, К1, В б)** проверка реле постоянного тока;

**Н, К1, В в)** проверка реле напряжения блоков Д154:

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения прямой последовательности (РНПП);

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания РНПП при подаче напряжения  $1,2U_{\text{ср}}$  толчком и времени возврата реле при снятии напряжения  $1,2U_{\text{ном}}$ ;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения обратной последовательности (РНОП);

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания РНОП при подаче напряжения  $1,5U_{2\text{ср}}$  толчком и времени возврата реле при снятии напряжения  $1,2U_{\text{ном}}$ ;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения нулевой последовательности;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания реле напряжения нулевой последовательности при подаче напряжения  $1,5U_{\text{оср}}$  и возврата реле при снятии напряжения  $1,2U_{\text{ном}}$ ;

**Н, К1, В г)** проверка ОКС:

проверка угла срабатывания ОКС напряжений линии и I СШ;

проверка органов выдержки времени ОКС по основному и дополнительным каналам;

проверка несрабатывания ОКС;

**Н, К1, В д)** проверка приемных реле;

- Н, К1, В** е) проверка логической части:  
    проверка времени срабатывания ОВВ;
- Н, К1, В** ж) проверка выходных цепей и цепей сигнализации;
- Н, К1, В, К** з) комплексная проверка:  
    **Н, К1, В, К** — проверка работы и выдержки времени ТАПВ ОН;  
    **Н, К1, В, К** — проверка работы и выдержки времени ТАПВ КС;  
    **Н, К1, В** — проверка времени готовности пуска УТАПВ;  
    **Н, К1, В** — проверка длительности сигнала разрешения УТАПВ;  
    **Н, К1, В** — проверка времени готовности пуска ТАПВ;  
    **Н, К1, В** — проверка длительности замкнутого состояния контактов пуска ТАПВ;
- Н, К1, В** и) проверка взаимодействия устройства:  
    проверка действия устройств релейной защиты на пуск и запрет схемы АПВ в зависимости от заданного алгоритма;  
    проверка действия при длительном отсутствии переменного напряжения;
- Н, К1, В, К** к) проверка работоспособности устройств функционального и тестового контроля;
- Н, К1, В, К** л) проверка устройства АПВ рабочим током и напряжением:  
    **Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к панели;  
    **Н, К1, В** — проверка правильности включения фильтров напряжения обратной и нулевой последовательностей.

## 4.6. Защиты трансформаторов

### 4.6.1. Защита ДЗТ-21 (ДЗТ-23)

- Н, К1, В** а) проверка модуля питания и управления (МПУ):  
    **Н, К1, В** — проверка стабилизатора напряжения;  
    **Н, К1, В** — проверка выходных промежуточных реле;  
    **Н, К1, В** — проверка выходных цепей;  
    **Н** — проверка усилителей;
- Н** б) проверка автотрансформаторов тока АТ31 и АТ32:  
    проверка коэффициента трансформации на всех ответвлениях;

- проверка коэффициента трансформации на рабочих ответвлениях при номинальном токе;
- Н, В** в) проверка приставки дополнительного торможения в полной схеме;
- Н, К1, В** г) проверка модулей реле дифференциальной защиты (1МРЗД — 3МРЗД):
- Н** — проверка трансреактора;
  - Н** — проверка промежуточных трансформаторов;
  - Н** — проверка фильтра второй гармонической составляющей;
  - Н, К1, В** — проверка выдержки времени элементов Вв и Вср реагирующего органа;
  - Н, К1, В** — проверка тока срабатывания чувствительного органа на рабочей уставке;
  - Н** — проверка напряжения на вторичной обмотке трансреактора Тр при срабатывании чувствительного органа защиты;
  - Н, К1, В** — проверка тока срабатывания и времени срабатывания отсечки;
  - Н, К1, В** — проверка тормозной характеристики на рабочей уставке коэффициента торможения;
- Н, К1, В, К** д) комплексная проверка:
- Н, К1, В, К** — проверка тока срабатывания чувствительного органа в полной схеме при поочередной подаче тока в каждое из плеч защиты;
  - Н, К1, В, К** — проверка времени срабатывания чувствительного органа защиты;
  - Н** — проверка правильности включения тормозных цепей защиты;
- Н, К1, В** е) проверка взаимодействия защиты с другими устройствами РЗА;
- Н, К1, В, К** ж) проверка защиты рабочим током и напряжением:
- проверка правильности подключения токовых цепей;
  - проверка напряжения небаланса во вторичной обмотке трансреактора Тр в полной схеме.

#### 4.6.2. Защита Ш 2101

- Н, К1, В, К** а) проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.11, а);

- Н, К1, В б)** проверка дифференциальной токовой защиты автотрансформатора (АТ);  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа на рабочей уставке со стороны каждого плеча защиты;  
**Н, К1, В** — проверка тока срабатывания измерительного органа дифференциальной токовой отсечки на рабочей уставке со стороны каждого плеча защиты;  
**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при двукратном токе срабатывания измерительного органа со стороны каждого плеча защиты;  
**Н, К1, В** — проверка тормозной характеристики защиты — зависимости тока срабатывания от тока в тормозной обмотке со стороны каждого плеча защиты;  
**Н** — проверка отстройки от броска намагничивания по каждому входу;  
**Н, В** — проверка работы схемы функционального контроля по каждому входу;
- Н, К1, В в)** проверка дифференциальной токовой защиты регулируемого трансформатора (проверяется аналогично проверке по п. 4.6.2, б, но без проверки дифференциальной токовой отсечки);
- Н, К1, В г)** проверка дифференциальной токовой защиты ошиновки стороны низшего напряжения АТ:  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа на рабочей уставке со стороны каждого плеча защиты;  
**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при двукратном токе срабатывания измерительного органа со стороны каждого плеча защиты;  
**Н, К1, В** — проверка тормозной характеристики защиты — зависимости тока срабатывания от тока в тормозной обмотке стороны каждого плеча защиты;  
**Н, В** — проверка работы схемы функционального контроля по каждому входу;
- Н, К1, В д)** проверка устройств контроля изоляции ввода (КИВ) стороны высшего напряжения (ВН) и среднего напряжения (СН) АТ:  
**Н** — проверка напряжений срабатывания измерительного органа;

**Н, К1, В** — проверка напряжения полного отклонения стрелки измерительного прибора;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания выходов избирателя фаз А, В, С на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка действия устройства при обрыве цепи тока каждой из фаз А, В, С;

**Н, К1, В е)** проверка устройства защиты от неполнофазного режима (ЗНР) стороны ВН (СН):

проверка действия защиты при пусках по всем входам имитацией неполнофазного отключения выключателей;

**Н, К1, В ж)** проверка устройства защиты от замыканий на землю обмотки НН:

проверка напряжений срабатывания и возврата измерительного органа на рабочей уставке;

проверка выдержки времени срабатывания защиты на рабочей уставке;

**Н, К1, В з)** проверка схемы цепей автоматического ускорения ЦАУ резервных защит при включении:

**Н** — проверка настройки фильтров напряжения прямой и обратной последовательностей путем контроля срабатывания измерительных органов при подаче напряжений фаз АВ, ВС, СА;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата измерительных органов напряжений на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка действий логической части защиты при срабатывании измерительных органов и пуска схемы от выходных реле;

**Н, К1, В и)** проверка защиты от перегрузки АТ:

проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов фаз А, В, С на рабочей уставке;

проверка выдержки времени срабатывания защиты на рабочей уставке;

**Н** к) проверка действия защит от устройства тестового контроля;

**Н, К1, В л)** проверка действия устройств функционального и тестового контроля комплекса шкафов Ш 2101 — Ш 2103;

**Н, К1, В, К м)** комплексная проверка защит шкафа с действием на выходные реле шкафа Ш 2103 с проверкой времени действия каждой защиты и контролем срабатывания сигнализации;



- Н** н) проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА по цепям пуска УРОВ, запрета АПВ и отключения смежных элементов;
- Н, К1, В, К** о) проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### 4.6.3. Защита Ш 2102

- Н, К1, В, К** а) проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.11, а);
- Н, К1, В** б) проверка дистанционной защиты:
- Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности реле сопротивления I и II ступеней фаз АВ, ВС, СА на расчетной уставке;
- Н, К1, В** — проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания реле сопротивления I и II ступеней фаз АВ, ВС, СА при заданных угле и токе настройки;
- Н** — определение тока точной работы и снятие характеристики  $Z_{ср} = (I)$  для реле сопротивления I и II ступеней фаз АВ, ВС и СА;
- Н, К1, В** — проверка характеристики срабатывания  $Z_{ср} = i(\varphi)$  для реле сопротивления I и II ступеней фаз АВ, ВС и СА;
- Н** — проверка настройки ФТОП пускового органа блокировки при качаниях;
- Н, К1, В** — проверка тока срабатывания чувствительного и грубого пусковых органов блокировки при качаниях на рабочих уставках при двухфазном КЗ;
- Н, К1, В** — проверка настройки пускового органа блокировки при неисправности в цепях напряжения;
- Н, К1, В** — комплексная проверка действия ступеней дистанционной защиты I и II ступеней при имитации двухфазных КЗ фаз АВ, ВС, СА с подачей параметров аварийного режима, соответствующих  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ , и контролем времени действия ступеней на рабочих уставках и по цепи оперативного ускорения, а также срабатывания сигнализации;
- Н, К1, В** — проверка действия дистанционной защиты на выходные реле шкафа Ш 2102 и через выходные реле шкафа Ш 2103 на выключатели защищаемого АТ;
- Н, К1, В** в) проверка ТНЗНП сторон ВН и СН:

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов I, II, III ступеней ТНЗНП на рабочих уставках;

**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности блокирующего и разрешающего ОНМ;

**Н, К1, В** — проверка токов и напряжений срабатывания блокирующего и разрешающего ОНМ на рабочей уставке при угле максимальной чувствительности;

**Н, К1, В** — проверка зоны работы без смещения блокирующего и разрешающего ОНМ на рабочих уставках по току и напряжению;

**Н** — проверка коэффициентов компенсации емкостных токов в ОНМ;

**Н** — проверка коэффициента торможения ОНМ при ка-  
чаниях с большими токами;

**Н** — проверка смещения характеристики срабатывания ОНМ для шкафов исполнения А;

**Н, К1, В** — комплексная проверка ТНЗНП при имитации однофазных повреждений с подачей параметров аварийного режима, соответствующих срабатыванию I, II, III ступеней, и контролем времени действия ступеней на рабочих уставках, а также срабатывания сигнализации;

**Н, К1, В** — проверка действия токовой защиты на выходные реле шкафа Ш 2102 и через выходные реле шкафа Ш 2103 на выключатели защищаемого АТ;

**Н, К1, В г)** проверка токов срабатывания и возврата реле тока УРОВ на рабочей уставке;

**Н, К1, В д)** проверка работоспособности устройств функционального и тестового контроля защит шкафа;

**Н, К1, В, К е)** проверка защит шкафа рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к шкафу;

**Н** — проверка правильности включения ФТОП;

**Н** — проверка правильности включения реле сопротивления;

**Н** — проверка направленности ОНМ ТЗНП.

#### 4.6.4. Защита Ш 2103

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.11, а);

- Н, К1, В б)** проверка резервной дифференциальной токовой защиты АТ (выполняется аналогично проверке по п. 4.6.2, б);
- Н, К1, В в)** проверка дифференциальных токовых защит шин сторон высшего и среднего напряжения АТ (выполняется аналогично проверке по п. 4.6.2, г);
- Н, К1, В г)** проверка максимальной токовой защиты (МТЗ) стороны НН АТ:  
**Н, К1, В** — проверка тока срабатывания и возврата реагирующего органа МТЗ на рабочей уставке;  
**Н, В** — проверка настройки фильтров напряжения прямой и обратной последовательностей путем проверки напряжения срабатывания реагирующих органов составляющих прямой и обратной последовательностей напряжения при различном сочетании фаз подводимых напряжений;  
**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата измерительных органов симметричных составляющих на рабочей уставке;  
**Н, К1, В** — комплексная проверка защиты с проверкой времени действия защиты на рабочих уставках по всем выходам и контролем срабатывания сигнализации;
- Н, К1, В д)** проверка защиты реактированного ответвления на стороне НН АТ:  
проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа токовой отсечки на рабочей уставке;  
проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа МТЗ на рабочей уставке;  
комплексная проверка действия защиты на выходные реле шкафа с контролем времени срабатывания токовой отсечки и МТЗ и контролем срабатывания сигнализации;
- Н, К1, В е)** проверка действия газовых защит АТ, РПН, регулировочного трансформатора и реле давления РПН на выходные реле шкафа с контролем действия на сигнал и отключение;
- Н, К1, В ж)** проверка работы схемы запрета АПВ:  
**Н, К1, В** — проверка времени действия запрета АПВ шин стороны ВН на рабочей уставке;  
**Н, К1, В** — проверка времени фиксации предшествующего срабатывания дифференциальной защиты шин стороны ВН для запрета АПВ на рабочей уставке;  
**Н, В** — проверка времени фиксации недоотключения фаз выключателей;

**Н, К1, В** — комплексная проверка работы схемы запрета АПВ;

**Н, К1, В, К з)** комплексная проверка действия защит шкафа на отключение всех выключателей защищаемого АТ, проверка вывода защит шкафа ключом «Вывод шкафа из работы»;

**Н, К1, В, К и)** проверка защит шкафа рабочим током и напряжением.

#### 4.6.5. Шкафы основных защит автотрансформаторов ШЭ 2108А, ШЭ 2108Б

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (проводится аналогично проверке по п. 4.1.9, А, а);

**Н, К1, В б)** проверка дифференциальной токовой защиты автотрансформатора (ДЗ АТ2):

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа на рабочей уставке со стороны каждого плеча защиты;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при двукратном токе срабатывания измерительного органа со стороны каждого плеча защиты;

**Н, К1, В** — проверка тормозной характеристики защиты — зависимости тока срабатывания от тока в тормозной обмотке со стороны каждого плеча защиты;

**Н** — проверка остроты от броска намагничивания по каждому входу;

**Н, В** — проверка работы схемы функционального контроля по каждому входу;

**Н, К1, В в)** проверка дифференциальной токовой защиты ошиновки стороны низшего напряжения (ДЗО НН):

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа на рабочей уставке со стороны каждого плеча защиты;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при двукратном токе срабатывания измерительного органа со стороны каждого плеча защиты;

**Н, К1, В** — проверка тормозной характеристики защиты — зависимости тока срабатывания от тока в тормозной обмотке со стороны каждого плеча защиты;

**Н, В** — проверка работы схемы функционального контроля;

**Н, К1, В** — проверка отстройки от бросков тока намагничивания линейного регулировочного трансформатора (только для ШЭ 2108Б);

**Н, К1, В г)** проверка защиты от перегрузки:

проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов;

проверка выдержки времени срабатывания защиты на рабочей уставке;

проверка блокировки пуска пожаротушения;

**Н, К1, В д)** проверка максимальной токовой защиты стороны НН (МТЗ1):

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реагирующего токового органа МТЗ на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата органа минимального напряжения на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата органа напряжения обратной последовательности;

**Н, К1, В, К** — комплексная проверка защиты с проверкой времени действия защиты на рабочих уставках по всем выходам и контролем срабатывания сигнализации;

**Н, К1, В е)** проверка защиты реактированного ответвления на стороне НН АТ (МТЗ2):

**Н, К, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа токовой отсечки на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реагирующего токового органа МТЗ2 на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата органа минимального напряжения на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата органа напряжения обратной последовательности;

**Н, К1, В, К** — комплексная проверка защиты с проверкой времени действия защиты на рабочих уставках по всем выходам и контролем срабатывания сигнализации;

**Н, К1, В ж)** проверка токов срабатывания и возврата реле тока УРОВ на рабочей уставке;

**Н, К1, В з)** проверка действия газовых защит АТ, РПН, регулировочного трансформатора и реле давления РПН на выходные реле шкафа с контролем действия на сигнал и отключение;

**Н, К1, В и)** проверка работы схемы запрета АПВ:

**Н, К1, В** — проверка времени действия разрешения АПВ на рабочей уставке при срабатывании защит ошиновки;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания и возврата для запрета АПВ на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка работы приемных реле схемы запрета АПВ;

**Н, К1, В к)** проверка цепей пуска пожаротушения;

**Н, К1, В л)** проверка цепей контактного и тиристорного отключения;

**Н, К1, В м)** проверка цепей регистратора и сигнализации;

**Н, К1, В н)** проверка действия устройств функционального и тестового контроля;

**Н, К1, В, К о)** комплексная проверка защит шкафа с действием на выходные реле шкафа ШЭ 2108 с проверкой времени действия каждой защиты и контролем срабатывания сигнализации;

**Н, К п)** проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА по цепям пуска УРОВ, запрета АПВ и отключения смежных элементов;

**Н, К1, В, К р)** проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### 4.6.6. Шкаф защит ШЭ 2107

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.9, А, а);

**Н, К1, В б)** проверка дистанционной защиты:

**Н, К1, В** — проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания реле сопротивления I и II ступеней фаз АВ, ВС, СА при заданных угле и токе настройки;

**Н** — определение тока точной работы и снятие характеристики  $Z_{ср} = f(I)$  для реле сопротивления I и II ступеней фаз АВ, ВС и СА;

**Н, К1, В** — проверка характеристики срабатывания  $Z_{ср} = f(\varphi)$  для реле сопротивления I и II ступеней фаз АВ, ВС и СА;

**Н** — проверка настройки ФТОП пускового органа блокировки при качаниях;

**Н, К1, В** — проверка тока срабатывания чувствительного и грубого пусковых органов блокировки при качаниях на рабочих уставках при двухфазном КЗ;

**Н, К1, В** — проверка настройки пускового органа блокировки при неисправности в цепях напряжения;

**Н, К1, В** — комплексная проверка действия ступеней дистанционной защиты I и II ступеней при имитации двухфазных КЗ фаз АВ, ВС, СА с подачей параметров аварийного режима, соответствующих  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ , и контролем времени действия ступеней на рабочих уставках и по цепи оперативного ускорения, а также срабатывания сигнализации;

**Н, К1, В** — проверка действия дистанционной защиты на выходные реле шкафа ШЭ 2107 и через выходные реле шкафа ШЭ 2106 на выключатели защищаемого АТ;

**Н, К1, В в)** проверка ТНЗНП сторон ВН и СН:

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов I, II, III ступеней ТНЗНП и реле тока, отстроенного от броска тока намагничивания, на рабочих уставках;

**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности блокирующего и разрешающего ОНМ;

**Н, К1, В** — проверка токов и напряжений срабатывания блокирующего и разрешающего ОНМ на рабочей уставке при угле максимальной чувствительности;

**Н, К1, В** — проверка зоны работы без смещения блокирующего и разрешающего ОНМ на рабочих уставках по току и напряжению;

**Н** — проверка коэффициентов компенсации емкостных токов в ОНМ;

**Н** — проверка коэффициента торможения ОНМ при качаниях с большими токами;

**Н, К1, В** — комплексная проверка ТНЗНП при имитации однофазных повреждений с подачей параметров аварийного режима, соответствующих срабатыванию I, II, III ступеней, и контролем времени действия ступеней на рабочих уставках, а также срабатывания сигнализации;

**Н, К1, В** — проверка действия токовой защиты на выходные реле шкафа ШЭ 2107 и через выходные реле шкафа ШЭ 2106 на выключатели защищаемого АТ;

**Н, К1, В г)** проверка токов срабатывания и возврата реле тока УРОВ на рабочей уставке;

**Н, К1, В д)** проверка работоспособности устройств функционального и тестового контроля защит шкафа;

**Н, К1, В, К е)** проверка защит шкафа рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к шкафу;

**Н** — проверка правильности включения ФТОП;

**Н** — проверка правильности включения реле сопротивления;

**Н** — проверка направленности ОНМ ТНЗНП.

#### **4.6.7. Шкаф основных защит автотрансформатора ШЭ 2106**

**Н, К1, В, К** а) проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.9, А, а);

**Н, К1, В** б) проверка дифференциальной токовой защиты (ДЗ АТ1) (выполняется аналогично проверке по п. 4.6.2, б);

**Н, К1, В, К** в) проверка МТЗ стороны НН АТ:

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата реагирующего органа МТЗ на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата органа минимального напряжения на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата органа напряжения обратной последовательности;

**Н, К1, В** — проверка оперативного пуска МТЗ и работы защиты от дуговых замыканий;

**Н, К1, В, К** — комплексная проверка защиты с проверкой времени действия защиты на рабочих уставках по всем выходам и контролем срабатывания сигнализации;

**Н, К1, В** г) проверка устройств КИВ стороны ВН:

**Н** — проверка напряжений срабатывания измерительного органа;

**Н, К1, В** — проверка напряжения полного отклонения стрелки измерительного прибора;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания выходов избирателя фаз А, В, С на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка действия устройства при обрыве цепи тока каждой из фаз А, В, С;

**Н, К1, В** — проверка загробления уставки при отключенном положении выключателя ВН;

**Н, К1, В** — проверка работоспособности устройств функционального и тестового контроля КИВ;



**Н, К1, В** — комплексная проверка работы КИВ с измерением выдержек времени на сигнализацию и срабатывание;

**Н, К1, В д)** проверка устройства ЗНР стороны ВН (СН):

проверка действия защиты при пусках по всем входам имитацией неполнофазного отключения выключателей;

**Н, К1, В е)** проверка устройства защиты от замыканий на землю обмотки НН:

проверка напряжений срабатывания и возврата измерительного органа на рабочей уставке;

проверка выдержки времени срабатывания защиты на рабочей уставке;

**Н, К1, В ж)** проверка схемы ЦАУ резервных защит при включении выключателей ВН, СН:

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата измерительных органов напряжений прямой и обратной последовательностей на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка действий логической части защиты при срабатывании измерительных органов и пуска схемы от выходных реле;

**Н, К1, В з)** проверка работы схемы запрета АПВ:

**Н, К1, В** — проверка времени действия разрешения АПВ на рабочей уставке при срабатывании защит ошиновки;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания и возврата для запрета АПВ на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка работы приемных реле схемы запрета АПВ;

**Н, К1, В и)** проверка цепей пуска пожаротушения и УРОВ;

**Н, К1, В к)** проверка цепей контактного и тиристорного отключения;

**Н, К1, В л)** проверка цепей регистратора и сигнализации;

**Н, К1, В м)** проверка действия устройств функционального и тестового контроля;

**Н, К1, В, К н)** комплексная проверка защит шкафа с действием на выходные реле шкафа ШЭ 2106 с проверкой времени действия каждой защиты и контролем срабатывания сигнализации;

**Н, К** о) проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА по цепям пуска УРОВ, запрета АПВ и отключения смежных элементов;

**Н, К1, В, К п)** проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### 4.6.8. Устройства резервирования защит трансформаторов

##### 4.6.8.1. Устройство дальнего резервирования УДР-АХ.94-2

- Н, К1, В а)** проверка стабилизированного блока питания;  
**Н, К1, В б)** проверка измерительного органа тока:  
    **Н** — проверка тока срабатывания на минимальной и максимальной уставках;  
    **Н, К1, В** — проверка тока срабатывания на рабочей уставке;  
**Н, К1, В в)** проверка уставки по углу срабатывания;  
**Н, К1, В г)** проверка времени срабатывания;  
**Н, К1, В д)** проверка работоспособности органа функционального контроля и блокировки при неисправности цепей тока и напряжения;  
**Н, К1, К, В е)** комплексная проверка защиты;  
**Н, К1, В ж)** проверка выходных цепей и цепей сигнализации;  
**Н, К1, В з)** проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА и сигнализации;  
**Н, К1, В и)** проверка рабочим током и напряжением.

##### 4.6.8.2. Устройство токовой резервной защиты РТЗТ-01

- Н, К1, В а)** проверка устройства питания и схемы заряда конденсатора:  
    **Н, К1, В** — проверка устройства питания;  
    **Н, К1, В** — проверка зависимости времени заряда конденсатора от входного тока;  
    **Н, К1, В** — проверка уровня напряжения на конденсаторе;  
    **В** — замена электролитического конденсатора.  
**Н, К1, В б)** проверка измерительного органа тока;  
**Н, К1, В в)** проверка органа выдержки времени;  
**Н, К1, К, В г)** комплексная проверка защиты;  
**Н, К1, В д)** проверка выходных цепей с действием на коммутационный аппарат и сигнализацию;  
**Н, К1, К, В е)** проверка рабочим током.

##### 4.6.8.3. Устройство резервной защиты ПР4700

- Н, В а)** проверка характеристики входного сопротивления в зависимости от значения тока;

- Н, К1, В б)** проверка схемы заряда накопительных конденсаторов:  
проверка уровня напряжения на конденсаторах при токе нагрузки, равном 1А;  
проверка блокировки срабатывания до времени достижения заданного уровня напряжения заряда конденсатора;
- Н, К1, В в)** проверка измерительного органа тока;
- Н, К1, В г)** проверка органа выдержки времени;
- Н, К1, К, В д)** проверка работоспособности устройства тестового контроля;
- Н, К1, К, В е)** комплексная проверка защиты;
- Н, К1, В ж)** проверка выходных цепей с действием на коммутационный аппарат и сигнализацию;
- Н, К1, В, К з)** проверка рабочим током.

#### **4.6.9. Блок дифференциальной защиты трансформаторов БЭ2104**

- Н, К1, В, К а)** проверка блока питания:
  - Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений;
  - Н, К1, В** — проверка характеристики стабилизации уровней  $\pm 15$  В при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального значения;
  - Н, К1, В** — проверка выходной характеристики уровня 24 В при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального значения;
  - Н, В** — проверка защиты при имитации КЗ;
- Н б)** выбор отпаяк выравнивающих ТТ;
- Н, К1, В в)** проверка начального тока срабатывания чувствительного органа на рабочей уставке;
- Н, К1, В г)** проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа отсечки на рабочей уставке;
- Н, К1, В д)** проверка времени срабатывания защиты при двукратном токе срабатывания отсечки со стороны каждого плеча;
- Н, К1, В е)** проверка тормозной характеристики и коэффициента торможения;
- Н, В ж)** проверка отстройки от броска тока намагничивания по каждому входу;
- Н, В з)** проверка работы схемы функционального и тестового контроля;
- Н, К1, В, К и)** комплексная проверка защиты с проверкой времени срабатывания;

**Н, В** к) проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА;  
**Н, К1, В, К л)** проверка рабочим током.

#### 4.7. Защита реакторов

##### 4.7.1. Защита Ш 2104

**Н, К1, В, К а)** проверка блоков питания основной группы защит шунтирующего реактора (ШР) и компенсационного реактора (КР) резервной группы защит и системы функционального контроля исправности защит шкафа:

**Н, К1, В, К** — проверка выходных напряжений при номинальном входном напряжении питания;

**Н, К1, В** — проверка уровней выходных напряжений питания при входном напряжении питания 0,8 и 1,1 номинального значения;

**Н, В** — проверка действия защиты от коротких замыканий при повреждениях в выходных цепях блоков;

**Н, В** — проверка действия защиты от повышения и понижения выходного напряжения стабилизаторов;

##### *Основные защиты шунтирующего реактора*

**Н, К1, В б)** проверка дифференциальной токовой защиты ШР:

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов на рабочей уставке по каждому входу защиты;

**Н, К1, В** — проверка тормозной характеристики защиты — зависимости тока срабатывания от тока в тормозной обмотке с каждой стороны фаз А, В, С;

**Н** — проверка времени срабатывания защиты при двукратном токе срабатывания измерительных органов со стороны каждого плеча защиты;

**Н, К1, В в)** проверка действия газовых защит ШР;

**Н, К1, В г)** проверка устройства КИВ стороны ВН ШР (выполняется аналогично проверке по п. 4.6.2, д);

**Н, К1, В д)** проверка устройства УРОВ:

проверка токов срабатывания и возврата измерительных органов УРОВ на рабочей уставке;

проверка времени действия УРОВ по цепи ускорения на рабочей уставке;

**Н, К1, В, К е)** комплексная проверка основных защит с действием на выходные реле и сигнализацию;

*Резервные защиты шунтирующего реактора*

**Н, К1, В ж)** токовая защита нулевой последовательности I ступени:  
проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа тока I ступени на рабочей уставке;  
проверка времени действия защиты по основному и резервному выходам на выходные реле шкафа с контролем срабатывания сигнализации;

**Н, К1, В, К з)** токовая защита нулевой последовательности II ступени:  
**Н** — проверка настройки фильтра напряжения нулевой последовательности;

**Н** — проверка компенсации сигнала, пропорционального току нулевой последовательности, сигналом, пропорциональным напряжению нулевой последовательности при угле между векторами тока и напряжения, равном  $90^\circ$ , в пусковом органе II ступени;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа защиты на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — проверка блокирования защиты при неисправности цепей напряжения;

**Н, К1, В** — проверка действия защиты при пофазном выводе из работы фаз А, В, С ШР;

**Н** — проверка настройки фильтра напряжения прямой последовательности реагирующего органа напряжения;

**Н, К1, В** — проверка напряжения срабатывания реагирующего органа напряжения на рабочей уставке при понижении напряжения;

**Н, К1, В** — проверка времени блокирования действия защиты при понижении напряжения;

**Н, К1, В** — комплексная проверка действия защиты на выходные реле шкафа с контролем срабатывания сигнализации;

**Н, К1, В, К и)** опробование действия схемы контроля исправности токовых цепей шунтирующего реактора;

*Защиты компенсационного реактора*

**Н, К1, В к)** дифференциальная токовая защита:  
проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа защиты на рабочей уставке со стороны каждого плеча;

проверка тормозной характеристики защиты — зависимости тока срабатывания от тока в тормозной обмотке;

**Н, К1, В л)** дистанционная защита:

проверка угла максимальной чувствительности, проверка сопротивления срабатывания и возврата защиты на рабочей уставке;

проверка характеристики — зависимости  $Z_{ср} = f(U)$ ;

**Н, К1, В м)** газовая защита:

проверка действия защиты на сигнал при слабом газообразовании;

проверка действия защиты на сигнал и отключение при сильном газообразовании;

**Н, К1, В н)** максимальная токовая защита:

проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа защиты на рабочей уставке;

**Н, К1, В о)** устройство автоматики управления выключателем компенсационного реактора (АУВКР):

проверка времени срабатывания органов выдержки схемы управления на рабочих уставках;

проверка логики действия схемы АУВКР при имитации команд управления выключателями;

опробование действия схемы АУВКР на выключатели ШР и выключатель линии электропередачи;

**Н, К1, В п)** проверка исправности системы функционального контроля защит шкафа:

проверка формирования испытательных воздействий на соответствующие защиты;

проверка последовательности вывода защит для функционального контроля;

проверка действия защит шкафа при испытательных воздействиях системы функционального контроля;

**Н, К1, В, К р)** комплексная проверка защит шкафа с действием на выходные реле и контролем срабатывания сигнализации;

**Н, К1, В, К с)** проверка защит шкафа рабочим током и напряжением.

#### 4.8. Дифференциальные защиты шин с торможением

##### 4.8.1. Защита ДЗШТ

- Н, К1, В а)** проверка реле постоянного тока;
- Н, К1, В б)** проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения 1РН - 4РН;
- Н, К1, В в)** проверка характеристик промежуточных трансформаторов тока (ПТТ):  
**Н** — проверка активного сопротивления вторичных обмоток;  
**Н** — проверка полярности выводов обмоток;  
**Н** — проверка характеристики намагничивания  $U_2 = f(I_2)$  при разомкнутой первичной обмотке;  
**Н, К1, В** — проверка коэффициента трансформации при рабочем числе витков первичной обмотки;
- Н г)** проверка настройки частотных контуров;
- Н, К1, В д)** проверка пусковых органов защиты при полностью собранных вторичных цепях ПТТ:  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата пусковых органов при поочередной подаче тока в ПТТ (А0, В0, С0);  
**Н, К1, В** — проверка коэффициента торможения;  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания пусковых органов при имитации АПВ шин;  
**Н, К1, В** — проверка тормозных характеристик пусковых органов  $I_{д\text{ср}} = f(I_T)$ ;
- Н, К1, В е)** проверка избирательного органа защиты при полностью собранных вторичных цепях ПТТ:  
проверка токов срабатывания и возврата при пофазной поочередной подаче тока в ПТТ (А0, В0, С0) на рабочей уставке;  
проверка тормозной характеристики при пофазной поочередной подаче тока в ПТТ (А0, В0, С0) на рабочей уставке;
- Н, К1, В ж)** проверка устройства контроля токовых цепей защиты при полностью собранных вторичных цепях ТТ;
- Н, К1, В з)** комплексная проверка:  
проверка времени действия защиты при двукратном токе срабатывания (при К — проверка действия защиты без времени срабатывания);

**Н, К1, В и)** проверка взаимодействия защиты с другими устройствами РЗА;

**Н, К1, В, К, О к)** проверка рабочим током:

**Н, К1, В** — проверка правильности подключения первичных и вторичных цепей ПТТ;

**Н, К1, В** — измерение токов в обмотках МЭР всех пусковых органов;

**Н, К1, В, К, О** — измерение значений тока небаланса.

#### 4.8.2. Защита ПДЭ 2006 (ДЗШТ-751), ПДЭ 2006.01

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.11, а);

**Н, К1, В, К б)** проверка модуля питания МП-909:

**Н, К1, В, К** — контроль значений выходных напряжений при номинальных нагрузке и напряжении питания;

**Н, К1, В** — снятие характеристики стабилизации напряжения  $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ ;

**Н, К1, В** — проверка работы защиты от перегрузки и коротких замыканий;

в) проверка цепей переменного тока:

**Н** — проверка промежуточных трансформаторов тока;

**Н** — проверка модуля тестовой проверки МК-202;

**Н, К1, В г)** проверка модулей фазных измерительных органов МР-201:

**Н** — проверка настройки частотных фильтров;

**Н, К1, В** — проверка измерительных органов на рабочих уставках;

**Н, К1, В** — снятие тормозных характеристик  $I_d = f(I_T)$  измерительных органов;

**Н, К1, В, К д)** проверка модуля органа контроля напряжения МБ-305:

**Н** — проверка настройки ФНОП;

**Н, К1, В** — проверка настройки реле РН1 и РН2 на рабочих уставках;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания элемента времени 3В на рабочей уставке;

**Н, К1, В** — измерение временных параметров реле РН1, РН2;

**Н, К1, К, В** — опробование выходов модуля МБ-305 в различных режимах работы;

**Н, К1, В е)** проверка элементов времени модуля логики МЛ-201 на рабочих уставках;



- Н, К1, В ж)** проверка модуля тестового контроля МК-201:  
**Н, В** — проверка элементов времени на рабочих уставках;  
**Н, К1, В** — проверка функционирования панели при имитации неисправностей по основным трактам контроля и отключения;
- Н, К1, В з)** проверка выходных цепей панели:  
проверка цепей сигнализации;  
проверка цепей пуска УРОВ и ПА;  
проверка цепей запрета АПВ;  
проверка цепей информации о АПВ;  
проверка цепей контактного отключения;  
проверка цепей тиристорного отключения;
- Н, К1, В, К и)** комплексная проверка защиты:  
**Н, К1, В** — проверка запрета АПВ при действии от УРОВ;  
**Н, К1, В, К** — проверка работы ДЗШТ и избирательного запрета АПВ при действии ДЗШТ от УРОВ;  
**Н, К1, В** — проверка функционирования канала отключения;  
**Н, К1, В, К** — проверка действия АПВ при ручном опробовании шин с контролем отсутствия напряжения на шинах;  
**Н, К1, В** — проверка цепи запрета АПВ шин в режиме недоотключения неповрежденной фазы;  
**Н, К1, В** — проверка действия на запрет АПВ при ручном опробовании шин с контролем наличия напряжения на шинах;  
**Н, К1, В** — проверка действия на запрет АПВ при успешном АПВ присоединения, включенного первым;
- Н, К1, В, К к)** проверка защиты рабочим током и напряжением:  
проверка правильности подключения цепей тока и напряжения; проверка значений токов небаланса.

#### 4.8.3. Шкаф защиты сборных шин 500–1150 кВ ШЭ 2303

- Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.4.1, а);
- Н б)** проверка выравнивающих трансформаторов тока;
- Н, К1, В в)** проверка блока контроля исправности цепей переменного тока:

- проверка токов срабатывания и возврата;
- проверка элемента выдержки времени блокировки при обрыве цепей тока;
- проверка возврата блокировки;
- проверка прибора для измерения уровня тока небаланса;
- Н, К1, В г)** проверка фазных токовых измерительных органов:
  - проверка начального тока срабатывания измерительных органов на рабочих уставках;
  - снятие тормозных характеристик  $I_d = i(I_t)$  измерительных органов;
  - проверка очувствления уставки при срабатывании защиты и от органа контроля напряжения (ОКН);
  - проверка запрета очувствления уставки от ОКН при опробовании присоединения от шин;
- Н, К1, В, К д)** проверка ОКН:
  - проверка напряжений срабатывания и возврата органа напряжения обратной последовательности на рабочих уставках;
  - проверка напряжений срабатывания и возврата органа минимального напряжения на рабочих уставках;
  - проверка времени срабатывания органа выдержки времени на сигнализацию;
- Н, К1, В е)** проверка органов выдержки времени блока логики на рабочих уставках:
  - проверка времени задержки на время АПВ I присоединения;
  - проверка времени задержки для запрета очувствления;
  - проверка времени задержки в фиксации неисправности цепей напряжения;
  - проверка времени запоминания информации об отсутствии напряжения в предшествующем режиме;
  - проверка времени запоминания срабатывания ДЗШ и очувствления уставки по току срабатывания;
- Н, К1, В ж)** проверка автоматического и ручного тестового контроля:
  - Н, В** — проверка выдержки времени прохождения ТК;
  - Н, К1, В** — проверка функционирования при имитации неисправностей по основным трактам контроля и отключения;
- Н, К1, В з)** проверка выходных цепей панели:
  - проверка цепей сигнализации;
  - проверка цепей пуска УРОВ и ПА;
  - проверка цепей запрета АПВ;

проверка цепей информации о АПВ;  
проверка цепей контактного отключения;  
проверка цепей тиристорного отключения;

**Н, К1, В, К** и) комплексная проверка защиты:

**Н, К1, В** — проверка запрета АПВ при действии от УРОВ;

**Н, К1, В, К** — проверка работы ДЗШТ и избирательно-го запрета АПВ при действии ДЗШТ от УРОВ;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания на отключение при имитации КЗ на шинах;

**Н, К1, В, К** — проверка действия АПВ при ручном опробовании шин с контролем отсутствия напряжения на шинах;

**Н, К1, В** — проверка цепи запрета АПВ шин в режиме недоотключения неповрежденной фазы;

**Н, К1, В** — проверка действия на запрет АПВ при ручном опробовании шин с контролем наличия напряжения на шинах;

**Н, К1, В** — проверка действия на запрет АПВ при неуспешном АПВ присоединения, включенного первым;

**Н, К1, В, К** к) проверка защиты рабочим током и напряжением;  
проверка правильности подключения цепей тока и напряжения; проверка значений токов небаланса.

#### **4.8.4. Шкаф дифференциальной защиты шин напряжением 110 — 220 кВ**

**Н, К1, В, К** а) проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.11, а);

б) проверка цепей переменного тока:

**Н** — проверка выравнивающих трансформаторов тока;

**Н, К1, В** — проверка устройства переключения цепей дистанционного или ручного управления;

**Н, К1, В** — проверка сигнализации о неисправностях в цепях управления переключения;

**Н, К1, В** в) проверка блока контроля исправности цепей переменного тока:

проверка токов срабатывания и возврата;

проверка блокировки пускового органа;

проверка прибора для измерения уровня тока небаланса;

**Н, К1, В** г) проверка пускового и избирательных токовых измерительных органов:

проверка начального тока срабатывания измерительных органов на рабочих уставках;  
снятие тормозных характеристик  $I_d = f(I_t)$  измерительных органов;  
проверка очувствления уставки при ручном опробовании шин и при АПВ;

**Н, К1, В, К д)** проверка ОКН:

проверка напряжений срабатывания и возврата органа напряжения обратной последовательности на рабочих уставках;  
проверка напряжений срабатывания и возврата органа минимального напряжения на рабочих уставках;  
проверка времени срабатывания органа выдержки времени на сигнализацию;

**Н, К1, В е)** проверка блока логики запрета АПВ:

проверка при неуспешном АПВ первого присоединения;  
проверка при неполнофазном отключении выключателя;  
проверка при отключении от УРОВ;  
проверка времени запоминания информации об отсутствии напряжения в предшествующем режиме;  
проверка времени запоминания срабатывания ДЗШ и очувствления уставки по току срабатывания;

**Н, К1, В ж)** проверка устройств функционального и тестового контроля;

**Н, К1, В з)** проверка выходных цепей панели:

проверка цепей сигнализации и на регистратор;  
проверка цепей запрета АПВ;  
проверка цепей контактного отключения;

**Н, К1, В, К и)** комплексная проверка защиты:

**Н, К1, В** — проверка запрета АПВ при действии от УРОВ;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания на отключение при имитации КЗ на шинах;

**Н, К1, В, К** — проверка действия АПВ при ручном опробовании шин с контролем отсутствия напряжения на шинах;

**Н, К1, В** — проверка цепей запрета АПВ шин в режиме недоотключения неповрежденной фазы;

**Н, К1, В** — проверка действия на запрет АПВ при ручном опробовании шин с контролем наличия напряжения на шинах;

**Н, К1, В** — проверка действия на запрет АПВ при неуспешном АПВ присоединения, включенного первым;

**Н, К1, В** — проверка блокировки при опробовании ОСШ;

**Н, К1, В, К** к) проверка защиты рабочим током и напряжением:  
проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;  
проверка значений токов небаланса.

#### 4.9. Защиты от междуфазных коротких замыканий

##### 4.9.1. Комплект дистанционной защиты ДЗ-2

**Н, К1, В** а) проверка стабилизирующего действия стабилитронов 1СТ, 2СТ, 3СТ;

**Н, К1, В** б) проверка блока питания (при использовании НИ на ИМС);

**Н, К1, В** в) проверка реле постоянного тока.

При этом отдельно проверяются правильность полярности включения обмоток реле 1РП, 4РП, время срабатывания реле 4РП и возврата реле 1РП, 6РП;

**Н, К1, В** г) проверка устройства блокировки при неисправности цепей напряжения (аналогично модернизированному устройству КРБ-12), реле сопротивления (аналогично реле КРС2);

**Н, К1, В** д) проверка трехфазного токового реле блокировки защиты 1РТ:

проверка исправности стабилитронов 4СТ и 5СТ;  
проверка токов срабатывания и возврата поляризованного реле 1РТ в полной схеме при питании АВ, ВС, СА;  
измерение времени срабатывания реле 1РТ при подаче тока  $2I_{ном}$  в фазы СА;

**Н, К1, В** е) проверка взаимодействия реле в схеме защиты при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;

**Н, К1, В, К** ж) комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:

при двухфазных КЗ фаз АВ, ВС, СА с подачей параметров аварийного режима, соответствующих  $0Z_1$ ;  $0,5Z_1$ ;  $0,9Z_1$ ;  $1,1Z_1$ ;  $0,9Z_2$ ;  $1,1Z_2$ . Регулирование выдержки времени первой (в случае выполнения с выдержкой времени) и второй ступеней производится при подаче параметров аварийного режима, равных  $0,5Z_1$  и  $1,1Z_1$  соответственно.

**Примечание.** При профилактическом контроле подаются параметры аварийного режима, соответствующие одной точке I зоны и одной точке вне зоны срабатывания последней ступени;

при близком двухфазном КЗ в зоне и вне зоны действия защиты в режиме двустороннего питания линии;

при близком трехфазном КЗ вне зоны действия защиты в режиме двустороннего питания, а также в тупиковом режиме работы линии;

при близких трехфазных КЗ в зоне действия защиты «по памяти»;

**Н, К1, В, Кз)** проверка защиты рабочим током и напряжением.

#### **4.9.2. Комплекты защит КЗ1 - КЗ4, КЗ12 - КЗ14, КЗ31 - КЗ36**

**Н, К1, В, Ка)** проверка реле, входящих в комплект;

**Н, К1, В б)** проверка взаимодействия реле комплекта при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;

**Н, К1, В, Кв)** комплексная проверка комплекта и проверка действия выходного реле на коммутационный аппарат;

**Н, К1, В, Кг)** проверка комплекта рабочим током и напряжением.

### **4.10. Защиты от однофазных коротких замыканий**

#### **4.10.1. Комплекты защит КЗ35, КЗ10, КЗ15**

**Н, К1, В а)** проверка реле, входящих в комплект;

**Н, К1, В б)** проверка взаимодействия реле комплекта при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;

**Н, К1, В, Кв)** комплексная проверка комплекта и проверка действия выходного реле на коммутационный аппарат;

**Н, К1, В, Кг)** проверка комплекта рабочим током и напряжением.

### **4.11. Токовые защиты линий напряжением 500 кВ и выше**

#### **4.11.1. Токовые защиты ПДЭ 2002 (ТЗ-751), ПДЭ 2002.01**

**Н, К1, В, Ка)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.11, а);

**Н, К1, В б)** проверка ОНМ нулевой последовательности защиты ПДЭ 2002:

**Н** — балансировка операционных усилителей по постоянному току;

**Н** — регулирование фазовых соотношений в каналах контроля тока и напряжения;

**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности реле мощности РМо и РМб;

**Н, К1, В** — проверка и настройка ОНМ на рабочих уставках по току и напряжению срабатывания;

**Н, К1, В** — проверка зоны ОНМ на рабочих уставках;

**Н, В** — проверка смещения характеристики;

**Н, В** — проверка действия компенсации емкостных токов;

**Н, В** — проверка вольт-амперных и угловых характеристик ОНМ на рабочих уставках;

**Н, К1, В в)** проверка органа направления мощности нулевой последовательности защиты ТЗ-751:

**Н** — проверка настройки фильтров высших гармонических составляющих в каналах тока и напряжения;

**Н** — балансировка масштабных операционных усилителей;

**Н** — проверка частотных характеристик ОНМ по цепям напряжения;

**Н** — проверка частотных характеристик ОНМ по цепям тока;

**Н, К1, В** — проверка отсутствия самохода по току и напряжению;

**Н, К1, В** — проверка токов и напряжений срабатывания реле ОНМ на рабочих уставках;

**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности РМо и РМб;

**Н** — проверка вольт-амперных и угловых характеристик ОНМ;

**Н, К1, В г)** проверка токовых реле междуфазной отсечки (МФО) и I — IV ступеней ТНЗНП:

проверка токов срабатывания и возврата реле на рабочих уставках; определение коэффициента возврата;

**Н, К1, В д)** проверка трехфазного реле тока модуля МБ-110:

проверка тока срабатывания реле на рабочей уставке при последовательном подведении фазных токов;

проверка токов срабатывания и возврата реле на рабочей уставке при подведении тока нулевой последовательности;

- Н, К1, В е)** проверка реле тока с блокировкой от броска тока намагничивания модуля МР-109:  
**Н** — проверка настройки фильтра третьей гармонической составляющей;  
**Н** — проверка настройки фильтра второй гармонической составляющей;  
**Н** — проверка настройки фильтра первой гармонической составляющей;  
**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата на рабочей уставке;
- Н, К1, В ж)** проверка реле постоянного тока;
- Н, К1, В з)** проверка исправности логических и выходных цепей защиты:  
проверка действия защиты на выходные реле;  
проверка устройства автоматического контроля исправности защиты;
- Н, К1, В и)** проверка элементов выдержки времени защиты:  
проверка времени срабатывания органов выдержки времени I и II ступеней ТНЗНП на рабочей уставке;  
проверка времени срабатывания органов выдержки времени III ступени ТНЗНП и ускорения III ступени ТНЗНП по ВЧ каналу;  
проверка времени срабатывания органов выдержки времени IV ступени ТНЗНП, блокировки УТАПВ, защиты от неполнофазного режима;  
проверка элементов выдержки времени каскадной отсечки, оперативного ускорения и ускорения III ступени ТНЗНП на рабочей уставке;
- Н, К1, В, К к)** комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:  
**Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при подведении к панели токов 0,9 и 1,1 уставки срабатывания первой и последней ступеней;  
**Н, К1, В, К** — проверка временных характеристик защиты при подведении к панели токов значением 1,3 уставки срабатывания соответствующих ступеней;  
**Н, К1, В** — проверка направленности соответствующих ступеней защиты;
- Н, К1, В л)** проверка взаимодействия устройств релейной защиты панели с другими устройствами РЗА, действия их на от-



ключение выключателей через устройство АПВ и от собственной группы выходных реле;

**Н, К1, В, К** м) проверка защиты рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения токовых цепей к панели;

**Н, К1, В, К** — проверка исправности и правильности подключения цепей напряжения к панели;

**Н** — проверка правильности включения ОНМ.

#### 4.11.2. Токовая защита ШЭ 2704

**Н, К1, В, К** а) проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.9, А, а);

**Н, К1, В** б) проверка ОНМ нулевой последовательности:

**Н** — балансировка операционных усилителей по постоянному току;

**Н** — регулирование фазовых соотношений в каналах контроля тока и напряжения;

**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности реле мощности РМО и РМб;

**Н, К1, В** — проверка и настройка ОНМ на рабочих уставках по току и напряжению срабатывания;

**Н, К1, В** — проверка зоны ОНМ на рабочих уставках;

**Н, В** — проверка смещения характеристики;

**Н, В** — проверка действия компенсации емкостных токов;

**Н, В** — проверка вольт-амперных и угловых характеристик ОНМ на рабочих уставках;

**Н, К1, В** в) проверка измерительных органов МФО и I — IV ступеней ТНЗНП:

проверка токов срабатывания и возврата реле на рабочих уставках;

определение коэффициента возврата;

**Н, К1, В** г) проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа тока контроля цепи срабатывания ЗНР;

**Н, К1, В** д) проверка реле тока (РТБ) нулевой последовательности:

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата на рабочей уставке;

**Н, К1, В, К** е) проверка блока контроля небаланса  $3U_0$ ,  $3I_0$  (проверка прибора РА);

**Н, К1, В** ж) проверка реле постоянного тока;

- Н, К1, В з)** проверка исправности логических и выходных цепей защиты: проверка приемных реле;  
проверка блокировки ступеней ТНЗНП в цикле ОАПВ;  
проверка ввода ускорений АУ и ОУ;  
проверка действия защиты на выходные реле;  
проверка устройства автоматического контроля исправности защиты;
- Н, К1, В и)** проверка элементов выдержки времени защиты:  
проверка времени срабатывания органов выдержки времени I и II ступеней ТНЗНП на рабочей уставке;  
проверка времени срабатывания органов выдержки времени III ступени ТНЗНП и ускорения III ступени ТНЗНП по ВЧ каналу;  
проверка времени срабатывания органов выдержки времени IV ступени ТНЗНП, блокировки УТАПВ, защиты от неполнофазного режима;  
проверка элементов выдержки времени каскадной отсечки, оперативного ускорения и ускорения III ступени ТНЗНП на рабочей уставке;
- Н, К1, В, К к)** комплексная проверка защиты при имитации различных видов повреждений:  
**Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при подведении к панели токов 0,9 и 1,1 уставки срабатывания первой и последней ступеней;  
**Н, К1, В, К** — проверка временных характеристик защиты при подведении к панели токов значением 1,3 уставки срабатывания соответствующих ступеней;  
**Н, К1, В** — проверка направленности соответствующих ступеней защиты;
- Н, К1, В л)** проверка взаимодействия устройств релейной защиты панели с другими устройствами РЗА, действия их на отключение выключателей через устройство АПВ и от собственной группы выходных реле;
- Н, К1, В, К м)** проверка защиты рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения токовых цепей к панели;  
**Н, К1, В, К** — проверка исправности и правильности подключения цепей напряжения на панели;  
**Н** — проверка правильности включения ОНМ.

## **4.12. Устройства блокировки КРБ**

### **4.12.1. Устройства блокировки при качаниях**

#### **4.12.1.1. Устройства КРБ-121, КРБ-123, КРБ-125**

- Н, К1, В а)** проверка настройки ФНОП путем измерения напряжения срабатывания поляризованных реле РН, ПР и 1РН (КР) соответственно при подведении к фильтру поочередно напряжения фаз А-ВС, В-СА, С-АВ 80 — 100 В;
- Н б)** проверка настройки фильтра пятой гармонической составляющей устройств КРБ-123 и КРБ-125;
- Н, К1, В в)** проверка напряжений срабатывания и возврата реле РН, ПР и 1РН (КР) на рабочей уставке при питании ФНОП напряжением фаз С-АВ;
- Н, К1, В г)** проверка токов срабатывания и возврата реле РН, ПР и 1РН (КР) на рабочей уставке при питании устройства током нулевой последовательности;
- Н, К1, В д)** проверка напряжений срабатывания и возврата реле РН1, РН и 2РН (К4) на рабочей уставке;
- Н, К1, В е)** проверка напряжений срабатывания и возврата реле РПб, РПв, 1РП, 2РП, 3РП (К1, К2, К3);
- Н, К1, В ж)** измерение времени возврата реле РПб, РПв, 1РП, 3РП (К1, К3);
- Н, К1, В з)** проверка реле времени РВ (КТ).

#### **4.12.1.2. Устройства КРБ-122, КРБ-124, КРБ-126**

- Н, К1, В а)** проверка настройки ФТОП путем измерения тока срабатывания реле РП (для КРБ-122 и КРБ-124) и 1РТ (КР) (для КРБ-126) на рабочей уставке при подведении к фильтру поочередно токов фаз АВ, ВС, СА, А0, В0, С0;
- Н б)** проверка настройки фильтра второй и пятой гармонических составляющих устройств КРБ-124 и КРБ-126;
- Н, К1, В в)** проверка токов срабатывания и возврата поляризованных реле ПР и 1РТ (КР) на рабочей уставке при питании током фаз АВ и ВС при отключенном торможении и пуске по току нулевой последовательности;
- Н, К1, В г)** проверка коэффициента торможения устройств на заданных уставках при использовании торможения;

- Н, К1, В д)** проверка чувствительности пуска по току нулевой последовательности на рабочей уставке при питании током фаз В0 при использовании торможения;
- Н, К1, В е)** проверка напряжений срабатывания и возврата реле РН1, РН и 1РН (К4) на рабочей уставке;
- Н, К1, В ж)** проверка напряжений срабатывания и возврата реле РПб, РПв, 1РП, 2РП, 3РП (К1, К2, К3);
- Н, К1, В з)** измерение времени возврата реле РПб, РПв, 1РП, 3РП (К1, К3);
- Н, К1, В и)** проверка реле времени РВ (КТ).

#### 4.12.1.3. Блоки блокировки при качаниях БЭ2603, БЭ2604

- Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.4.1, а);
- Н, К1, В, К б)** проверка основных пусковых измерительных органов на рабочих уставках:
  - по напряжению обратной последовательности и току нулевой последовательности (для БЭ2603);
  - по току обратной последовательности (для БЭ2604);
- Н, К1, В в)** проверка дополнительных пусковых органов;
- Н, К1, В, К г)** проверка времени ввода и вывода быстродействующих ступеней на рабочих уставках;
- Н, К1, В, К д)** проверка времени ввода медленнодействующих ступеней;
- Н, К1, В, К е)** проверка функционального контроля работоспособности;
- Н, К1, В, К ж)** проверка рабочим током и напряжением.

#### 4.12.2. Устройства блокировки при неисправности цепей напряжения

##### 4.12.2.1. Устройства КРБ-11, КРБ-13

- Н а)** проверка идентичности ветвей фильтра напряжения нулевой последовательности совместно с реле РН измерением напряжения на конденсаторах С1, С2, С3 при подаче напряжения 60 В фаз А0, В0, С0;
- Н, К1, В б)** проверка напряжений срабатывания и возврата реле РН на рабочей уставке при подаче напряжения фаз А0;
- Н в)** проверка надежности работы контактов реле РН при увеличении напряжения от 0 до 100 В;

**Н, К1, В г)** проверка токов срабатывания и возврата реле РТо на рабочей уставке;

**Н, К1, В д)** проверка надежности работы контактов и отсутствия вибрации при токе от  $1,05I_{ср}$  до наибольшего возможного значения тока КЗ.

#### 4.12.2.2. Устройство блокировки при неисправности цепей напряжения КРБ-12

**Н а)** проверка параметров срабатывания и возврата исполнительного органа по постоянному току при подаче напряжения переменного тока в одну из фаз звезды сопротивлений;

**Н б)** проверка настройки ветвей звезды сопротивлений при поочередном подведении к защите фазных напряжений А-ВСО, В-АСО, С-АВ0.

При этом измеряется ток в обмотке выходного реле, который при подведении напряжения к фазам С и В должен быть в два раза меньшим, чем при подведении напряжения к фазе А;

**Н в)** проверка идентичности ампер-витков обмотки, включенной в нулевой провод звезды сопротивлений, и компенсационной обмотки, включенной на напряжение фазы А разомкнутого треугольника трансформатора напряжения;

**Н г)** проверка идентичности ампер-витков компенсационных обмоток, включенных встречно, к одной из которых подводится напряжение фазы А цепи разомкнутого треугольника, а к другой — напряжение  $3U_0$ . Регулированием сопротивления резистора в цепи одной из обмоток добиваются отсутствия тока в обмотке поляризованного реле;

**Н, К1, В, К д)** проверка чувствительности устройства блокировки при обрывах в цепях напряжения. При этом контролируется надежное срабатывание исполнительного органа и ток через обмотку реле;

**Н, К1, В е)** проверка правильности включения устройства блокировки имитацией однофазного КЗ исключением одной и той же фазы в цепях звезды и разомкнутого треугольника трансформатора напряжения.

---

**Примечания:** 1. Проверку по п. 4.12.2.2, а, б, в необходимо проводить при отключенных от панели цепях звезды сопротивлений.

2. Если при проверке работы в цепях напряжения не производились, проверка по п. 4.12.2.2, е при восстановлении не проводится.

#### **4.13. Устройства сигнализации при однофазных замыканиях на землю**

##### **4.13.1. Устройство УСЗ-2**

- Н, К1, В** а) проверка выходного реле РП221;  
**Н** б) проверка настройки фильтра основной гармонической составляющей;  
**Н** в) проверка тиратрона;  
**Н, К1, В** г) проверка тока срабатывания на рабочей уставке;  
**Н** д) проверка коэффициента отстройки.

##### **4.13.2. Устройства УСЗ-3, УСЗ-3М**

- Н** а) проверка согласующего трансформатора Тр (для УСЗ-3М);  
**Н** б) проверка настройки фильтра основной гармонической составляющей;  
**Н, К1, В** в) проверка чувствительности устройства и проверка показаний микроамперметра.

#### **4.14. Устройство резервирования отказа выключателей (УРОВ)**

##### **4.14.1. Панель ПДЭ 2005 (УРОВ-751), ПДЭ 2005.01**

- Н, К1, В, К** а) проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.11, а):  
измерение напряжения на выходе модуля МП-904 и проверка исправности стабилизатора + 12 В модуля МП-904 для ПДЭ 2005;  
проверка модуля питания МП-911 для ПДЭ 2005.01:  
**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных нагрузке и напряжении;  
**Н, К1, В** — проверка значений при номинальной нагрузке и изменении напряжения на входе от 0,8 до 1,1 номинального значения;  
**Н, К1, В, К** — проверка защиты модуля при имитации КЗ на выходах  $\pm 12$  В;  
**Н, К1, В** б) проверка реле постоянного тока;  
**Н, К1, В** в) проверка модулей реле тока МР-115:

проверка уставок по току срабатывания измерительного элемента III ИЭ;

проверка уставок по току срабатывания измерительных элементов I ИЭ и II ИЭ;

проверка уставок по компенсации емкостного тока;

**Н, К1, В г)** проверка модуля логики МЛ-115:

проверка пофазного пуска I и II каналов;

проверка взаимной блокировки I и II каналов;

проверка элементов времени 2В, 3В, 4В;

проверка времени удержания пуска УРОВ (элемент времени 1ВВ);

**Н, К1, В д)** проверка устройства тестового контроля:

проверка функционирования схемы в нормальном режиме;

проверка функционирования схемы при имитации неисправностей измерительных органов и логической части УРОВ;

проверка модуля контроля МК-103;

**Н, К1, В е)** проверка выходных цепей:

проверка действия схемы УРОВ «на себя»;

проверка действия схемы УРОВ на выходные цепи отключения и сигнализации;

**Н, К1, В, К ж)** проверка устройства УРОВ рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к панели;

**Н, К1, В** — проверка настройки компенсации емкостного тока.

#### 4.14.2. Шкаф ШЭ 2001

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.9, А, а);

**Н, К1, В б)** проверка реле постоянного тока;

**Н, К1, В в)** проверка реле тока УРОВ1 и УРОВ2:

проверка уставок по току срабатывания измерительных органов I и II видов;

проверка уставок по компенсации емкостного тока;

**Н, К1, В г)** проверка логической части:

проверка пофазного пуска через ОАПВ;

проверка подхвата пусковых сигналов;

- Н, К1, В д)** проверка устройства тестового контроля:  
проверка функционирования схемы в нормальном режиме;  
проверка функционирования схемы при имитации неисправностей измерительных органов и логической части УРОВ;
- Н, К1, В е)** проверка выходных цепей:  
проверка действия схемы УРОВ1 и УРОВ2 на выходные цепи отключения и сигнализации;
- Н, К1, В, К ж)** комплексная проверка:  
проверка времени срабатывания УРОВ1 и УРОВ2 при отказе выключателей фаз А, В, С ВЛ1 и ВЛ2;
- Н, К1, В, К з)** проверка устройства УРОВ рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к шкафу;  
**Н, К1, В** — проверка настройки компенсации емкостного тока.

#### **4.14.3. Шкаф ШЭ 2005**

- Н, К1, В, К а)** проверка блоков питания комплектов УРОВ (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.9, А, а);
- Н, К1, В б)** проверка реле постоянного тока;
- Н, К1, В в)** проверка уставок реле тока комплектов УРОВ;
- Н, К1, В г)** проверка логической части:  
проверка дублированного пуска;  
проверка пуска УРОВ «на себя»;
- Н, К1, В, К д)** проверка устройств функционального и тестового контроля;
- Н, К1, В е)** проверка выходных цепей:  
проверка действия схемы УРОВ «на себя»;  
проверка действия схемы УРОВ на выходные цепи отключения смежных выключателей и сигнализации;
- Н, К1, В, К ж)** проверка устройства УРОВ рабочим током и напряжением:  
проверка правильности подключения цепей тока.

#### **4.14.4. Шкаф ШЭ 2006**

- Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.1.10, А, а);



- Н, К1, В б)** проверка реле постоянного тока и приемных реле;  
**Н, К1, В в)** проверка реле тока выключателей ШСВ и СВ:  
проверка уставок по току срабатывания;  
проверка времени срабатывания при входном токе  $2I_{ср}$ ;  
проверка времени возврата при сбросе тока от  $2I_{ср}$  до 0;  
**Н, К1, В г)** проверка органов выдержек времени комплектов УРОВ;  
**Н, К1, В д)** проверка логической части:  
проверка действия «на себя» с автоматической проверкой исправности выключателя;  
проверка действия дублированного пуска;  
проверка подхвата пуска от РЗ и удержания пуска УРОВ после исчезновения тока;  
**Н, К1, В, К е)** проверка устройств функционального и тестового контроля;  
**Н, К1, В ж)** проверка выходных цепей:  
проверка действия схемы УРОВ «на себя»;  
проверка действия схемы УРОВ на выходные цепи отключения, регистрации и сигнализации;  
**Н, К1, В, К з)** проверка устройства УРОВ рабочим током.

#### ***4.15. Панели высокочастотной блокировки ЭПЗ1643А/69 и ЭПЗ1643Б/69 (ЭПЗ1643А/91 и ЭПЗ1643Б/91)***

- Н, К1, В а)** проверка реле постоянного тока:  
**Н, К1, В** — измерение времени срабатывания реле 1РП — 10РП и возврата реле 6РП, 7РП, 8РП, 10РП;  
**Н** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле 1РП — 10РП, напряжения срабатывания указательных реле 1РУ, 3РУ;  
**Н** — проверка токов удержания реле 4РП, 10РП и токов срабатывания указательных реле 2РУ, 4РУ, 3РУ;  
**Н, К1, В б)** проверка приставки блокировки ПВБ-158:  
проверка напряжений срабатывания и возврата поляризованного реле ПР1 при отсутствии торможения; определение минимального тока торможения реле ПР1;  
**Н, К1, В в)** проверка реле тока РТ, дифференциального реле РТН (если используется), реле напряжения нулевой последовательности РН;  
**Н, К1, В г)** проверка взаимодействия релейной части дистанционной защиты и токовой направленной защиты нулевой после-

довательности с ВЧ частью при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;

**Н, К1, В, К д)** комплексная проверка работы защит с ВЧ блокировкой при имитации КЗ подачей аварийных параметров — 1,1 тока срабатывания или 0,9 сопротивления срабатывания той ступени, которая ускоряется ВЧ блокировкой;

**Н, К1, В, К е)** проверка рабочим током и напряжением.

#### *4.16. Комплексы защит блока*

##### *генератор-трансформатор и защит генератора*

#### **4.16.1. Взаиморезервируемые системы защит блока генератор-трансформатор (шкафы типов ШЭ1111 и ШЭ1112)**

##### *А. Проверка цепей питания оперативного тока шкафов:*

**Н, К1, В а)** проверка вводных цепей питания шкафов;

**б)** проверка блоков питания в системах защит:

**Н, К1, В** — проверка выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки в цепях оперативного тока;

**Н, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального значения;

**Н, В** — проверка действия защиты при имитации КЗ на выводах 24 В, 15 В, 5 В.

##### *Б. Проверка функций отдельных защит, входящих в состав шкафов:*

**а)** проверка дифференциальной защиты генератора (I G):

**Н, В** — проверка настройки на номинальный ток;

**Н, В** — проверка начального тока торможения;

**Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа на рабочей уставке со стороны каждого плеча защиты;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при двукратном токе срабатывания измерительного органа;

**Н, К1, В** — проверка тормозной характеристики — зависимости тока срабатывания от тока в тормозной обмотке со стороны каждого плеча защиты;

**Н, К1, В** — проверка тока срабатывания и возврата токовой отсечки;

- Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;
- б) проверка дифференциальных защит блочного трансформатора (I TB), блока генератор-трансформатор (I GT), трансформатора СН (I ТСН) — для каждой защиты:
- Н, В** — проверка настройки на номинальный ток;
- Н, В** — проверка начального тока торможения;
- Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата измерительного органа на рабочей уставке со стороны каждого плеча защиты;
- Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при двукратном токе срабатывания измерительного органа;
- Н, К1, В** — проверка тормозной характеристики — зависимости тока срабатывания от тока в тормозной обмотке со стороны каждого плеча защиты;
- Н, В** — проверка отстройки от броска тока намагничивания с апериодической составляющей;
- Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;
- в) проверка поперечной токовой защиты генератора:
- Н, В** — проверка токов срабатывания и возврата на всем диапазоне измерительного органа (ИО);
- Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата ИО на уставке;
- Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты при двукратном значении тока срабатывания ИО;
- Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;
- г) проверка защиты от несимметричных перегрузок генератора (I2):
- Н, К1, В** — проверка настройки ФТОП;
- Н, К1, В** — проверка настройки на номинальный ток генератора;
- Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата сигнального, пускового органов и отсечки;
- Н, В** — на крайних значениях диапазона уставок;
- Н, К1, В** — на рабочих уставках;
- Н** — проверка отсутствия ложного срабатывания сигнального и пускового органов при токах прямой последовательности трехкратного номинального значения;

- Н, К1, В** — проверка независимой выдержки времени сигнального органа и отсечки;
- Н, К1, В** — проверка на рабочей уставке временных характеристик интегрального органа при значениях относительного тока обратной последовательности 0,25; 0,5; 1,0; 1,5;
- Н, К1, В** — проверка временной характеристики интегрального органа, имитирующей охлаждение генератора;
- Н, К1, В** — проверка правильности измерения тока  $I_2$ ;
- Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;
- д) проверка защит от симметричных перегрузок генератора по току статора ( $I_1$ ) и перегрузок по току ротора ( $I_r$ ) — для каждой защиты:
- Н, К1, В** — проверка настройки на номинальный ток статора — для защиты  $I_1$ ;
- Н, К1, В** — проверка настройки на номинальный ток ротора (с учетом внешнего датчика тока) — для защиты  $I_r$ ;
- Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата сигнального и пускового органов:
- Н, В** — на крайних значениях диапазона уставок;
- Н, К1, В** — на рабочих уставках;
- Н, К1, В** — проверка независимой выдержки времени сигнального органа;
- Н, В** — проверка настройки коэффициентов  $B$  и  $C$ ;
- Н, К1, В** — проверка на рабочей уставке временных характеристик интегрального органа при значениях относительного тока:
- статора 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5 - для защиты  $I_1$ ;
- ротора 1,1; 1,2; 1,5; 2,0 - для защиты  $I_r$ ;
- Н, К1, В** — проверка временной характеристики интегрального органа, имитирующей охлаждение генератора;
- Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;
- е) проверка защиты от повышения напряжения:
- Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата на заданных уставках органов максимального напряжения;
- Н, К1, В** — проверка токов срабатывания и возврата на заданных уставках органов контроля отсутствия тока;

**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;

- ж) проверка защиты от замыкания на землю обмотки статора генератора ( $U_n(U_0)$ ):

**Н, В** — проверка ФНОП;

**Н, В** — проверка напряжения срабатывания исполнительного органа основной составляющей нулевой последовательности ( $U_0$ ) и органа блокировки по напряжению обратной последовательности ( $U_2$ ) в диапазоне уставок;

**Н, К1, В** — проверка напряжений срабатывания и возврата органов  $U_0$  и  $U_2$  на рабочих уставках;

**Н, В** — предварительная настройка рабочего и тормозного каналов исполнительного органа напряжения третьей гармонической составляющей ( $U_{03}$ );

**Н, К1, В** — проверка настройки органа  $U_{03}$  в режимах холостого хода и нагрузки генератора;

**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;

- з) проверка дистанционной защиты блока от междуфазных КЗ ( $Z <$ ):

**Н, К1, В** — проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания ИО первой и второй ступеней в трех фазах;

**Н, К1, В** — проверка уставок времени срабатывания ступеней защиты;

**Н, К1, В** — проверка характеристик  $Z_{ср} = f(U)$  для ИО первой и второй ступеней в трех фазах;

**Н, К1, В** — проверка работы ступеней защиты с контролем времени действия при имитации двухфазных КЗ АВ, ВС, СА;

**Н, К1, В** — проверка блокирования действия защиты при неисправности цепей напряжения и при качаниях;

**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;

- и) проверка защиты от асинхронного режима с потерей и без потери возбуждения ( $\Phi Z$ ):

**Н, К1, В** — проверка заданных уставок и характеристик срабатывания ИО сопротивления  $ИОZ_1, ИОZ_2, ИОZ_3$ ;

**Н, К1, В** — проверка заданных уставок и характеристик срабатывания ИО активной ( $ИОW_1$ ) и реактивной ( $ИОW_2$ ) мощности;

**Н, К1, В** — проверка защиты по заданному числу проворотов;

**Н, К1, В** — проверка временных уставок каналов защиты;

**Н, К1, В** — проверка комплексных характеристик срабатывания каналов защиты:

сигнализации о недовозбуждении основного и дополнительного каналов, действующих при потере возбуждения;

первой ступени защиты, действующей при асинхронном ходе с электрическим центром качаний в блоке;

второй ступени защиты, действующей при асинхронном ходе с электрическим центром качаний в линии связи с системой;

дополнительного канала, действующего на разгрузку;

блокирования выходных цепей защиты при внешних КЗ;

**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;

**Н, К1, В, К** к) проверка защиты от перевозбуждения ( $U / F$ ):

**Н** — определение расчетных коэффициентов фаз В, С, А в соответствии с характеристиками защищаемого объекта;

**Н, В** — проверка преобразователя возбуждения;

**Н, К1, В** — проверка и настройка напряжений срабатывания и возврата сигнального ( $M_{\text{сиг}}$ ) и пускового ( $M_{\text{пуск}}$ ) органов;

**Н, В** — проверка и настройка коэффициента В;

**Н, В** — проверка и настройка коэффициента С;

**Н, К1, В** — проверка характеристики срабатывания органа с зависимой выдержкой времени;

**Н, К1, В** — проверка времени «охлаждения» защиты;

**Н, К1, В** — проверка выходных цепей;

**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;

л) проверка токовой направленной защиты обратной последовательности ( $M_2$ ):

**Н, К1, В** — проверка ФНОП по цепям тока и напряжения;

**Н, К1, В** — проверка уставки срабатывания и возврата ИО тока  $I_2$ ;

**Н, К1, В** — проверка уставки срабатывания и возврата ИО напряжения и  $U_{2\text{пуск}}$ ;

**Н, К1, В** — проверка ИО мощности ( $M_2$ ):

- определение зоны срабатывания и угла максимальной чувствительности;  
**Н, К1, В** — проверка выходных цепей;  
**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;
- м) проверка резервной защиты трансформатора СН ( $PZ_{\text{ТСН}}$ ):  
**Н, К1, В** — проверка и настройка уставки срабатывания и возврата ИО тока  $I_1$ ;  
**Н, К1, В** — проверка и настройка уставки срабатывания и возврата ИО минимального напряжения  $U_1$ ;  
**Н, К1, В** — проверка органа выдержки времени;  
**Н, К1, В** — проверка токовой направленной защиты обратной последовательности в объеме п. 4.16.1, Б, л;
- н) проверка резервной защиты блока нулевой последовательности ( $I_0$ ):  
**Н, К1, В** — проверка на уставках токов срабатывания и возврата ИО1, ИО2 1-й и 2-й ступеней защиты;  
**Н, К1, В** — проверка уставок времени срабатывания защиты;  
**Н, К1, В** — проверка выходных цепей;  
**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;
- о) проверка защиты от замыкания на землю со стороны НН блочного трансформатора ( $U_0$ ):  
**Н, К1, В** — проверка напряжения срабатывания и возврата ИО на рабочей уставке;  
**Н, К1, В** — проверка выдержки времени срабатывания защиты на рабочей уставке;  
**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;
- п) проверка токовой защиты выпрямительного трансформатора ( $I > BT$ ):  
**Н, К1, В** — проверка на уставках токов срабатывания и возврата ИО ( $I_a, I_b, I_c$ ) защиты;  
**Н, К1, В** — проверка на уставках токов срабатывания и возврата отсечки ( $I_a, I_b, I_c$ );  
**Н, В** — проверка отстройки от апериодических бросков тока намагничивания;  
**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;
- р) проверка защиты ротора от замыканий на землю ( $R <$ ):

**Н** — проверка устройства ограничения напряжения, поступающего от цепей возбуждения, в блоке частотного фильтра БЭ1105;

**Н** — проверка частотного фильтра при напряжении питания, равном 220 В, сопротивлении на выходе частотного фильтра  $R = \infty$  и емкости  $C = 5$  мкФ;

**Н, К1, В** — проверка характеристики: зависимость напряжения на выходе защиты от изменения сопротивления изоляции —  $U_{\text{вых}} = f(R_{\text{изол}})$  при  $C = 5$  мкФ;

**Н, В** — проверка диапазона уставок срабатывания ступеней по сопротивлению изоляции и определение погрешности уставок при изменении емкости возбуждения и компенсирующей емкости соответственно (2 — 3 точки на каждой уставке);

**Н, К1, В** — проверка и настройка рабочих уставок срабатывания и возврата с учетом параметров  $R_{\text{изол}}$  и  $C$  цепей возбуждения (рабочего и резервного);

**Н, К1, В** — проверка и настройка времени срабатывания 1-й и 2-й ступеней защиты;

**Н, К1, В** — проверка цепей дистанционного переключения уставок при переводах системы возбуждения (рабочая, резервная);

**Н, К1, В** — проверка устройства контроля контакта измерительной щетки на валу генератора;

**Н, К1, В** — проверка устройства для настройки уставок (УПЗ);

**Н, В** — проверка отсутствия ложного срабатывания при коммутации напряжения питания (включение, кратковременные перерывы, отключение);

**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля, выходных цепей сигнализации, отключения;

**Н, К1, В** — проверка защиты, подключенной к цепям возбуждения;

с) проверка защиты от снижения частоты ( $F <$ ):

**Н, К1, В** — выбор и проверка уставок срабатывания и возврата при номинальном значении контролируемого напряжения;

**Н, В** — проверка срабатывания при изменении напряжения от 0,1 до 1,3 номинального значения;



**Н, В** — проверка отсутствия срабатывания при снятии, подаче и изменении напряжения;

**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;

т) проверка КИН:

**Н, К1, В** — проверка срабатывания ИО при обрывах: одной, двух, трех фаз напряжения, нулевого провода;

**Н, К1, В** — проверка цепей сигнализации и выходных цепей КИН;

**Н, В** — проверка работы схемы тестового контроля;

у) проверка УРОВ генератора (УРОВ G):

**Н, К1, В** — проверка срабатывания и возврата трехфазного органа тока на уставке;

**Н, К1, В** — проверка уставок по времени на срабатывание и возврат;

**Н, К1, В** — проверка цепей пуска УРОВ;

**Н, В** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;

**Н, К1, В** ф) проверка выходных блоков защит:

проверка блоков выходных реле;

проверка блоков сигнальных реле;

проверка блоков переключателей;

проверка правильности работы световой индикации, регистрации, схемы контроля исправности выходных блоков.

**В. Проверка взаимодействия защит, блокировок, систем контроля, сигнализации, регистрации, индикации:**

**Н, К1, В** а) проверка работы приемных и выходных цепей от внешних защит и устройств, не входящих в шкафы (газовые защиты, УРОВ, дуговые защиты, технологические защиты и др.);

**Н, К3, В** б) проверка действия выходных реле на внешние устройства и аппараты (отключение выключателей, гашение поля возбуждения, разгрузку блока по активной и реактивной мощности, останов турбины, пожаротушение трансформатора и др.);

**Н, К1, В** в) проверка работы систем функционального и тестового контроля в ручном и автоматическом режимах, регистрации, индикации и сигнализации;

**Н, К1, В** г) проверка каждой защиты с действием на выходные реле шкафов с проверкой времени действия защит, контролем сигнализации, индикации, регистрации.

**Н, К1, В Г.** *Комплексная проверка защит при остановленном блоке и проверка рабочим током и напряжением, в режимах короткого замыкания, холостого хода блока генератор-трансформатор и при работе его в сети (выполняется в соответствии с программой пусковых комплексных испытаний блока).*

#### **4.16.2. Комплекс защит генератора (шкаф типа ШЭ1113)**

**А. Проверка цепей питания оперативного тока шкафов:**

**Н, К1, В а)** проверка вводных цепей питания шкафов;  
**б)** проверка блоков питания в системах защит (выполняется аналогично проверке по п. 4.16.1, А, б).

**Б. Проверка функций отдельных защит, входящих в состав шкафа:**

- а)** проверка дифференциальной защиты генератора ( $I_G$ ) (проводится аналогично проверке по п. 4.16.1, Б, а);
- б)** проверка поперечной токовой защиты генератора (выполняется аналогично проверке по п. 4.16.1, Б, в);
- в)** проверка защиты от несимметричных перегрузок генератора ( $I_2$ ) (проводится аналогично проверке по п. 4.16.1, Б, г);
- г)** проверка защит от симметричных перегрузок генератора по току статора ( $I_1$ ) и перегрузок по току ротора  $I_p$  (выполняется аналогично проверке по п. 4.16.1, Б, д);
- д)** проверка защиты от повышения напряжения (проводится аналогично проверке по п. 4.16.1, Б, е);
- е)** проверка дистанционной защиты от междуфазных КЗ ( $Z <$ ) (выполняется аналогично проверке по п. 4.16.1, Б, з);
- ж)** проверка защиты ротора от замыканий на землю ( $R < e$ ) (проводится аналогично проверке по п. 4.16.1, Б, р);
- з)** проверка КИН (выполняется аналогично проверке по п. 4.16.1, Б, т);
- и)** проверка УРОВ генератора (УРОВ G) (проводится аналогично проверке по п. 4.16.1, Б, у);
- к)** проверка защиты от потери возбуждения ( $\Phi <$ ):

**Н, К1, В** — проверка заданных уставок и характеристик срабатывания ИО сопротивления первой и второй ступеней защиты;

**Н, К1, В** — проверка временных уставок каналов защиты;  
**Н, К1, В** — проверка комплексных характеристик срабатывания каналов защиты:

основного канала, действующего при потере возбуждения;  
дополнительного канала, действующего при потере возбуждения и асинхронном ходе;

блокирования выходных цепей защиты при внешних КЗ;

**Н, К1, В, К** — проверка работы схемы тестового и функционального контроля;

**Н, К1, В л)** проверка защиты от однофазных замыканий на землю в обмотке статора (I<sub>н</sub> (F25));

**Н, К1, В м)** проверка выходных блоков защит (выполняется аналогично проверке по п. 4.16.1, Б, ф).

***В. Проверка взаимодействия защит, блокировок, систем контроля, сигнализации, регистрации, индикации:***

**Н, К1, В а)** проверка работы приемных и выходных цепей от внешних защит и устройств, не входящих в шкафы (дифференциальная защита шин, технологические защиты и др.);

**Н, К1, В б)** проверка действия выходных реле на внешние устройства и аппараты (отключение выключателей, гашение поля возбуждения, пуск УРОВ, отключение шиносоединительного выключателя, трансформатора связи, останов турбины и др.);

**Н, К1, В в)** проверка работы систем:  
устройств функционального и тестового контроля;  
регистрации, индикации и сигнализации;

**Н, К1, В г)** проверка каждой защиты с действием на выходные реле шкафов.

**Н, К1, В Г.** *Комплексная проверка защит при остановленном генераторе, проверка рабочим током и напряжением в режимах короткого замыкания, холостого хода генератора и при его работе в сети (выполняется в соответствии с программой пусковых комплексных испытаний генератора).*

#### **4.16.3. Комплекты защит генераторов (блоки БЭ1111, БЭ1112)**

Проверка блоков защит БЭ1111, БЭ1112 выполняется аналогично проверкам по п. 4.16.2.

#### **4.17. Комплектные устройства защиты присоединений 6 — 10 кВ ЯРЭ2201, ЯРЭ2202**

- Н, К1, В, К а)** проверка блока питания (выполняется аналогично проверке по п. 4.4.1, а);
- Н, К1, В, К б)** проверка работоспособности устройства тестового контроля;
- Н, К1, В в)** проверка параметров срабатывания и возврата измерительных или комбинированных органов на рабочих уставках;
- Н, К1, В г)** проверка времени срабатывания органов выдержки времени защит и автоматики на рабочих уставках;
- Н, К1, В д)** проверка блоков входных реле;
- Н, К1, В е)** проверка блоков выходных реле;
- Н, К1, В ж)** проверка взаимодействия элементов устройства;
- Н, К1, В, К з)** комплексная проверка устройства;
- Н, К1, В и)** проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА, сигнализации и коммутационными аппаратами;
- Н, К1, В, К к)** проверка рабочим током и напряжением.

#### **4.18. Реле, комплекты, блоки и аппараты защиты и автоматики**

При всех видах технического обслуживания разборка электромеханических реле с целью чистки подпятников, правки осей, замены отдельных частей, смазки механизма и т.п. производится в случае, если их осмотром, проверкой механических или электрических характеристик выявлена необходимость такой разборки. Разборка реле должна, как правило, производиться в лаборатории квалифицированным персоналом.

##### **4.18.1. Реле непосредственного действия и электромагниты управления переменного тока**

###### **4.18.1.1. Токовые реле РТМ, РТВ и токовые электромагниты отключения:**

- Н** а) измерение полного сопротивления обмотки реле (электромагнита) при отпущенном и подтянутом сердечнике и токах, равных току срабатывания;
- Н** б) проверка тока срабатывания на рабочей отпайке при открытой крышке привода;

**Н, К1, В, К в)** проверка тока срабатывания на заданной уставке при полностью собранном приводе;

**Н, К1, В, К г)** снятие зависимости времени срабатывания от тока на заданной уставке реле РТВ при полностью собранном приводе при изменении значения тока от 1,1 тока срабатывания до получения независимой части характеристики.

#### **4.18.1.2.** Реле минимального напряжения РН, РНВ и электромагниты управления с обмотками напряжения:

**Н, К1, В а)** проверка напряжений срабатывания и возврата реле (электромагнита);

**Н, К1, В б)** проверка времени срабатывания реле РНВ на заданной уставке;

**Н, К1, В в)** проверка рабочим напряжением:  
измерение фазных или линейных напряжений;  
проверка действия реле на выключатель при отключении трансформатора напряжения.

#### **4.18.2. Реле тока и напряжения**

##### **4.18.2.1.** Реле ЭТ-520, ЭТД-551, ЭН-520, РТ-40, РН-50, НЛ6, НЛ7

**Н, К1, В а)** проверка токов (напряжений) срабатывания и возврата реле на рабочей уставке, а также проверка на всех делениях шкалы тех реле, уставки на которых изменяются оперативным персоналом;

**Н, К1, В б)** проверка работы надежности контактов:  
для реле максимального тока (напряжения) — от  $1,05I_{ср}$  ( $U_{ср}$ ) до наибольшего возможного в эксплуатации значения тока (напряжения);  
для реле минимального тока (напряжения) — от наибольшего возможного в эксплуатации значения тока (напряжения) до значения, при котором срабатывает реле.

##### **4.18.2.2.** Реле РТ-80 (ИТ-80), РТ-90

**Н, В а)** определение тока начала вращения диска;  
**Н б)** проверка кратности срабатывания отсечки на рабочей уставке; проверка работы отсечки при токе, равном четырехкратному току уставки (отсечки), но не более 150 А;

- Н, К1, В, К в)** проверка тока срабатывания отсечки на рабочей уставке;
- Н, К1, В, К г)** проверка токов срабатывания и возврата индукционно-го элемента на рабочей уставке; проверка характеристики времени действия индукционного элемента (в двух-трех точках) на рабочей уставке по шкале времени.

**Примечание.** Если по характеристике реле проверяется селективность действия защиты, то характеристика должна сниматься более подробно;

- Н, К1, В, К д)** проверка надежности работы контактов при токах от 1,05 тока срабатывания индукционного элемента до 10-кратного тока уставки;
- Н е)** проверка надежности работы контактов при максимальном токе КЗ и дешунтирования электромагнита отключения, если реле используется в схеме на переменном оперативном токе с дешунтированием отключающих электромагнитов.

#### 4.18.2.3. Реле РТ-40/1Д, ЭТ-523/1Д

- Н а)** проверка характеристики-зависимости напряжения на исполнительном органе от тока в первичной обмотке трансформатора реле (при максимальном числе витков, до значения тока 50 А);
- Н, К1, В б)** проверка токов срабатывания и возврата на рабочей уставке;
- Н, К1, В в)** проверка надежности работы контактов реле при токах от 1,05 тока срабатывания до максимального значения тока КЗ, но не более 150 А.

#### 4.18.2.4. Реле РТ-40/Ф, ЭТ-521/Ф

- Н а)** проверка токов срабатывания и возврата реле на всех делениях шкалы при подаче питания поочередно на зажимы 4 — 8, 6 — 8, 4 — 6, 2 — 4;
- Н б)** проверка надежности работы контактов на крайних делениях шкалы реле при подаче питания поочередно на зажимы 4 — 8, 6 — 8, 4 — 6, 2 — 4 тока от 1,05 тока срабатывания до 10-кратного тока срабатывания;
- Н, К1, В в)** проверка токов срабатывания и возврата реле на рабочей уставке;

- Н, К1, В** г) проверка надежности работы контактов на рабочей уставке при изменении тока от 1,05 тока срабатывания до 10-кратного тока срабатывания;
- Н** д) измерение токов небаланса в первичной обмотке трансформатора (до фильтра) и в обмотке исполнительного органа (после фильтра) в режимах короткого замыкания и холостого хода генератора, выбор рабочей уставки;
- К1, В** е) измерение токов небаланса в первичной обмотке трансформатора (до фильтра) в режимах КЗ и ХХ генератора.

#### 4.18.2.5. Реле РТ-40/Р, ЭТ-523/Р

- Н** а) проверка характеристики-зависимости напряжения на вторичной обмотке трансформатора реле от тока в первичной обмотке с удвоенным числом витков, изменяющегося от 0,02 до номинального значения;
- Н** б) проверка полярности и соотношения витков обмоток трансформатора реле при пятикратном номинальном токе и последовательно-встречно включенных обмотках фаз (питание на выводы 2 и 7, перемычки между выводами 4 — 6 и 8 — 5) и минимальной уставке реле;
- Н, К1, В, К** в) проверка токов срабатывания и возврата на рабочей уставке при подаче тока в первичную обмотку трансформатора с меньшим числом витков;
- Н, К1, В, К** г) проверка надежности работы контактов реле при токах от 1,05 тока срабатывания до максимального тока КЗ, подаваемого аналогично указанному в п. 4.18.2.5, в.

#### 4.18.2.6. Статические реле максимального тока РС80, РС90

- Н, К1, В, К** а) проверка тока срабатывания отсечки на рабочей уставке;
- Н, К1, В, К** б) проверка токов срабатывания и возврата МТЗ на рабочей уставке;
- Н, К1, В** в) проверка заданной характеристики МТЗ (три-четыре точки) на рабочей уставке;
- Н, К1, В** г) проверка надежности работы реле при 10-кратном токе уставки МТЗ;
- Н, В** д) проверка надежности работы реле при максимальном токе КЗ и дешунтирования электромагнита отключения (в случае использования реле в схемах с дешунтированием);
- Н, В** е) проверка блокировки токовой отсечки.

#### 4.18.2.7. Реле контроля трехфазного напряжения ЕЛ11-ЕЛ13

- Н, К1, В** а) проверка напряжения срабатывания при снижении напряжения в одной фазе;
- Н, К1, В** б) проверка напряжения срабатывания при симметричном снижении трехфазного напряжения;
- Н, К1, В** в) проверка срабатывания реле при обрыве фаз или изменении чередования фаз;
- Н, К1, В, К** г) проверка времени срабатывания на рабочей уставке при обрыве одной из фаз.

#### 4.18.3. Реле тока и напряжения обратной последовательности

##### 4.18.3.1. Реле РТ-2, РТФ-1, РТФ-1М

- Н** а) проверка настройки фильтра тока обратной последовательности;
- Н, К1, В** б) проверка токов срабатывания и возврата реле при рабочих уставках исполнительных органов подачи тока в фазы АВ (по методике проверки ФТОП);
- Н, К1, В** в) проверка надежности работы контактов реле при токах от 1,05 тока срабатывания до максимального значения тока КЗ.

##### 4.18.3.2. Реле РТФ-2, РТФ-7/1, РТФ-7/2

- Н, К1, В** а) проверка исполнительных органов — поляризованных реле;
- Н** б) проверка настройки фильтров тока обратной последовательности;
- Н, К1, В** в) проверка напряжения зажигания стабилитронов и напряжения на конденсаторе СЗ при подаче тока на фазы АВ на вход фильтра;
- Н, К1, В** г) проверка градуировки миллиамперметра на всех делениях шкалы;
- Н** д) проверка токов срабатывания и возврата реле при рабочих уставках исполнительных органов подачи токов на фазы А0, АВ и ВС в отдельности. Одновременно контролируется ток по миллиамперметру;
- Н, К1, В** е) проверка надежности работы контактов исполнительных органов при токах от 1,05 тока срабатывания до тока зажигания стабилитронов.



#### 4.18.3.3. Реле РТФ-3

- Н, К1, В** а) проверка пусковых реле, выходного реле, реле времени шагового искателя и повторителя шагового искателя;
- Н** б) измерение сопротивления постоянному току магазина сопротивлений на всех положениях шагового искателя;
- Н** в) проверка настройки фильтра тока обратной последовательности;
- Н, К1, В** г) проверка токов срабатывания и возврата пускового и выходного реле, времени срабатывания реле времени на рабочих уставках подачей тока в фазы АВ;
- Н, К1, В** д) проверка характеристики-зависимости времени действия реле от тока обратной последовательности (три-пять точек в диапазоне от тока срабатывания реле до номинального тока генератора);
- Н, К1, В** е) проверка надежности работы контактов пускового реле при токах от 1,05 тока срабатывания до максимального значения тока КЗ на выводах генератора.

#### 4.18.3.4. Реле РТФ-6 (РТФ-6М)

- Н, К1, В** а) проверка промежуточных реле КЛ1 - КЛ4, КЛ5 и магнито-электрических реле К1 - К4;
- Н** б) проверка настройки фильтра тока обратной последовательности подачи линейных токов;
- Н** в) проверка настройки входа реле (согласующего трансформатора, фильтр-шунта);
- Н, К1, В** г) проверка уровня напряжения питания и напряжения в контрольных точках;
- Н** д) проверка работы блокинг-генератора;
- Н** е) проверка работы частотного модулятора — зависимости длительности пауз на выходе частотного модулятора от значения входного тока (при двух-трех значениях тока в фазах АВ);
- Н** ж) проверка тока срабатывания на крайних точках шкалы и на рабочих уставках независимых органов подачи тока в фазы АВ;
- К1, В** з) проверка токов срабатывания и возврата на рабочих уставках независимых органов подачи токов в фазы АВ и ВС в отдельности;

- Н, В** и) проверка тормозных токов в обмотках магнитоэлектрических реле при заданных уставках и отсутствии входного тока;
- Н** к) проверка рабочих токов в обмотках магнитоэлектрических реле при заданных уставках и подаче тока в фазы АВ, равного 1,2 тока срабатывания;
- Н, К1, В** л) проверка временной характеристики интегрального органа при значениях тока обратной последовательности, равных 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 номинального;
- Н, К1, В** м) проверка характеристики, имитирующей охлаждение генератора на заданной уставке.

#### 4.18.3.5. Реле РТФ-8, РТФ-9

- Н, К1, В** а) проверка выходных реле (KL — для РТФ-8, KL1, KL2 — для РТФ-9);
- Н, К1, В** б) проверка стабилизатора питания при отклонениях питающего напряжения от 0,8 до 1,1 номинального значения;
- Н** в) проверка настройки фильтра тока обратной последовательности;
- Н, К1, В** г) проверка загробления чувствительного органа реле для высших гармонических составляющих — для реле РТФ-9;
- Н, К1, В** д) проверка токов срабатывания и возврата реле на рабочих уставках при подаче на вход фильтра токов, соответствующих режиму двухфазного КЗ;
- Н, К1, В** е) проверка надежности работы реле при кратковременной подаче тока от 1,05 срабатывания до максимального значения тока КЗ.

#### 4.18.3.6. Реле РНФ-1 и РНФ-1М

- Н** а) проверка настройки фильтра напряжения обратной последовательности на рабочей уставке имитацией всех возможных вариантов двухфазного КЗ;
- Н, К1, В** б) проверка напряжений срабатывания и возврата реле на рабочей уставке подачей на вход фильтра напряжения, имитирующего двухфазное замыкание фаз С и А;
- Н, К1, В** в) проверка надежности работы контактов реле при подаче на вход фильтра напряжения 110 В при имитации двухфазного КЗ фаз С и А.

#### **4.18.4. Реле напряжения нулевой последовательности РНН-57**

- Н** а) проверка частотной характеристики фильтра третьей гармонической составляющей - зависимости напряжения срабатывания от частоты;
- Н, К1, В** б) проверка напряжений срабатывания и возврата на рабочей уставке (при частоте 50 Гц);
- Н, К1, В** в) проверка надежности работы контактов реле при кратковременной подаче напряжения до 110 В.

#### **4.18.5. Реле контроля синхронизма РН-55, ЭН-535**

- Н** а) проверка полярности обмоток;
- Н, К1, В** б) проверка угла срабатывания и возврата на рабочей уставке при номинальном напряжении на обмотках;
- Н, К1, В** в) проверка надежности работы контактов реле во всем диапазоне (0–180°) изменения угла векторов напряжений, действующих на обмотки реле.

#### **4.18.6. Дифференциальные реле**

##### **4.18.6.1. Реле серии РНТ**

- Н, К1, В** а) проверка токов и напряжений срабатывания и возврата исполнительного органа при отключенном БНТ;
- Н, К1, В** б) проверка правильности выполнения короткозамкнутых обмоток;
- Н, К1, В** в) проверка срабатывания и возврата реле на рабочей уставке со стороны каждого «плеча» защиты;
- Н** г) проверка коэффициента надежности реле;
- Н, К1, В** д) проверка надежности работы контактов реле при токах от 1,05 до пятикратного тока срабатывания.

##### **4.18.6.2. Реле серий ДЗТ-10, ДЗТ-1, ДЗТ-2, ДЗТ-4 и реле максимального тока МТЗ-11**

- Н, К1, В** а) проверка токов и напряжений срабатывания и возврата исполнительного органа при отключенном БНТ;
- Н** б) проверка отсутствия напряжения на вторичной обмотке БНТ (исполнительный орган отключен) при подаче в тормозную обмотку максимального значения тока КЗ;

- Н, К1, В в)** проверка токов срабатывания и возврата реле на рабочих уставках со стороны каждого плеча и при отсутствии тока в тормозной обмотке;
- Н, К1, В г)** проверка тормозной характеристики-зависимости тока в рабочей обмотке от тока в тормозной обмотке (в условиях срабатывания исполнительного органа);
- Н д)** проверка коэффициента надежности реле;
- Н, К1, В е)** проверка надежности работы контактов реле при токах от 1,05 до пятикратного тока срабатывания.

#### **4.18.6.3 Дифференциальные реле тока серии РСТ23**

- Н, К1, В а)** проверка токов срабатывания и возврата на рабочей уставке каждого плеча и при отсутствии тока в тормозной обмотке;
- Н, К1 б)** проверка тока срабатывания при отсутствии тормозного тока и изменении напряжения питания от 0,8 до 1,1 номинального значения (кроме реле РСТ23-6);
- Н, К1, В в)** проверка коэффициента торможения;
- Н, К1, В г)** проверка тормозной характеристики;
- Н, К1 В д)** проверка времени срабатывания при двукратном токе срабатывания (для реле РСТ23-6 при токе не более 1,5 А).

#### **4.18.7. Реле мощности**

##### **4.18.7.1. Реле ИМБ-171, ИМБ-177, ИМБ-178, РБМ-171, РБМ-177, РБМ-178, РБМ-271, РБМ-277, РБМ-278**

- Н, В а)** проверка отсутствия самохода по току при закороченной обмотке напряжения и проверка отсутствия самохода по напряжению при разомкнутой токовой обмотке;
- Н, К1, В б)** определение угла максимальной чувствительности;
- Н, В в)** проверка мощности срабатывания при угле максимальной чувствительности и токе, равном номинальному значению; для реле РБМ-271, РБМ-277, РБМ-278 проверка производится при работе реле в обе стороны;
- Н, К1, В г)** проверка поведения реле при сбросе обратной мощности от десятикратной мощности срабатывания до максимально возможной обратной мощности при КЗ на шинах подстанции; для реле РБМ-271, РБМ-277, РБМ-278 проверка проводится при работе в обе стороны;

- Н, К1, В д)** проверка надежности работы контактов при подведении к реле мощности от 1,2 мощности срабатывания до максимальной мощности, возможной при КЗ и угле максимальной чувствительности.

#### **4.18.7.2. Реле мощности РМ11, РМ12**

- Н, К1, В а)** проверка отсутствия самохода по току при закороченной обмотке напряжения при подаче входного тока до  $30I_{ном}$  и проверка отсутствия самохода по напряжению при отсутствии тока и напряжении до  $1,15U_{ном}$ ;
- Н, К1, В б)** определение угла максимальной чувствительности при номинальных токе и напряжении;
- Н в)** проверка вольт-амперной характеристики при угле максимальной чувствительности (для реле РМ12 при заданной уставке по напряжению срабатывания);
- Н, К1, В г)** проверка надежности работы контактов выходных реле при подведении к реле входных значений тока  $40I_{ном}$  и напряжении  $1,15U_{ном}$ .

#### **4.18.8. Сеймостойкие реле**

Реле тока РСТ11, РСТ12, РСТ13, РСТ14, НЛ4.

Дифференциальные реле РСТ15, РСТ16.

Реле напряжения РСН11, РСН12, РСН13-1, РСН13-2, РСН14, РСН15, РСН16, РСН17, НЛ5.

Реле напряжения обратной последовательности РСФ11.

Реле активной мощности РСМ13.

Реле минимального напряжения НЛ10, НЛ11

- Н, К1, В а)** проверка параметров срабатывания на минимальной и максимальной уставках при значениях напряжения оперативного тока 0,8 и 1,1 номинального значения;
- Н, К1, В, К б)** проверка параметров срабатывания и возврата реле на рабочих уставках.

#### **4.18.9. Реле сопротивления**

##### **4.18.9.1. Реле КРС-111, КРС-112**

- Н а)** проверка отсутствия самоходов от тока на расчетной уставке;

- Н, К1, В б)** определение угла максимальной чувствительности на расчетной уставке (в случае использования смещения);
- Н, К1, В в)** проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания при значении тока, большем или равном удвоенному значению тока точной работы, и заданном угле настройки;
- Н г)** снятие характеристики-зависимости сопротивления срабатывания от тока при заданном угле настройки с целью определения действительного тока точной работы реле.

#### **4.18.9.2. Реле КРС-131, КРС-132**

- Н а)** проверка отсутствия самоходов на расчетной уставке (для КРС-131 по цепям I и II зон);
- Н, К1, В б)** определение угла максимальной чувствительности на расчетной уставке для первой и второй зон методом «засечек»;
- Н, К1, В в)** проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания;
- Н г)** проверка характеристики-зависимости сопротивления срабатывания от тока с целью определения тока точной работы по цепям I и II зон;
- Н, К1, В, К д)** проверка правильности поведения реле при имитации близких двухфазных и трехфазных КЗ в зоне и вне зоны действия с уменьшением напряжения до нуля.

#### **4.18.9.3. Реле КРС-121**

- Н а)** проверка отсутствия самоходов на расчетной уставке по цепям I и II зон;
- Н, К1, В б)** определение угла максимальной чувствительности на расчетной уставке для первой и второй зон методом «засечек»;
- Н, К1, В в)** проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания при подведении напряжения фаз АВ, ВС, СА при заданных угле и токе настройки;
- Н г)** снятие характеристики-зависимости сопротивления срабатывания от тока при заданном угле настройки и подведении напряжения фаз СА с целью определения действительного тока точной работы реле по цепям I и II зон;

**Н, К1, В, К д)** проверка правильности поведения реле при имитации близких двухфазных и трехфазных КЗ в зоне и вне зоны действия с уменьшением напряжения до нуля.

#### **4.18.9.4. Реле КРС-1, КРС-2, КРС-3**

- Н, В** а) проверка блока питания (при использовании НИ на ИМС);  
**Н** б) проверка настройки фильтров вторых гармонических составляющих;
- Н** в) проверка ограничивающего действия диодов, включенных магнитоэлектрическим реле;
- Н** г) выравнивание комплексных сопротивлений рабочего и тормозного контуров (установка «мертвой зоны») при подаче номинального тока в первичные обмотки трансформаторов и закороченных цепях напряжения; для реле КРС-2 выравнивание комплексных сопротивлений контуров производится также при подведении напряжения 58 В к контуру подпитки 2Тр-4С при закороченных цепях напряжения рабочих фаз;
- Н** д) измерение напряжения на вторичных обмотках контура подпитки при подведении к первичным обмоткам напряжения 58 В для реле КРС-2;
- е) измерение угла между векторами первичного и вторичного напряжения контура подпитки;
- Н, К1, В ж)** определение угла максимальной чувствительности на расчетной уставке методом «засечек»;
- Н, К1, В з)** проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания при заданных угле и токе настройки;
- Н** и) проверка наличия смещения в I квадрант для реле КРС-1 и КРС-3;
- Н** к) проверка эллиптичности характеристики реле КРС-1 (в случае использования);
- Н** л) проверка смещения характеристики в III квадрант (в случае использования смещения у КРС-1 и КРС-3);
- Н** м) снятие характеристики-зависимости сопротивления от тока при заданном угле настройки с целью определения действительного тока точной работы реле (для КРС-2 по цепям I и II зон);
- Н, К1, В, К н)** проверка правильности поведения реле при имитации близких двухфазных и трехфазных КЗ в зоне и вне зоны действия защиты с уменьшением напряжения до нуля.

#### 4.18.9.5. Блок реле сопротивлений БРЭ 2801

- Н, К1, В, К** а) проверка регулировки механической части выходных реле блока Р1110;
- Н, К1, В** б) проверка стабилизированных уровней напряжения питания +15 В;
- Н, К1, В, К** в) проверка реле сопротивлений С108:  
**Н** — проверка исправности усилителей формирователей Е4 и Е5;  
**Н** — проверка исправности формирователя импульсов (ФИН) и интегратора;  
**Н, К1, В** — проверка координат особых точек Z1 и Z2 характеристики срабатывания РС при наличии смещения;  
**Н, К1, В** — проверка и настройка органа памяти (производится только для характеристики, проходящей через начало координат);  
**Н, К1, В** — проверка угла максимальной чувствительности на расчетной уставке методом «засечек»;  
**Н, К1, В** — проверка заданных уставок по сопротивлению срабатывания при заданном угле максимальной чувствительности;  
**Н, К1, В** — проверка наличия смещения характеристики в I или III квадрант;  
**Н, К1, В** — проверка эллиптичности характеристики (если используется);  
**Н** — проверка характеристики-зависимости срабатывания от тока при заданном угле настройки с целью определения тока точной работы;  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности поведения реле при имитации близких КЗ в зоне и вне зоны действия защиты с уменьшением напряжения до нуля;
- Н, К1, В** г) проверка исправности блока Р1110.

#### 4.18.10. Реле частоты

##### 4.18.10.1. Реле разности ИРЧ-01А

- Н** а) проверка характеристики-зависимости уставки срабатывания от значения тока, определяемого остаточным напряжением генератора при номинальном напряжении сети;



**Н, К1, В б)** проверка разности частот срабатывания при номинальных значениях тока и напряжения.

#### **4.18.10.2.** Реле частоты ИБЧ-011, ИБЧ-3, ИБЧ-15

**Н, К1, В а)** проверка частоты срабатывания и возврата на рабочей уставке при номинальном напряжении;

**Н, К1, В б)** проверка частоты срабатывания и возврата при  $0,6U_{ном}$  и  $1,25U_{ном}$  для реле ИБЧ-3 и ИБЧ-011 и при  $0,8U_{ном}$  и  $1,1U_{ном}$  для реле ИБЧ-15.

#### **4.18.10.3.** Реле частоты РЧ-1 и РЧ-2

**Н, К1, В а)** проверка частоты срабатывания и возврата на рабочих уставках при номинальном напряжении;

**Н, К1, В б)** проверка времени срабатывания на рабочей уставке при номинальном напряжении;

**Н, К1, В в)** проверка напряжений в контрольных точках;

**Н, К1, В г)** проверка частоты срабатывания и возврата на рабочих уставках при  $0,2U_{ном}$  и  $1,3U_{ном}$  для реле РЧ-1 и при  $0,2U_{ном}$  и  $1,5U_{ном}$  для реле РЧ-2;

**Н, К1, В д)** проверка работоспособности полупроводниковой части схемы нажатием кнопки Кн;

**Н, К1, В е)** проверка поведения реле при снятии и подаче переменного напряжения при поданном оперативном напряжении;

**Н, К1, В ж)** проверка поведения реле при снятии и подаче оперативного напряжения при наличии напряжения контролируемой сети.

---

**Примечание.** При питании реле от оперативного переменного тока через выпрямительное устройство (ВУ) проверка проводится совместно с ВУ.

#### **4.18.10.4.** Реле разности частот РГР-11

**Н, К1, В а)** проверка стабилизированных уровней напряжения питания  $+15 В$ ,  $+5 В$ ;

**Н, К1, В б)** проверка разности частот срабатывания при номинальных значениях базисного и синхронизируемого напряжений;

**Н в)** проверка разности частот срабатывания при минимально возможном остаточном напряжении генератора и номинальном базисном напряжении сети.

#### 4.18.10.5. Реле статическое частоты РСГ11

- Н, К1, В** а) проверка срабатывания (возврата) при номинальном напряжении на рабочей уставке;
- Н, К1, В** б) проверка срабатывания (возврата) при изменении питающего напряжения от 0,4 до 1,3 номинального напряжения для реле понижения частоты и от 0,45 до 1,5 номинального значения для реле повышения частоты;
- Н, К1, В** в) проверка поведения реле при снятии и подаче питающего напряжения;
- Н, В** г) проверка времени срабатывания на рабочей уставке;
- Н** д) проверка дистанционного переключения реле на возврат.

#### 4.18.11. Реле мощности обратной последовательности РМОП-1, РМОП-2

- Н** а) проверка ФНОП на холостом ходу;
- Н** б) проверка ФТОП на рабочей уставке;
- Н, К1, В** в) проверка пускового токового органа на рабочей уставке при подаче тока на фазы АВ;
- Н, К1, В** г) проверка органа направления мощности:  
**Н** — проверка и устранение самоходов по току и напряжению;  
**Н, К1, В** — определение зоны действия реле и угла максимальной чувствительности;
- Н, В** д) проверка работы контактов реле при угле максимальной чувствительности и подведении к реле мощности от 1,2 мощности срабатывания до максимальной мощности, возможной при КЗ;
- Н, К1, В, К** е) проверка рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения к реле цепей тока и напряжения;  
**Н, К1** — проверка правильности работы реле при имитации двухфазного КЗ ВС;  
**Н, В** — проверка небаланса ФНОП и ФТОП.

#### 4.18.12. Реле защиты однофазных замыканий на землю РТЗ-50, РТЗ-51

- Н, К1, В** а) проверка выходного реле;
- Н** б) проверка входного трансформатора и ограничения входного сигнала;

- Н, К1, В** в) проверка стабилизатора питания;
- Н** г) проверка загробления реле для высших гармонических составляющих;
- Н** д) проверка работы реле во всем диапазоне (дискретном, плавном) изменения уставки;
- Н, К1, В** е) измерение напряжения в контрольных точках при номинальном напряжении питания при отсутствии тока на входе реле, а также при подаче на вход реле тока, равного 1,1 тока срабатывания;
- Н, К1, В** ж) проверка реле совместно с трансформатором тока на рабочей уставке.

#### **4.18.13. Защита генератора от перегрузки**

##### **4.18.13.1. Реле защиты ротора РЗР-1М (РЗР-1)**

- Н, К1, В** а) проверка магнитоэлектрических реле К1, К2;
- Н, К1, В** б) проверка промежуточных реле КЛ1, КЛ2, КЛ3, КЛ4;
- Н** в) проверка входного преобразовательного устройства (промежуточного и согласующего трансформаторов при отсоединении от схемы);
- Н, К1, В** г) проверка уровня напряжения питания и напряжения в контрольных точках;
- Н** д) проверка работы блокинг-генератора;
- Н** е) проверка работы частотного модулятора — зависимости длительности пауз на выходе частотного модулятора от значения тока на входе согласующего трансформатора (при двух-трех значениях тока);
- Н** ж) проверка токов срабатывания и возврата независимых органов на крайних точках шкалы и на рабочих уставках;
- К1, В** з) проверка токов срабатывания и возврата независимых органов на рабочих уставках;
- Н** и) проверка тормозных токов в обмотках магнитоэлектрических реле при заданных уставках и при отсутствии входного тока;
- Н** к) проверка рабочих токов в обмотках магнитоэлектрических реле при заданных уставках и при подаче на вход защиты тока, равного 1,2 тока срабатывания;
- Н, К1, В** л) проверка временной характеристики интегрального органа при значениях переменного тока на входе защиты, соответствующих 1,1; 1,2; 1,5; 2,0 номинального тока ротора;

**Н, К1, В м)** проверка характеристики, имитирующей охлаждение ротора генератора.

**(Измененная редакция, Изм. №1).**

#### **4.18.13.2. Блок защиты от перегрузки ротора БЭ1102**

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания совместно с блоком стабилизации напряжения:

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки оперативного тока;

**Н, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выводах  $\pm 15$  В;

**Н, К1, В б)** проверка выходных реле постоянного тока;

**Н, К1, В, К в)** проверка настройки блока защиты на номинальный ток ротора при использовании внешнего датчика тока ротора;

**Н, К1, В, К г)** проверка токов срабатывания и возврата сигнального и пускового органов:

**Н, В** — на крайних точках шкалы уставок;

**Н, К1, В, К** — на рабочих уставках;

**Н, К1, В, К д)** проверка независимой выдержки времени сигнального органа:

**Н, В** — на крайних точках шкалы уставок;

**Н, К1, В, К** — на рабочей уставке;

**Н, В е)** проверка настройки коэффициентов В и С;

**Н, К1, В ж)** проверка на рабочей уставке временных характеристик интегрального органа при значениях относительного тока ротора 1,1; 1,2; 1,5; 2,0;

**Н, К1, В з)** проверка временной характеристики интегрального органа, имитирующей охлаждение генератора;

**Н, К1, В, К и)** проверка узла тестового контроля;

**Н, К1, В к)** проверка защиты рабочим током: проверка настройки на номинальный ток (косвенным способом);

**Н, К1, В, К л)** проведение тестового контроля.

**(Введен дополнительно, Изм. № 1).**

**4.18.13.3.** Блок защиты от перегрузки генератора токами обратной последовательности БЭ1101

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания совместно с блоком стабилизации напряжения:

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки оперативного тока;

**Н, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выводах  $\pm 15$  В;

**Н, К1, В б)** проверка выходных реле постоянного тока;

**Н, К1, В в)** проверка настройки фильтра тока обратной последовательности;

**Н, К1, В, К г)** проверка настройки блока на номинальный ток генератора;

**Н, К1, В, К д)** проверка токов срабатывания и возврата сигнального, пускового органов и отсечки:

**Н, В** — на крайних точках шкалы уставок;

**Н, К1, В, К** — на рабочих уставках;

**Н, К1, В, К е)** проверка независимой выдержки времени сигнального органа и отсечки:

**Н, В** — на крайних точках шкалы уставок;

**Н, К1, В, К** — на рабочих уставках;

**Н, К1, В ж)** проверка на рабочей уставке временных характеристик интегрального органа при значениях относительного тока обратной последовательности 0,25; 0,5; 1,0; 1,5;

**Н, К1, В з)** проверка временной характеристики интегрального органа, имитирующей охлаждение генератора;

**Н, К1, В, К и)** проверка узла тестового контроля;

**Н, К1, В к)** проверка защиты рабочим током:

**Н, К1, В** — проверка настройки на номинальный ток;

**Н, К1, В** — измерение небаланса фильтра токов обратной последовательности;

**Н** — проверка характеристик срабатывания органов сигнального, пускового и отсечки;

**Н** — проверка характеристик срабатывания интегрального органа при значениях относительного тока обратной последовательности 0,5; 1,0;

**Н, К1, В, К л)** проведение тестового контроля.

**(Введен дополнительно, Изм. № 1).**

**4.18.13.4.** Блок защиты от перегрузки генератора токами прямой последовательности БЭ1103

**Н, К1, В, К а)** проверка блока питания совместно с блоком стабилизации напряжения:

**Н, К1, В, К** — проверка значений выходных напряжений при номинальных значениях напряжения и нагрузки оперативного тока;

**Н, В** — проверка значений выходных напряжений при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального;

**Н, В** — проверка защиты при имитации КЗ на выводах  $\pm 15$  В;

**Н, К1, В б)** проверка выходных реле постоянного тока;

**Н, К1, В, К в)** проверка настройки блока на номинальный ток генератора;

**Н, К1, В, К г)** проверка токов срабатывания и возврата сигнального и пускового органов:

**Н, В** — на крайних точках шкалы;

**Н, К1, В, К** — на рабочих уставках;

**Н, К1, В, К д)** проверка независимой выдержки времени сигнального органа:

**Н, В** — на крайних точках шкалы;

**Н, К1, В, К** — на рабочих уставках;

**Н, В е)** проверка настройки коэффициентов В и С;

**Н, К1, В ж)** проверка на рабочей уставке временных характеристик интегрального органа при значениях относительного тока статора 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5;

**Н, К1, В з)** проверка временной характеристики интегрального органа, имитирующего охлаждение генератора;

**Н, К1, В, К и)** проверка узла тестового контроля;

**Н, К1, В к)** проверка защиты рабочим током:

**Н, К1, В** — проверка настройки на номинальный ток;

**Н** — проверка характеристик срабатывания сигнального и пускового органа;

**Н** — проверка характеристик срабатывания интегрального органа при значениях относительного тока статора 1,2; 1,5 (косвенным способом);

**Н, К1, В, К л)** проведение тестового контроля.»  
**(Введен дополнительно, Изм. № 1).**

#### **4.18.14. Защиты от замыканий на землю в цепях возбуждения генератора**

##### **4.18.14.1. Комплект защиты цепей возбуждения КЗР2**

- Н, К1, В а)** проверка поляризованных реле;  
**Н, К1, В, К б)** проверка реле времени;  
**Н, К1, В в)** проверка промежуточного, сигнального реле;  
**Н г)** проверка сопротивления постоянному току потенциометра и полного сопротивления дросселя при частоте 50 Гц;  
**Н д)** проверка правильности показаний по всей шкале вольтметра на всех диапазонах для обеих полярностей подводимого напряжения;  
**Н, К1, В е)** определение напряжений срабатывания и возврата каждого поляризованного реле комплекта при подаче напряжения к движку потенциометра и зажиму «600».

##### **4.18.14.2. Комплект защиты цепей возбуждения КЗР-3**

- Н, К1, В а)** проверка магнитоэлектрического реле;  
**Н, К1, В, К б)** проверка реле времени;  
**Н, К1, В в)** проверка промежуточных реле;  
**Н г)** измерение сопротивления постоянному току элементов комплекта (обмоток магнитного делителя частоты, трансформатора, дросселей, резисторов);  
**Н д)** проверка настройки магнитного делителя частоты (МДЧ) измерением тока подмагничивания при отключенной нагрузке и подаче на вход номинального напряжения;  
**Н е)** проверка балансировки фазочувствительной схемы при отключенном оперативном токе и подаче на вход МДЧ номинального напряжения; выход КЗР-3 разомкнут;  
**Н, К1, В ж)** измерение опорного напряжения на стабилизаторах 1СТ, 2СТ при номинальном напряжении оперативного тока;  
**Н з)** проверка настройки частотных фильтров вспомогательного устройства ВУ-2;  
**Н, К1, В и)** проверка взаимодействия элементов комплекта и регулирование (проверка) на заданную уставку при собранных

цепях комплекта реле и ВУ-2 (выходные цепи защиты подключаются к конденсатору и резистору, на входные цепи подается напряжение переменного и постоянного тока);

**Н, К1, В к)** проверка на рабочей уставке (уставах) параметров работы защиты, подключенной к ротору генератора, возбуждаемого от рабочего и резервного возбудителей;

**Н, В л)** испытание изоляции цепей комплекта в соответствии с требованиями инструкции завода-изготовителя.

#### 4.18.14.3. Блоки защиты цепей возбуждения генераторов БЭ1104, БЭ1105

**Н а)** проверка устройства ограничения напряжения, поступающего от цепей возбуждения, в блоке частотного фильтра БЭ1105;

**Н б)** проверка частотного фильтра при напряжении питания, равном 220 В, сопротивлении на выходе блока БЭ1105  $R = \infty$  и емкости  $C = 5$  мкФ;

**Н в)** проверка выходных напряжений в блоках Д1370 и ПО211 при изменении напряжения питания от 176 до 242 В;

**Н, К1, В г)** проверка зависимости напряжения на выходе БЭ1104 от изменения сопротивления на выходе БЭ1105 при емкости  $C = 5$  мкФ:

$$U_{\text{вых}} = f(R_{\text{изол}});$$

**Н, В д)** проверка диапазона уставок срабатывания по сопротивлению изоляции первой и второй ступеней защиты и определение погрешности уставок при изменении емкости цепей возбуждения и компенсирующей емкости соответственно (2 — 3 точки на каждой уставке);

**Н, К1, В е)** проверка и настройка рабочих уставок срабатывания и возврата по сопротивлению изоляции с учетом параметров Ризол и емкости цепей возбуждения (рабочего и резервного);

**Н, К1, В ж)** проверка и настройка времени срабатываний первой и второй ступеней защиты;

**Н, К1, В, К з)** проверка устройств индикации, измерений, сигнализации;

**Н, К1, В и)** проверка цепей дистанционного переключения уставок при переводах системы возбуждения (рабочая, резервная);



- Н, К1, В, К** к) проверка устройства контроля контакта измерительной щетки на валу генератора;
- Н, К1, В, К** л) проверка работы тестового контроля;
- Н, К1, В** м) проверка работы устройства для настройки уставок;
- Н** н) проверка отсутствия ложного срабатывания при коммутации напряжения питания (включение, кратковременные перерывы, отключение);
- Н, К1, В, К** о) проверка защиты, подключенной к цепям возбуждения (рабочей, резервной, в том числе при переводах), по пунктам е, ж, з, и, к, л, н.»

**(Введен дополнительно, Изм. № 1).**

#### **4.18.15. Защиты от однофазных замыканий обмотки статора генератора**

##### **4.18.15.1. Блок защиты генераторов 3ЗГ-1**

- Н, К1, В** а) проверка стабилизированного напряжения питания;
- Н** б) проверка зажигания тиристорных;
- Н, К1, В** в) проверка тока срабатывания промежуточных реле;
- Н, К1** г) проверка настройки фильтров 50 и 150 Гц;
- Н** д) проверка напряжения срабатывания блока основной составляющей (БОС) по шкале уставок;
- Н, К1, В** е) проверка напряжения срабатывания БОС на рабочей уставке;
- Н, К1, В** ж) проверка минимального рабочего напряжения срабатывания блока третьей гармонической составляющей (БТГ);
- Н** з) проверка сопротивления срабатывания БТГ при полностью введенных резисторах R26 и R27;
- Н** и) настройка коэффициента надежности БТГ на холостом ходу работающего генератора и его проверка в режиме нагрузки генератора;
- Н, К1, В** к) проверка коэффициента надежности БТГ на холостом ходу работающего генератора;
- К** л) проверка действия БОС и БТГ от постороннего источника.

##### **4.18.15.2. Блок защиты генератора БРЭ 1301.01**

- Н, К1, В** а) проверка блока питания;
- Н, К1, В** б) проверка напряжения срабатывания промежуточных реле;
- Н** в) проверка настройки фильтров;

- Н** г) проверка напряжения срабатывания БОС и органа блокировки по напряжению обратной последовательности (ОБН) по шкале уставок;
- Н, К1, В** д) проверка напряжения срабатывания БОС, ОБН на рабочей уставке;
- Н** е) проверка настройки БТГ в режиме холостого хода и нагрузки генератора;
- Н, К1, В, К** ж) контроль исправности БОС, БТГ, ОБН нажатием кнопки «контр. БОС», «контр. БТГ», «контр. U2».

#### 4.18.15.3. Блок защиты генератора БРЭ 1301.02

- Н** а) проверка регулировки механической части и состояния контактных поверхностей промежуточных реле;
- Н, К1, В** б) проверка блока питания;
- Н, К1, В** в) проверка напряжения срабатывания промежуточных реле;
- Н** г) проверка настройки фильтров;
- Н** д) проверка напряжения срабатывания БОС и ОБН по шкале уставок;
- Н, К1, В** е) проверка напряжения срабатывания БОС, ОБН на рабочей уставке;
- Н** ж) проверка кратности изменения входного напряжения, соответствующего границам срабатывания и возврата БТГ;
- Н** з) проверка отстройки БТГ от однофазных КЗ на стороне ВН энергоблока;
- Н** и) настройка масштаба входного напряжения БТГ на холостом ходу работающего генератора и его проверка в режиме нагрузки генератора;
- Н, К1, В, К** к) контроль исправности БОС, БТГ, ОБН нажатием на кнопки «контр. БОС», «контр. БТГ», «контр. U2».

#### 4.18.15.4. Блок защиты генератора ЗГНП

- Н, К1, В, К** а) проверка блока питания;
- Н, К1, В** б) проверка напряжения срабатывания пускового органа на частоте 50 и 150 Гц;
- Н, К1, В** в) проверка тока срабатывания первой ступени на частоте 50 Гц;
- Н, К1, В** г) проверка тока срабатывания второй ступени на частоте 250 Гц;
- Н, К1, В** д) проверка выдержки времени первой ступени;

- Н, К1, В** е) проверка выдержки времени второй ступени;
- Н** ж) проверка коэффициента торможения первой ступени на частоте 650 Гц;
- Н** з) проверка срабатывания второй ступени по числу повторно-кратковременных замыканий;
- Н** и) проверка коэффициента загробления второй ступени при повторно-кратковременных замыканиях;
- Н, К1, В** к) проверка блокировки по току;
- Н, К1, В, К** л) проверка коэффициента отстройки от тока небаланса (по напряжению в контрольной точке «2») при работе генератора в режиме нагрузки;
- Н, К1, В, К** м) проверка функционирования тестового контроля нажатием кнопки «Контр.».

**(Введен дополнительно, Изм. № 1).**

#### **4.18.16. Реле времени**

**4.18.16.1.** Реле ЭВ-112 – ЭВ-144, ЭВ-215 – ЭВ-248, РВ 100 – РВ 200

- Н, К1, В, К** а) измерение напряжения четкого срабатывания (для всех типов реле) и возврата (для реле ЭВ-215, ЭВ-225, ЭВ-235, ЭВ-245 и термически устойчивых реле);
- Н, К1, В, К** б) проверка времени срабатывания на рабочей уставке; проверка проводится на всех делениях шкалы тех реле, уставки которых изменяются оперативным персоналом;
- Н, К1, В, К** в) пятикратный запуск и прослушивание работы часового механизма.

#### **4.18.16.2. Реле РВМ-12 и РВМ-13**

- Н, К1, В, К** а) измерение токов четкого срабатывания и возврата реле при питании реле поочередно от каждого насыщающегося трансформатора;
- Н, К1, В, К** б) проверка времени срабатывания на рабочей уставке, а также на всех делениях шкалы тех реле, уставки которых изменяются оперативным персоналом;
- В, О** в) пятикратный запуск;
- Н, К1, В** г) проверка надежности работы контактов при токах от 1,05 тока срабатывания до максимального значения тока КЗ;

**Н, К1, В, К д)** проверка времени действия реле в схеме защиты на заданной уставке (при К без измерения времени).

#### **4.18.16.3. Реле РВ-01, РВ-03, ПРВ**

- Н** а) проверка напряжений срабатывания и возврата при нулевом значении уставки по времени;
- Н, К1, В б)** проверка времени срабатывания реле РВ-01 и возврата реле РВ-03 на рабочей уставке. Для реле ПРВ проверка времени срабатывания предварительной и основной ступеней срабатывания.

#### **4.18.16.4. Реле времени статические РСВ14, РСВ160, РСВ260, ВЛ100 – ВЛ103, РСВ01-1, РСВ1-3, РСВ1-4**

- Н, В** а) проверка напряжений срабатывания и возврата при нулевом значении уставки по времени;
- Н, К1, В б)** проверка времени срабатывания реле РСВ, ВЛ100, ВЛ102 и возврата ВЛ101, ВЛ103.

#### **4.18.16.5. Реле времени ВС33**

- Н, В** а) проверка напряжений срабатывания и возврата при нулевом (минимальном) значении уставки по времени;
- Н, К1, В б)** проверка времени срабатывания;
- Н, В в)** проверка времени повторной готовности.

#### **4.18.16.6. Реле времени серийное РСВ13**

- Н, В** а) проверка минимального тока срабатывания при последовательном и параллельном соединении обмоток насыщающего трансформатора;
- Н б)** проверка потребляемой мощности для каждой цепи питания при двукратном токе срабатывания;
- Н, К1 в)** проверка времени срабатывания на максимальной и минимальной уставках при минимальном токе срабатывания;
- Н, К1, В, К г)** проверка времени срабатывания на рабочей уставке при двукратном токе срабатывания.

#### **4.18.17. Промежуточные и кодовые реле**

**4.18.17.1.** Реле РП-16 + РП-18, РП-23 + РП-26,  
РП-232, РП-233, РП-251 + РП-256, РП-311,  
ЭП-1, РП-211 + РП-215, РП-221 + РП-225, КДР-1,  
КДР-3, КДР-3М, КДР-5М, КДР-6М,  
РПУ0 + РПУ2, РЭП15 + РЭП25

- Н** а) проверка напряжений (токов) срабатывания и возврата реле по основной обмотке;
- Н** б) проверка тока (напряжения) удерживания реле по дополнительным обмоткам;
- Н** в) проверка однополярных выводов основной и дополнительных обмоток;
- Н, К1, В** г) измерение времени действия тех реле, для которых оно задано картой уставок или инструкцией по наладке и эксплуатации. Если при измерении времени действия производилась регулировка реле, повторно проверяются напряжения срабатывания и возврата.

#### **4.18.17.2. Реле РП-321, РП-341**

- Н, К1, В** а) проверка токов срабатывания и возврата реле;
- Н** б) снятие зависимости вторичного выпрямленного напряжения от тока при последовательно соединенных первичных обмотках;
- Н, К1, В** в) проверка надежности работы контактов при максимальном токе КЗ и дешунтировании электромагнита отключения.

#### **4.18.17.3. Реле РП-351, РП-352, РП-8, РП-9, РП-11, РП-12**

- Н, К1, В** а) проверка напряжения срабатывания каждой обмотки реле.

#### **4.18.18. Указательные реле ЭС-21, РУ-21, ЭС-41, БРУ-4, РУ-1, РУ-11**

- Н** а) проверка напряжения (тока) срабатывания реле. Для реле ЭС-41 и БРУ-4 проверка проводится для каждой обмотки.

#### 4.18.19. Реле повторного включения

##### 4.18.19.1. Реле РПВ-58, РПВ-258, РПВ-358

- Н, К1, В, К** а) проверка реле времени;  
**Н** б) проверка напряжения срабатывания по параллельной обмотке и тока удержания по последовательной обмотке реле 1РП;  
**Н, К1, В** в) проверка в полной схеме АПВ правильности включения параллельной и последовательной обмоток реле 1РП;  
**Н, К1, В, К** г) проверка времени заряда конденсатора (готовности к повторному действию);  
**Н, К1, В, К** д) проверка конденсатора на сохранность заряда;  
**Н, К1, В, К** е) проверка надежности запрета АПВ при замыкании цепи разрядного сопротивления.

##### 4.18.19.2. Реле РПВ-01, РПВ-02, ВЛ-108

- Н** а) проверка времени подготовки реле;  
**Н, К1, В** б) проверка времени срабатывания реле на рабочих уставках (для реле РПВ-02 дополнительно проверяется время срабатывания при втором цикле АПВ);  
**Н** в) проверка тока удерживания реле К1 (РП13);  
**Н, К1, В** г) проверка надежности запрета АПВ при наличии сигнала блокировки;  
**Н, К1, В** д) проверка цепи действия БАПВ для РПВ-01.

#### 4.18.20. Реле импульсной сигнализации РИС-Э2М, РИС-Э2М-0,2, РИС-Э3М, серий РТД11, РТД12

- Н, В** а) проверка исполнительного органа;  
**Н** б) проверка чувствительности реле — определение значения импульса тока срабатывания реле при отсутствии предварительного тока в реле и при протекании во входной цепи предварительно установленного тока;  
**Н** в) проверка возврата реле;  
**Н, В** г) проверка работы реле при отклонении питающего напряжения от 0,8 до 1,1 номинального значения;  
**Н, В** д) проверка отсутствия ложных срабатываний реле при подаче и снятии питающего напряжения.

#### **4.18.21. Газовые реле**

##### **4.18.21.1. Реле РГЧЗ-66**

- Н, К1, В а)** проверка плавучести поплавков (чашек);  
**Н, К1, В б)** проверка правильности уставки и регулировки контактов;  
**Н, К1, В в)** проверка срабатывания отключающего и сигнального элементов спуском масла из корпуса реле;  
**Н, К1, В, К г)** измерение сопротивления и испытания (Н, К1, В) изоляции электрических цепей реле (по отношению к земле, между контактами и между отключающими и сигнальными цепями);  
**Н, К1, В д)** проверка работы установленного на трансформаторе реле нагнетания воздуха с помощью насоса;  
**Н е)** проверка надежности отстройки реле от пусковых режимов циркуляционных насосов охлаждения трансформатора при всех возможных в эксплуатации переключениях вентилей в системе маслопроводов.

##### **4.18.21.2. Реле BF 80/Q, BF 50/10**

- Н, К1, В а)** проверка правильности уставки и регулировки контактов;  
**Н, К1, В б)** проверка срабатывания отключающего и сигнального элементов спуском масла из корпуса реле (при наличии пробки в дне корпуса);  
**Н, К1, В, К в)** измерение сопротивления и испытания (при Н, К1, В) изоляции электрических цепей реле — между цепями (при отключенных контактах реле) и по отношению к земле. Проверка изоляции разомкнутых контактов реле мегаомметром на 500 В;  
**Н, К1, В, К г)** проверка срабатывания реле нажатием на кнопку контроля.

##### **4.18.21.3. Реле URF25/10**

- Н, В а)** проверка правильности уставки и регулировки контактов;  
**Н, К1, В, К б)** измерение сопротивления и испытания (при Н, К1, В) изоляции электрических цепей реле — между цепями (при отключенных контактах реле) и по отношению к земле. Проверка изоляции разомкнутых контактов реле мегаомметром на 500 В;

**Н, К1, В, К в)** проверка срабатывания реле нажатием на кнопку контроля-возврата.

#### 4.18.21.4. Реле РГТ80, РГТ50

**Н** а) проверка правильности установки реле по паспорту реле;  
**Н, К1, В б)** измерение сопротивления и испытания (при Н, К1, В) изоляции электрических цепей реле — между цепями (без отключения контактов реле) и по отношению к «земле»;

**Н, К1, В, К в)** проверка срабатывания реле нажатием на кнопку контроля.

#### 4.18.21.5. Реле РСТ25

**Н** а) проверка правильности установки реле по паспорту реле;  
**Н, К1, В б)** измерение сопротивления и испытания (при Н, К1, В) изоляции электрических цепей реле — между цепями (без отключения контактов реле) и по отношению к земле;

**Н, К1, В, К в)** проверка срабатывания реле нажатием на кнопку контроля-возврата.

### 4.18.22. Высокочастотные аппараты

#### 4.18.22.1. Приемопередаточные ПВЗК

##### *А. Предварительные проверки*

**Н, К1, В а)** проверка механической части;

**Н б)** проверка соответствия положения перемычек в схеме приемопередатчика заданному режиму работы;

**Н, К1, В в)** проверка пробивного напряжения разрядника РИ2 мегаомметром на 500 В (по вольтметру);

**Н, К1, В г)** проверка ламп и их установка в приемопередатчик;

**Н, К1, В, К д)** проверка сопротивления изоляции цепей постоянного тока относительно земли мегаомметром на 1000 В, испытание его электрической прочности мегаомметром на 2500 В (при К производится только проверка сопротивления изоляции).

---

**Примечание.** Перед проверкой необходимо снять кварцевый резонатор и отпаять конденсаторы С37 — С39;



- Н, К1, В е)** проверка токов накала каждой из групп ламп. Регулирование напряжения на зажиме «+110»;
- Н, К1, В ж)** проверка исправности и правильности показаний измерительных приборов;
- Н, К1, В з)** предварительная проверка режимов по показаниям приборов приемопередатчика;
- Н, К1, В и)** предварительная проверка режимов работы приемопередатчика по напряжению постоянного и переменного тока.

***Б. Проверка передатчика при его работе на сопротивление 100 Ом***

- Н, К1, В а)** проверка частоты задающего генератора;
- Н, К1, В б)** регулирование мощности передатчика;
- Н, К1, В в)** подбор напряжения раскачки промежуточного каскада по максимуму тока выхода;
- Н, К1, В г)** настройка выходного фильтра по максимуму тока выхода;
- Н, К1, В д)** проверка модуляции;
- Н, К1, В е)** проверка останова передатчика (при работе с направленными защитами);
- Н, К1, В ж)** проверка остаточного напряжения в паузах манипуляции (при работе с дифференциально-фазными защитами);
- Н, К1, В з)** согласование выхода передатчика с ВЧ трактом подбором отпаек. ТрЗ по максимуму мощности выхода передатчика.

---

**Примечание.** При изменении отпаек повторно выполняются проверки по п. 4.18.22.1, Б, г, д. При выполнении В работы по п. 4.18.22.1, Б, в, г проводятся только в случае изменения выходных параметров передатчика.

***В. Проверка приемника***

- Н, К1, В а)** проверка настройки и полосы пропускания приемника;
- Н, К1, В б)** снятие характеристики чувствительности;
- Н, К1, В в)** снятие характеристики избирательности;
- Н, К1, В, К г)** снятие характеристики манипуляции (при работе с дифференциально-фазными защитами). При К проверяется только напряжение полной манипуляции.

***Г. Проверка режимов приемопередатчика***

- Н, К1, В, К а)** при напряжении питания, равном 0,8 номинального значения, производятся:
  - Н, К1, В** — измерение токов приемопередатчика по прибору приемопередатчика;
  - Н, К1, В** — измерение частоты при работе передатчика с кварцевым резонатором и без него;

**Н, К1, В, К** — проверка надежности пуска и останова передатчика;

**Н, К1, В** — контроль формы импульсов высокой частоты при напряжении полной манипуляции и пущенном передатчике;

**Н, К1, В, К б)** при напряжении питания, равном среднеэксплуатационному, производятся:  
измерение токов приемопередатчика по прибору приемопередатчика;  
измерение напряжений постоянного и переменного тока.

---

**Примечание.** Измерения по п. 4.18.22.1, Г, а, б производятся при снятом напряжении манипуляции и работе приемопередатчика на сопротивление 100 Ом;

**Н, К1, В, К в)** при напряжении питания, равном среднеэксплуатационному, и снятом напряжении манипуляции производятся:  
измерение выходной мощности передатчика при его работе на сопротивление 100 Ом;  
измерение выходной мощности передатчика при его работе на ВЧ тракт.

**Д. Проверка приемопередатчика ПВЗК при замене отдельных ламп**

а) при замене ламп любого типа производятся:  
проверка сопротивления изоляции цепей постоянного тока относительно земли мегаомметром на 1000 В;  
проверка токов накала каждой из групп ламп. В случае регулирования тока накала ламп проводится проверка значения напряжения на земле « + 110 »;  
проверка режимов работы приемопередатчика по току и напряжению;  
обмен ВЧ сигналами.

---

**Примечание.** В зависимости от типа замененных ламп проводятся проверки, указанные ниже;

б) при замене ламп 6R2 производятся:  
проверка остаточного напряжения в паузах манипуляции;  
снятие характеристики манипуляции;  
проверка устойчивости работы приемопередатчика при напряжении питания, равном 0,7 номинального значения;  
измерение выходной мощности передатчика при его работе на сопротивление 100 Ом и ВЧ тракт;  
в) при замене ламп 6 КЗ (6ЖВ) производятся:

- проверка частоты задающего генератора;
- проверка остаточного напряжения в паузах манипуляции (при работе с дифференциально-фазными защитами);
- проверка останова передатчика (при работе с направленными защитами);
- снятие характеристики манипуляции;
- проверка устойчивости работы приемопередатчика при напряжении питания, равном 0,8 номинального значения;
- измерение выходной мощности передатчика при его работе на сопротивление 100 Ом и ВЧ тракт;
- г) при замене ламп 6ПЗС в промежуточном каскаде и усилителя мощности производятся:
  - проверка формы импульсов высокой частоты на выходе передатчика (при работе с дифференциально-фазными защитами);
  - проверка формы кривой тока выхода (при работе с направленными защитами);
  - измерение выходной мощности передатчика при его работе на сопротивление 100 Ом и ВЧ тракт;
- д) при замене ламп 6ПЗС в приемнике производятся:
  - снятие характеристики чувствительности приемника;
  - снятие характеристики избирательности;
- е) при замене лампы 6Х6С проводится проверка надежности запирающего закрытия приемника при работе всего передатчика и напряжения питания, равного 0,8 номинального значения.

#### 4.18.22.2. Приемопередатчики ПВЗД и УПЗ-70

##### *А. Предварительная проверка*

Проверки проводятся в соответствии с п. 4.18.22.1, А.

##### *Б. Проверка передатчика*

- Н, К1, В** а) проверка частоты задающего генератора;
- Н, К1, В** б) проверка настройки разделительного каскада;
- Н, К1, В** в) проверка характеристики линейного фильтра;
- Н, К1, В** г) проверка работы усилителя мощности с линейным фильтром при работе приемопередатчика на сопротивление 100 Ом — подбор отводов трансформаторов Тр2, Тр4 и отвода на делителе 23 — 26 (ПВЗД) или подбор отводов трансформаторов Тр2, Тр4, Тр5 и положения движка потенциометра R20 (УПЗ-70) по максимуму тока выхода;

- Н, К1, В д)** проверка усилителя мощности на отсутствие паразитной генерации;
- Н, К1, В е)** проверка модуляции;
- Н, К1, В ж)** проверка остаточного напряжения на выходе приемопередатчика:  
при работе его на сопротивление 100 Ом;  
при пущенном и остановленном передатчике;  
в паузах манипуляции;
- Н з)** снятие частотной характеристики входного сопротивления приемопередатчика;
- Н, К1, В и)** согласование передатчика с ВЧ трактом и окончательная проверка характеристик линейного фильтра.

***В. Проверка настройки приемника***

- Н, К1, В а)** проверка настройки и полосы пропускания входного фильтра приемника;
- Н, К1, В б)** снятие характеристики чувствительности;
- Н, К1, В в)** снятие характеристики избирательности;
- Н, К1, В г)** снятие характеристики безынерционного пуска передатчика;
- Н, К1, В, К д)** снятие характеристики манипуляции (при К проверяется только напряжение полной манипуляции);
- Н, К1, В, К е)** проверка режимов приемопередатчика.

***Г. Проверка приемопередатчиков ПВЗД и УПЗ-70 при замене отдельных ламп***

- а)** при замене ламп любого типа — в соответствии с п. 4.18.22.1, Д, за исключением проверки напряжения на зажиме « + 110»;
- б)** при замене ламп 6Х1П в передатчике:  
проверка настройки задающего генератора и разделительного каскада;  
проверка остаточного напряжения в паузах манипуляции (при работе с дифференциально-фазными защитами);  
проверка останова передатчика;  
снятие характеристики безынерционного пуска;  
снятие характеристики манипуляции;  
измерение выходной мощности передатчика при его работе на сопротивление 100 Ом и ВЧ тракт;
- в)** при замене ламп 6ПЗС в промежуточном каскаде и усилителе мощности проверка в соответствии с п. 4.18.22.1, Д, г;

- г) при замене ламп 6ПЗС в приемнике проверка в соответствии с п. 4.18.22.1, Д, д;
- д) при замене ламп 6Ж1П в приемнике ПВЗД проверка в соответствии с п. 4.18.22.1, Д, е.

#### **4.18.22.3. Приемопередатчик АВЗК-80 с аппаратурой контроля АК-80**

##### ***А. Предварительные проверки***

- Н, К1, В** а) проверка механической части, внешний и внутренний осмотры;
- Н, К1** б) проверка соответствия положения перемычек в схемах приемопередатчика и аппаратуры контроля заданному режиму работы;
- Н, К1, В** в) проверка сопротивления изоляции;
- Н, К1, В** г) проверка токов и напряжений на выходе блока реостатов;
- Н, К1, В** д) проверка исправности и правильности показаний измерительных приборов;
- Н, К1** е) предварительная проверка работы приемопередатчика по показаниям его приборов при работе на резистор 75 Ом.

##### ***Б. Проверка передатчика***

- Н, К1, В** а) проверка частоты и напряжения преобразователя;
- Н, К1, В** б) проверка частоты задающего генератора и напряжения раскачки МУС;
- Н, К1, В** в) проверка характеристик линейного фильтра;
- Н, К1, В, К** г) проверка работы усилителя мощности совместно с линейным фильтром при работе приемопередатчика на резистор 75 Ом;
- Н, К1, В** д) проверка усилителя мощности на отсутствие паразитной генерации;
- Н, К1, В** е) проверка остаточного напряжения на выходе приемопередатчика при работе его на резистор 75 Ом:
  - при пущенном и остановленном передатчике;
  - в паузах манипуляции (при работе ДФЗ);
- Н, К1, В** ж) проверка частотной характеристики входного сопротивления приемопередатчика;
- Н, К1, В** з) проверка характеристики безынерционного пуска;
- Н** и) проверка модуляции.

##### ***В. Проверка приемника***

- Н, К1, В** а) проверка настройки и полосы пропускания входного фильтра приемника;

- Н, К1, В б)** проверка характеристик полосового фильтра высокой частоты;
- Н, К1 в)** проверка характеристик фильтра приемника вызова;
- Н, К1, В г)** проверка характеристики чувствительности приемника;
- Н, К1, В д)** проверка характеристики избирательности приемника;
- Н, К1, В е)** проверка характеристики манипуляции (при работе с ДФЗ);
- Н, К1 ж)** проверка чувствительности приемника вызова;
- Н, К1 з)** проверка чувствительности «грубого» приемника.

***Г. Проверка режимов приемопередатчика***

- Н, К1, В а)** проверка режимов приемопередатчика по постоянному напряжению;
- Н, К1, В б)** проверка режимов приемопередатчика по переменному напряжению.

***Д. Проверка автоконтроля***

- Н, К1, В а)** проверка взаимодействия панели защиты с приемопередатчиком;
- Н, К1, В б)** проверка действия сигнализации и цепей автоматического вывода защиты;
- Н, К1, В, К в)** проверка запаса по перекрываемому затуханию;
- Н, К1, В г)** проверка действия элемента времени (часов).

**4.18.22.4. Приемопередатчики АВЗ, ПВЗ-90, ПВЗЛ**

***А. Проверка приемопередатчика***

- Н, К1, В, К а)** проверка блоков питания:
  - Н, К1, В, К —** проверка вторичных напряжений;
  - Н, К1, В —** проверка защиты блоков питания;
- Н, К1, В б)** проверка режима по постоянному току усилителя мощности;
- Н, К1, В в)** проверка шкалы прибора;
- Н, К1, В г)** проверка частоты передатчика;
- Н, К1, В д)** проверка выходной мощности и остаточного напряжения передатчика;
- Н, К1, В, К е)** проверка цепей управления передатчиком;
- Н, К1, В ж)** проверка модулятора переговорного устройства;
- Н, К1, В з)** проверка характеристик фильтра приемника;
- Н, К1, В и)** проверка характеристики чувствительности и входного сопротивления приемника;
- Н, К1, В к)** проверка характеристики манипуляции;
- Н, К1, В л)** проверка выходной мощности передатчика в режиме АК.

**Б. Проверка автоконтроля**

- Н, К1, В** а) проверка в нормальном режиме;
- Н, К1, В** б) проверка в одностороннем режиме;
- Н, К1, В** в) проверка выдержек времени;
- Н, К1, В, К** г) проверка действия дистанционного управления;
- Н, К1, В** д) проверка действия сигнализации и цепей вывода защиты;
- Н, К1, В** е) проверка запаса по перекрываемому затуханию.

**В. Проверка взаимодействия с релейной частью защиты**

- Н, К1, В** а) проверка фазной характеристики;
- Н** б) проверка работы защиты при имитации внешних и внутренних КЗ.

**Н, К1, В, К Г. Проверка рабочим током**

- а) проверка манипуляции и фазировки ВЧ импульсов;
- б) проверка дистанционным управлением автоконтроля.

**4.18.22.5. Приемопередатчик ПВЗУ**

**А. Проверка приемопередатчика**

- Н, К1, В, К** а) проверка блоков питания:
  - Н, К1, В, К** — проверка вторичных напряжений  $\pm 5 \text{ В}, \pm 18 \text{ В}, \pm 24 \text{ В}$ ;
  - Н, К1, В** — проверка порога отключения при снижении напряжения;
  - Н, К1, В** — проверка порога включения;
  - Н** — проверка уровня пульсации;
- Н, К1, В** б) проверка частоты передатчика;
- Н, К1, В** в) проверка выходной мощности и остаточного напряжения передатчика;
- Н, К1, В** г) проверка характеристик фильтра приемника;
- Н, К1, В** д) проверка характеристики чувствительности и входного сопротивления основного и грубого приемника;
- Н, К1, В** е) проверка выходной мощности передатчика в режиме АК;
- Н, К1, В** ж) проверка телефонной связи в режиме передачи;
- Н, К1, В** з) проверка блока УПР:
  - проверка цепей пуска и останова;
  - проверка характеристики манипуляции (для АФЗ).

**Б. Проверка системы автоконтроля**

- Н, К1, В** а) проверка в нормальном режиме;
- Н, К1, В** б) проверка в одностороннем режиме;
- Н, К1, В, К** в) проверка действия дистанционного управления;
- Н, К1, В** г) проверка действия сигнализации и цепей вывода защиты;

**Н, К1, В** д) проверка запаса по перекрываемому затуханию.

**В. Проверка взаимодействия с релейной частью защиты**

**Н, К1, В** а) проверка фазной характеристики;

**Н** б) проверка работы защиты при имитации внешних и внутренних КЗ.

**Н, К1, В, КГ. Проверка рабочим током**

а) проверка входного сопротивления ВЧ кабеля;

б) проверка входного сопротивления приемника;

в) проверка затухания ВЧ тракта;

г) проверка запаса по перекрываемому затуханию;

д) проверка манипуляции и фазировки ВЧ импульсов;

е) проверка работы системы автоконтроля.

**4.18.23. Высокочастотные тракты**

**4.18.23.1. Высокочастотные заградители**

**Н, В** а) проверка механической части;

**Н** б) проверка исправности конденсаторов элемента настройки на высоковольтной установке напряжением в соответствии с его номинальными параметрами;

**Н** в) испытание электрической прочности изоляции элемента настройки относительно корпуса на высоковольтной установке в соответствии с техническими требованиями для данной настройки;

**Н, В** г) проверка разрядников:

проверка установки в разрядниках вилитового сопротивления;

проверка исправности разрядников мегаомметром на 1000 В; регулирование пробивного напряжения разрядников в соответствии с техническими требованиями для конкретного типа элементов настройки;

**Н, В** д) проверка настройки заградителя на заданную частоту канала;

**Н, В** е) снятие характеристики зависимости сопротивления заградителя от частоты.

**4.18.23.2. Фильтры присоединения**

**Н, К1, В** а) проверка механической части. При проверке особое внимание обращается на надежность соединения корпуса фильтра присоединения с заземляющим контуром под-



станции и на исправность и надежность контактов заземляющего ножа конденсатора связи;

**Н, К1, В б)** проверка разрядников производится в следующем объеме:  
**Н** — проверка установки в разрядниках вилитового сопротивления;

**Н, К1, В** — проверка исправности разрядника мегаомметром на 1000 В;

**Н, К1, В** — проверка пробивного напряжения разрядника (в пределах 2,1 2,8 кВ);

**Н в)** проверка исправности конденсаторов фильтра на высоковольтной установке напряжением в соответствии с его номинальными параметрами;

**Н, К1 г)** испытание электрической прочности изоляции токоведущих частей относительно корпуса на высоковольтной установке в соответствии с техническими требованиями для данного фильтра присоединения (при К1, В — проверка сопротивления изоляции мегаомметром на 1000 В);

**Н, К1, В д)** измерение затухания фильтра присоединения в диапазоне рабочих частот (при В только на рабочей частоте);

**Н, К1, В е)** снятие зависимости затухания фильтра присоединения от частоты для совмещенных каналов во всем диапазоне рабочих частот каналов защиты, связи и телемеханики (при В только на рабочих частотах каналов);

**Н ж)** измерение входного сопротивления фильтра присоединения со стороны ВЧ кабеля и со стороны линии.

#### 4.18.23.3. Высокочастотные кабели

**Н, К1, В а)** проверка механического состояния ВЧ кабеля, его разделок и муфт, правильности подключения жилы и экрана. Особое внимание обращается на прокладку кабеля на подходе к фильтру присоединения;

**Н, К1, В б)** проверка целостности жилы кабеля и его сопротивления изоляции мегаомметром на 1000 В;

**Н в)** проверка затухания кабеля в диапазоне рабочих частот.

#### 4.18.23.4. Разделительные фильтры

**Н, К1, В а)** проверка механической части;

**Н, К1, В б)** проверка сопротивления изоляции токоведущих частей относительно корпуса мегаомметром на 1000 В;

- Н, К1** в) снятие характеристики зависимости затухания разделительного фильтра от частоты;
- Н, В** г) проверка затухания, вносимого разделительным фильтром в тракт канала защиты.

#### 4.18.24. Высокочастотные каналы

##### 4.18.24.1. Раздельная проверка полуккомплектов

- Н, К1, В** а) измерение затухания ВЧ кабеля совместно с фильтром присоединения;
- Н, К1, В, К** б) измерение входного сопротивления ВЧ тракта, мощности, отдаваемой передатчиком на ВЧ тракт, и согласование выхода передатчика с ВЧ трактом.

##### 4.18.24.2. Двусторонняя проверка в канале

- Н, К1, В** а) проверка работы переговорного устройства;
- Н, К1, В, К** б) измерение напряжений на входе приемопередатчиков при работе своего передатчика и передатчика противоположного конца;
- Н, К1, В** в) проверка затухания ВЧ тракта поочередно в обоих направлениях (измерение затухания производится на частотах передатчиков);
- Н, К1, В, К** г) измерение запаса по перекрываемому затуханию поочередно в обоих направлениях;
- Н, К1, В** д) проверка по экрану осциллографа формы и расположения импульсов при пуске своего передатчика и передатчика противоположного конца;
- Н, К1, В, К** е) проверка значения тока приема при пуске своего передатчика и передатчика противоположного конца (для ВЧ канала дифференциально-фазных защит производится при наличии манипуляции).

---

**Примечание.** Для приемопередатчиков УПЗ-70 производится регулировка прибора ИИ на шкале  $U_{\text{эк.пр}}$  при приеме манипулированного сигнала от передатчика противоположного конца линии (только для дифференциально-фазных защит).

##### 4.18.24.3. Проверка работы ВЧ канала при напряжении питания, равном 0,8 номинального значения.

Проверка проводится при понижении напряжения питания поочередно на каждом полуккомплекте. При этом на противоположном конце

линии напряжение поддерживается номинальным. На входы приемопередатчиков включаются электронные вольтметры и осциллографы.

При проверке производятся:

- Н, К1, В а)** измерение токов приема и выхода при пуске своего передатчика;
- Н, К1, В б)** измерение тока приема при пуске передатчика противоположного конца линии;
- Н, К1, В в)** измерение тока приема при пуске обоих передатчиков;
- Н, К1, В, К г)** обмен ВЧ сигналами;
- Н, К1, В д)** наблюдение по осциллографу за формой импульсов и заполнением пауз;
- Н, К1, В е)** измерение напряжений на входе приемопередатчика при пуске передатчика противоположного конца линии при снятом напряжении манипуляции с обоих приемопередатчиков;
- Н, К1, В, К ж)** обмен ВЧ сигналами при номинальном напряжении оперативного тока.

#### **4.18.25. Трансформаторы тока**

- Н, К1, В а)** проверка мегаомметром на 1000 В сопротивления изоляции всех вторичных обмоток относительно корпуса и между собой;
- Н б)** определение однополярных выводов первичной и вторичной обмоток и проверка их соответствия заводской маркировке;
- Н, В в)** проверка коэффициента трансформации на рабочем ответвлении;
- Н г)** проверка вольт-амперной характеристики и погрешностей;
- Н, К1, В д)** проверка рабочей точки характеристики намагничивания;
- Н, К, В е)** определение вторичной нагрузки на наиболее нагруженную группу трансформаторов тока (по данным проекта или результатам измерения).

#### **4.18.26. Трансформаторы напряжения**

- Н, К1, В а)** проверка мегаомметром на 1000 В сопротивления изоляции всех вторичных обмоток на корпус и между собой;
- Н б)** определение однополярных выводов первичной и вторичных обмоток и проверка их соответствия заводской маркировке;
- Н, В в)** измерение тока холостого хода;

- Н, К1, В** г) определение нагрузки на каждую из обмоток трансформатора напряжения;
- Н, К1, В** д) определение потери напряжения в кабелях от трансформатора напряжения до нагрузки.

#### **4.18.27. Промежуточные трансформаторы и автотрансформаторы тока**

- Н, К1, В** а) проверка надежности крепления, отсутствия механических повреждений, надежности контактных соединений на выводах аппаратуры;
- Н** б) проверка коэффициента трансформации;
- Н, К1, В** в) снятие характеристики намагничивания промежуточных трансформаторов тока (только при В) и проверка рабочей точки характеристики (К1, В);
- Н** г) измерение вторичной нагрузки на промежуточные трансформаторы тока с целью определения пригодности их для использования в конкретной схеме;
- Н** д) определение однополярных выводов обмоток и проверка соответствия маркировки.

#### **4.18.28. Блоки питания БП, БПН, БПТ**

- Н, К1, В** а) проверка надежности крепления элементов блоков трансформаторов, переключателей, выпрямителей и конденсаторов, проверка затяжки всех винтовых соединений и качества паяк;
- Н** б) проверка исправности диодов путем измерения их сопротивления в прямом и обратном направлениях;
- Н, К1, В** в) проверка сопротивления изоляции элементов блока и их цепей относительно корпуса и между собой;
- Н, К1, В** г) снятие характеристики холостого хода и нагрузочной характеристики на рабочих уставках;
- Н** д) определение времени заряда до напряжения 0,8Uном блоков, заряжающих конденсаторы;
- Н, К1, В** е) проверка действия элементов защиты, а также работы электромагнитов отключения (включения) при питании оперативных цепей от блоков питания;
- Н** ж) определение зоны надежной работы блока.

#### **4.18.29. Зарядные устройства УЗ-100, БПЗ-400 и блоки конденсаторов БК-400**

- Н, К1, В а)** проверка надежности крепления элементов блоков: трансформаторов, переключателей, выпрямителей, конденсаторов; проверка затяжки всех винтовых соединений и качества паек;
- Н, К1, В б)** проверка механической части и контактных поверхностей реле;
- Н в)** проверка исправности диодов путем измерения их сопротивления в прямом и обратном направлениях;
- Н г)** проверка исправности конденсаторов с помощью мегаомметра на 500 В;
- Н, К1, В д)** измерение сопротивления изоляции элементов блока и их цепей относительно корпуса мегаомметром на 1000 В;
- Н, К1, В е)** проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения на рабочей уставке (для УЗ-100);
- Н, К1, В ж)** проверка напряжений срабатывания и возврата поляризованного реле при подключенной нагрузке;
- Н з)** определение времени заряда конденсаторов при наличии устройств АПВ;
- Н, К1, В и)** проверка совместной работы блоков конденсаторов и зарядных устройств действием на электромагниты включения (отключения). Определение минимального напряжения заряда, необходимого для четкого срабатывания электромагнита.

#### **4.18.30. Вторичные цепи**

- Н, К1, В, К а)** внешний осмотр контрольных кабелей, их соединительных муфт, концевых разделок (воронок), рядов выводов, проводов, контроль наличия заземления металлических оболочек кабелей, маркировки кабелей и их жил;
- Н, К1, В, К б)** чистка от пыли;
- Н, К1, В, К в)** измерение сопротивления изоляции относительно земли мегаомметром на 1000 В;
- Н г)** испытание изоляции повышенным напряжением переменного тока 1000 В;
- К1, В д)** испытание изоляции мегаомметром на 2500 В.

#### 4.18.31. Элементы приводов коммутационных аппаратов

- Н, К1, В а)** измерение сопротивлений постоянному току электромагнитов управления и контактора электромагнита включения;
- Н, К1, В б)** проверка напряжения срабатывания электромагнитов управления, за исключением электромагнита включения электромагнитных приводов выключателей;
- Н, К1, В в)** проверка времени включения (отключения) выключателя времени от подачи команды до замыкания (размыкания) силовых контактов;
- Н, К1, В г)** проверка электрического устройства однократности включения привода;
- Н, К1, В, К д)** проверка правильности регулировки блок-контактов привода;
- К1, В е)** измерение сопротивления изоляции вторичных цепей привода мегаомметром на 2500 В;
- Н ж)** испытание изоляции вторичных цепей привода переменным напряжением 1000 В;
- Н, К1, В з)** проверка надежной работы привода при 0,9 номинального напряжения оперативного тока на включение и при 0,8 номинального напряжения — на отключение;
- К1, В и)** проверка надежной работы привода при номинальном напряжении оперативного тока;
- Н, К1, В к)** измерение времени работы короткозамыкателя и отделителя (для согласования с АПВ);
- Н, К1, В л)** измерение времени готовности привода (для пружинных приводов с АПВ);
- Н, К1, В м)** проверка напряжений срабатывания и возврата контакторов включения электромагнитных приводов выключателя;
- Н, К1, В н)** проверка напряжения срабатывания электромагнитов включения грузовых и пружинных приводов выключателя.

#### 4.18.32. Автоматические выключатели в оперативных цепях и цепях ТН

- Н а)** проверка на соответствие проекту (номинальный ток, кратность тока срабатывания максимальных расцепителей, наличие тепловых расцепителей и др.);

- Н, К1, В б)** проверка механической части и состояния главных контактов и гасительных камер, затяжки контактных зажимов;
- Н, К1, В в)** проверка действия кинематических звеньев выключателя, бойков его электромагнитных расцепителей и блок-контактов при непосредственном ручном воздействии;
- Н, В г)** проверка электромагнитных и тепловых расцепителей их прогрузкой с измерением времени срабатывания.

#### **4.18.33. Фиксирующие приборы и индикаторы**

##### **4.18.33.1. Фиксирующие приборы ФИП-2А, ФИП-2В**

- Н, К1, В а)** проверка опорного измерительного блока;
- Н, К1, В б)** проверка коэффициентов срабатывания и возврата пускового органа измерительного блока;
- Н, В в)** проверка времени отстройки от апериодической составляющей тока (напряжения);
- Н, В г)** проверка времени фиксации периодической составляющей тока (напряжения);
- Н, К1, В д)** проверка градуировочной характеристики;
- Н, К1, В, К, О е)** проверка показания блока отсчета и управления при нажатии на кнопку «Контроль»;
- Н, К1, В ж)** проверка рабочим напряжением:
  - Н** — проверка правильности подведения цепей тока (напряжения);
  - Н, К1, В** — проверка небаланса на входных зажимах прибора.

##### **4.18.33.2. Фиксирующие индикаторы сопротивления ФИС-1, ФИС-2**

- Н, К1, В а)** проверка блока питания (БП) — для ФИС-1:
  - Н, К1, В** — проверка выходного напряжения;
  - Н** — проверка напряжений срабатывания и возврата реле напряжения;
  - Н** — проверка БП в режиме резервирования;
- Н, К1, В, К б)** проверка блока цифрового преобразователя (БЦП):
  - Н, К1, В, К** — проверка уровней напряжения;
  - Н, К1** — проверка характеристики стабилизации напряжения уровня +15 В при изменении напряжения тока от 0,8 до 1,1 номинального значения;
- Н, К1, В в)** проверка и регулирование времени фиксации индикатора;

- Н, К1, В г)** проверка идентичности измеряемых значений при поочередной подаче параметров аварийного режима однофазных КЗ (А0, В0, С0);
- Н, К1, В д)** проверка и регулировка уставки токового избирателя поврежденных фаз;
- Н, К1 е)** проверка диапазонов входных токов и напряжений;
- Н, К1, В ж)** проверка коэффициента преобразования индикатора при имитации двухфазных КЗ;
- Н, К1 з)** проверка коэффициента компенсации тока нулевой последовательности контролируемой ВЛ;
- Н, К1 и)** проверка коэффициента компенсации тока нулевой последовательности неповрежденной линии (для двухцепной ВЛ);
- Н, К1 к)** проверка коэффициента коррекции (для ВЛ с ответвлением, снабженным трансформатором, нейтраль которого заземлена);
- Н, К1, В л)** проверка выходной характеристики индикатора при выведенном фазовом органе при имитации КЗ фаз АВ и А0;
- Н, К1, В м)** проверка фазовой характеристики индикатора при имитации однофазного КЗ;
- Н, К1, В н)** проверка работы элементов времени и режимов хранения информации;
- Н, К1, В о)** комплексная проверка:  
проверка работы индикатора при нажатии на кнопку «Контроль» при питании от внешнего проверочного устройства;  
проверка взаимодействия индикатора с другими устройствами РЗА и сигнализации;
- Н, К1, В, К п)** проверка рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В** — проверка правильности подключения токовых цепей и цепей напряжения;  
**Н, К1, В, К** — измерение показания индикатора при нажатии на кнопку «Контроль».

#### 4.18.33.3. Фиксирующие индикаторы ЛИФП-А, ЛИФП-В

- Н, К1, В а)** проверка БП (для ЛИФП-1А, ЛИФП-1В). Проверка проводится в соответствии с п. 4.18.33.2, а;
- Н, К1, В б)** проверка устройства питания БЦП. Проверка проводится в соответствии с п. 4.18.33.2, б;
- Н, К1, В в)** проверка и регулирование порога срабатывания пускового органа;



- Н, К1, В** г) проверка выходной характеристики индикатора при имитации КЗ фаз А0;  
**Н** д) проверка работы элементов времени индикатора;  
**Н** е) проверка работы режимов хранения информации;  
**Н** ж) комплексная проверка индикатора:  
**Н, К1, В** — проверка работы индикатора при нажатии на кнопку «Контроль»;  
**Н, К1, В** — проверка взаимодействия индикатора с другими устройствами РЗА и сигнализации;  
**Н, К1, В, К** з) проверка рабочим током и напряжением.

#### 4.18.33.4. Фиксирующие индикаторы ФПТ, ФПН

- Н, К1, В** а) проверка БП (для ФПТ-1, ФПН-1).  
Проверка проводится в соответствии с п. 4.18.33.2, а;  
**Н, К1, В, К** б) проверка устройства питания БЦП. Проверка проводится в соответствии с п. 4.18.33.2, б;  
**Н, К1, В** в) настройка фильтра тока (напряжения) обратной последовательности;  
**Н, К1, В** г) проверка тока (напряжения) срабатывания пускового органа;  
**Н, К1, В** д) проверка и регулирование времени фиксации;  
**Н, К1, В** е) калибровка и проверка линейности выходной характеристики АЦП (при имитации двухфазного КЗ АВ);  
**Н, К1, В** ж) проверка работы элементов времени индикатора;  
**Н, К1, В** з) проверка работы индикатора при нажатии на кнопку «Контроль» при питании от внешнего устройства;  
**Н, К1, В, К** и) проверка рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В** — проверка правильности подключения цепей тока (напряжения);  
**Н, К1, В, К** — проверка работы индикатора при нажатии на кнопку «Контроль».

#### 4.18.33.5. Фиксирующий индикатор ИМФ-2

- Н, К1, В** а) проверка блока питания;  
**Н, К1, В** б) проверка и регулирование пределов уставок и режимов работы;  
**Н, К1, В** в) проверка установки и хода часов;  
**Н, К1, В** г) проверка идентичности измеряемых значений при поочередной подаче фазных токов и напряжений в режиме «Контроль»;

- Н, К1, В д)** проверка коэффициента пуска;
- Н, К1, В е)** проверка времени фиксации;
- Н, К1, В ж)** проверка измерения токов и напряжений нулевой последовательности;
- Н, К1, В з)** проверка режимов работы;
  - и)** проверка правильности определения поврежденной линии и сохранения памяти;
- Н, К1, В к)** проверка выходных цепей и сигнализации;
- Н, К1, В, К л)** проверка работоспособности устройства тестового контроля.

#### **4.18.33.6. Фиксирующий индикатор ИМФ-3**

- Н, К1, В а)** проверка блока питания;
- Н, К1, В б)** проверка и регулирование пределов уставок и режимов работы;
- Н, К1, В в)** проверка установки и хода часов;
- Н, К1, В г)** проверка идентичности измеряемых значений при поочередной подаче фазных токов и напряжений в режиме «Контроль»;
- Н, К1, В д)** проверка векторной диаграммы;
- Н, К1, В е)** проверка расчетных параметров при имитации однофазных КЗ;
- Н, К1, В ж)** проверка выбора поврежденных фаз и определения расстояния при имитации однофазных КЗ;
- Н, К1, В з)** проверка расчетных параметров при имитации междуфазных КЗ;
- Н, К1, В и)** проверка выбора поврежденных фаз и определения расстояния при имитации междуфазных КЗ;
- Н, К1 к)** проверка расчетных параметров и определения расстояния при однофазном КЗ для двухцепной ВЛ;
- Н, К1, В л)** проверка фазовой характеристики индикатора при имитации однофазного КЗ;
- Н, К1, В м)** проверка селективного пуска и самозапуска в неселективном режиме;
  - н)** проверка сохранения памяти;
- Н, К1, В о)** проверка выходных цепей и сигнализации;
- Н, К1, В, К п)** проверка работоспособности устройства тестового контроля.

#### 4.18.34. Устройства контроля изоляции вводов 110–750 кВ

##### 4.18.34.1. Устройство контроля КИВ-500Р

- Н, К1, В** а) проверка реле постоянного тока;
- Н, К1, В** б) проверка реле сигнального, отключающего и блокирующего элементов РТ1, РТ2, РТ6л;
- Н** в) проверка трансформатора ТТЗ:  
проверка полярности выводов вторичной обмотки;  
проверка коэффициента трансформации;
- Н** г) проверка фильтров высших гармонических составляющих сигнального и отключающего элементов;
- Н, В** д) проверка согласующего трансформатора ТПС:  
**Н, В** — проверка характеристики намагничивания;  
**Н** — проверка коэффициента трансформации;
- Н, К1** е) проверка градуировки миллиамперметра;
- Н, К1, В** ж) проверка взаимодействия элементов устройства при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, В** з) комплексная проверка и проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА;
- Н, К1, В, К** и) проверка рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В** — измерение токов выводов измерительных обкладок вводов каждой фазы;  
**Н, К1, В, К** — измерение тока небаланса во вторичной обмотке согласующего трансформатора ТПС.

##### 4.18.34.2. Устройство контроля изоляции БЭ2102

- Н, К1, В** а) проверка блока питания:  
**Н, К1, К, В** — проверка значений выходных напряжений;  
**Н, К1, В** — проверка характеристики стабилизации уровней  $\pm 15$  В при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального значения;  
**Н, К1, В** — проверка выходной характеристики уровня 24 В при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального значения;
- Н** б) выбор обмотки трансформаторов тока блока Д1860;
- Н** в) проверка фильтров блока Д1840;
- Н** г) проверка группового сумматора блока Д1840;

- Н, К1, В д)** проверка и настройка чувствительности индикатора блока Н1550;
- Н, К1, В е)** проверка балансировки компенсирующих напряжений;
- Н, К1, В ж)** пофазная балансировка схемы компенсаций тока и напряжения;
- Н, К1, В з)** проверка уставок каналов блокировки, сигнализации и отключения;
- Н, К1, В и)** проверка времени срабатывания каналов сигнализации и отключения;
- Н, К1, К, В к)** комплексная проверка с измерением времени срабатывания при различных значениях параметра гамма (комплексная удельная проводимость);
- Н, К1, В л)** проверка выходных цепей и цепей сигнализации;
- Н, К1, К, В м)** проверка функционирования устройства тестового контроля;
- Н, К1, В н)** проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА;
  - о) проверка рабочим током и напряжением:
    - Н, К1, В** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;
    - Н, К1, К, В** — проверка работы блокировки при обрыве фаз цепей тока и напряжения,

#### 4.18.34.3. Устройство контроля изоляции БЭ2105

- а) проверка блока питания:
  - Н, К1, К, В** — проверка значений выходных напряжений;
  - Н, К1, В** — проверка характеристики стабилизации уровней  $\pm 15$  В при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального значения;
  - Н, К1, В** — проверка выходной характеристики уровня 24 В при изменении напряжения оперативного тока от 0,8 до 1,1 номинального значения;
- Н, К1, В б)** проверка токов срабатывания и возврата измерительных токовых органов;
- Н** в) проверка трансформаторов ТПС:
  - проверка полярности выводов вторичной обмотки;
  - проверка коэффициента трансформации;
- Н, К1, В г)** проверка работы избирателя поврежденных фаз;
- Н, К1, В д)** проверка органов выдержки времени по каналам сигнализации и отключения;
- Н, К1, В е)** проверка загробления по  $3I_0$  и  $3U_0$ ;

- Н, К1, В, К ж)** проверка работы устройства тестового контроля;
- Н, К1** з) проверка градуировки миллиамперметра;
- Н, К1, В и)** проверка взаимодействия элементов устройства при напряжении оперативного тока, равном 0,8 номинального значения;
- Н, К1, В к)** комплексная проверка и проверка взаимодействия с другими устройствами РЗА;
- Н, К1, В, К л)** проверка рабочим током и напряжением: измерение токов выводов измерительных обкладок вводов каждой фазы.

#### **4.18.35. Автоматический регулятор трансформаторов АРТ-1Н**

- Н, К1, В а)** проверка уставок по напряжению срабатывания каналов «Прибавить» и «Убавить»;
- Н, В б)** проверка зоны нечувствительности;
- Н, К1, В в)** проверка уставок по времени срабатывания каналов «Прибавить» и «Убавить»;
- Н, В г)** проверка блока контроля и управления;
- Н, В д)** проверка блока токовой компенсации ДТ:
  - Н, В** — проверка уставки по токовой компенсации;
  - Н** — проверка однополярных выходов;
  - Н** — проверка угла сдвига выходного напряжения от вектора тока;
  - Н, В** — проверка токов срабатывания реле Р1 и Р2;
- Н, К1, В, К е)** проверка работы регулятора совместно с управляемым приводом РПН и другими устройствами.

#### **4.18.36. Защиты, встроенные в коммутационные аппараты на напряжение 0,4 кВ**

##### **4.18.36.1. Тепловые и электромагнитные расцепители максимального тока, расцепители независимые и минимального напряжения автоматических выключателей серий АП-50, АК-63, АЗ100, ВА, АЗ700**

- Н а)** проверка соответствия проекту номинального тока выключателя и теплового расцепителя, тока срабатывания или кратности тока срабатывания электромагнитного расцепителя, номинального напряжения независимого расцепителя или расцепителя минимального напряжения;

- Н, К1, В б)** проверка работоспособности тепловых расцепителей путем прогрузки током от постороннего источника питания (включение выключателем тока определенной кратности и измерение времени отключения выключателя). На тепловых расцепителях с регулировкой значения номинального тока проверка выполняется на рабочей уставке;
- Н, К1, В в)** проверка работоспособности электромагнитных расцепителей;
- Н, К1, В г)** проверка работоспособности независимого расцепителя и расцепителя минимального напряжения при использовании расцепителей в схемах РЗА.

**4.18.36.2.** Полупроводниковые расцепители автоматических выключателей серий «Электрон», ВА, АЗ700

- Н** а) проверка соответствия проекту номинального тока выключателя и расцепителя, пределов регулирования уставок по току и времени срабатывания защиты от перегрузки и короткого замыкания;
- Н** б) проверка работоспособности полупроводникового расцепителя и калибровка рабочих уставок тока и времени срабатывания защиты с обратной зависимостью от тока характеристикой, калибровка тока и времени срабатывания отсечки для селективных выключателей, для автоматических выключателей серии ВА, установленных в сетях с глухозаземленной нейтралью, калибровка уставок защиты от междуфазных КЗ;
- К1, В** в) проверка тока и времени срабатывания защиты от перегрузки, проверка тока и времени срабатывания отсечки на рабочих уставках для селективных выключателей, для автоматических выключателей серии ВА, установленных в сетях с глухозаземленной нейтралью, дополнительная проверка тока и времени срабатывания защиты от однофазных КЗ.

**4.18.36.3.** Электромагнитные расцепители автоматических выключателей серии АВМ

- Н** а) проверка соответствия проекту номинального рабочего тока, номинального напряжения катушки независимо-

го расцепителя и расцепителя минимального напряжения, рода тока;

- Н, К1, В б)** проверка отсутствия затираний якорей расцепителей максимального тока защиты от перегрузки, короткого замыкания и механического замедлителя расцепителя для селективных выключателей нажатием якоря расцепителя;
- Н в)** калибровка рабочих уставок тока и времени срабатывания защиты с обратнозависимой от тока характеристикой (защиты от перегрузки) тока и времени срабатывания отсечки для селективных выключателей;
- К1, В г)** проверка тока и времени срабатывания защиты от перегрузки, тока и времени срабатывания отсечки на рабочих уставках для селективных выключателей;
- Н, К1, В д)** проверка работоспособности независимого расцепителя и расцепителя минимального напряжения при использовании расцепителей в схемах РЗА.

## 5. ОБЪЕМЫ РАБОТ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗА

### 5.1. *Обобщенный объем работ при техническом обслуживании микропроцессорных устройств релейной защиты различных типов*

В данном разделе приведен обобщенный объем работ при техническом обслуживании микропроцессорных устройств релейной защиты различных типов. Для конкретных типов устройств объем технического обслуживания должен быть уточнен в соответствии с назначением устройства и указаниями предприятия-изготовителя в руководстве по эксплуатации. Общие положения разд. 3 настоящих Правил следует применять и при проведении технического обслуживания микропроцессорных устройств.

- Н, К1, В, Ка)** внешний осмотр: отсутствие внешних следов ударов, потеков воды, в том числе высохших, отсутствие налета окислов на металлических поверхностях, отсутствие запыленности, осмотр рядов зажимов входных и выходных сигналов, разъемов интерфейса связи в части состояния их контактных поверхностей, осмотр элементов управления на отсутствие механических повреждений;
- В** б) внутренний осмотр: чистка от пыли; осмотр элементов цепей и дорожек с точки зрения наличия следов перегрева, ослабления паяных соединений из-за появления трещин, наличия окисления; контроль сочленения разъемов и механического крепления элементов, затяжка винтовых соединений;
- Н, К1, В, К в)** измерение сопротивления изоляции независимых цепей (кроме цепей интерфейса связи) по отношению к корпусу и между собой:  
входных цепей тока;  
входных цепей напряжения;  
цепей питания оперативным током;  
входных цепей дискретных сигналов;



выходных цепей дискретных сигналов от контактов выходных реле.

Измерения производятся мегаомметром на 1000 В, сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм;

- Н, В** г) испытания электрической прочности изоляции независимых цепей (кроме цепей интерфейса связи) по отношению к корпусу и между собой.  
Изоляция цепей устройства защиты испытывается переменным напряжением 1000 В, частоты 50 Гц в течение 1 мин. (При В допускается применение мегаомметра на напряжение 2500 В);
- Н, К1, В** д) задание (или проверка) требуемой конфигурации устройства защиты в соответствии с принятыми проектными решениями и техническими характеристиками (функциями) устройства;
- Н, К1, В** е) задание (или проверка) уставок устройства защиты в соответствии с заданной конфигурацией;
- Н, К1, В** ж) проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;
- Н, К1, В** з) проверка параметров (уставок) срабатывания и коэффициентов возврата каждого измерительного органа при подаче на входы устройства тока (напряжения) от постороннего источника; контроль состояния светодиодов при срабатывании;
- Н, К1, В** и) проверка времени срабатывания защиты и электроавтоматики на соответствие заданным уставкам по времени;
- Н** к) проверка отсутствия ложных действий при снятии и подаче напряжения оперативного тока с повторным включением через 0,5 с при минимальном значении диапазона уставок с подачей тока (напряжения), равного 0,8 тока (напряжения) срабатывания;
- Н** л) проверка срабатывания устройства защиты на рабочих уставках и определение изменения параметров срабатывания при напряжении оперативного тока, равном 0,8 и 1,1 $U_{ном}$ ;
- Н, В** м) проверка взаимодействия измерительных органов и логических цепей защиты с контролем состояния всех контактов выходных реле и визуальным контролем состояния светодиодов и ламп сигнализации. Проверка проводится при напряжении питания оперативного тока, равном

0,8Уном, и создании условий для поочередного срабатывания каждого измерительного органа и подачи необходимых сигналов на дискретные входы защиты в соответствии с инструкцией завода-изготовителя;

**Н, К1, В, К** н) проверка управляющих функций защиты и автоматики с воздействием контактов выходного реле в цепи управления коммутационным аппаратом;

**Н, В** о) проверка функций регистрации событий, осциллографирования сигналов, определения места повреждения, отображения параметров защиты;

**Н, К1, В, К** п) проверка функционирования тестового контроля;

**Н, К1, В** р) проверка управления (по месту установки защиты) коммутационным аппаратом присоединения (включить/отключить);

**Н, К1, В** с) проверка взаимодействия с другими устройствами защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации с воздействием на коммутационный аппарат;

**Н, К1, К, В** т) проверка рабочим током:

проверка правильности подключения цепей тока и напряжения к устройству защиты с использованием устройства отображения входных значений;

проверка правильности включения блокировки при неисправности в цепях напряжения и блокировки при качаниях;

проверка правильности подключения токовой направленной защиты;

проверка правильности подключения дистанционной защиты;

проверка поведения устройства при отключении цепей напряжения;

контроль конфигурации и значений уставок;

контроль значений текущих параметров и состояния устройства по дисплею и сигнальным элементам;

ф) тестовый контроль.

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

**5.2. Объем проверок функциональных характеристик при техническом обслуживании микропроцессорных устройств РЗА на базе шкафов серии ШЭ2607**

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

**5.2.1. Шкафы автоматики управления линейным выключателем и защиты линии типов ШЭ2607 011 (012, 013, 014, 015, 016)**

- Н, К1, В** а) проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;
- б) проверка дистанционной защиты (ДЗ):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок РС ступеней ДЗ по активному R и реактивному X сопротивлениям и углам  $j1, j2, j3$  характеристики срабатывания;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок блокировки при качаниях (БК);
- Н, К1, В** — выбор и проверка уставки времени срабатывания блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
- Н, К1, В** — задание и проверка выдержки времени ступеней ДЗ в полной схеме;
- в) проверка токовой направленной защиты нулевой последовательности (ТНЗНП):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по токам срабатывания реле тока ступеней;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по токам и напряжениям срабатывания реле направления мощности ТНЗНП;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени ступеней ТНЗНП в полной схеме;
- г) проверка токовой отсечки (ТО):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по току срабатывания ТО;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени ТО;
- д) проверка УРОВ:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току реле тока УРОВ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени УРОВ;
- е) проверка АПВ:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле напряжения на шинах;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле напряжения на линии;

- Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле контроля синхронизма;  
**Н, К1, В** — задание и проверка выдержки времени срабатывания защиты от непереключения фаз (ЗНФ) и защиты от неполнофазного режима (ЗНФР) для выключателей с пофазным приводом;  
ж) проверка АУВ совместно с выключателем:  
**Н, К1, В** — проверка работы АУВ от ключа управления;  
**Н, К1, В, К** — проверка работы АУВ по цепям включения и отключения;  
**Н, К1, В** — проверка работы цепей сигнализации АУВ;  
**Н, К1, В** — проверка работы АПВ;  
**Н, К1, В, К** — проверка цепей защиты электромагнитов включения и отключения;  
**Н, К1, В, К** — проверка действия защит на отключение через АУВ;  
**Н, К1, В** з) проверка взаимодействия защиты и автоматики с другими устройствами;  
и) проверка защиты рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения БНН;  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения реле направления мощности ТНЗНП;  
**Н, К1, В, К** — калибровка аналогового входа напряжения от ШОН (ТН линии);  
**Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при отключении цепей напряжения.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

#### **5.2.2. Шкаф дистанционной и токовой защиты линии типов ШЭ2607 021 (022)**

- Н, К1, В** а) проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;  
б) проверка дистанционной защиты (ДЗ):  
**Н, К1, В** — задание и проверка уставок РС ступеней ДЗ по активному  $R$  и реактивному  $X$  сопротивлениям и углам  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  характеристики срабатывания;  
**Н, К1, В** — задание и проверка уставок блокировки при качаниях (БК);  
**Н, К1, В** — выбор и проверка уставки времени срабатывания блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН);

- Н, К1, В** — задание и проверка выдержки времени ступеней ДЗ в полной схеме;
- в) проверка токовой направленной защиты нулевой последовательности (ТНЗНП):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по токам срабатывания реле тока ступеней;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по токам и напряжениям срабатывания реле направления мощности ТНЗНП;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени ступеней ТНЗНП в полной схеме;
- г) проверка токовой отсечки (ТО):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по току срабатывания ТО;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени ТО;
- д) проверка УРОВ:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току реле тока УРОВ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени УРОВ;
- е) проверка автоматики разгрузки при перегрузке по току (АРПТ):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току реле тока АРПТ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени ступеней АРПТ;
- Н, К1, В** ж) проверка взаимодействия защиты и автоматики с другими устройствами;
- з) проверка защиты рабочим током и напряжением:
- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;
- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения БНН;
- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения реле направления мощности ТНЗНП;
- Н, К1, В, К** — калибровка аналогового входа напряжения от ШОН (ТН линии);
- Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при отключении цепей — напряжения.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

### **5.2.3. Шкаф направленной высокочастотной защиты линии типа ШЭ2607 031**

- Н, К1, В** а) проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;

- Н, К1, В б)** задание и проверка уставок по току реле тока обратной последовательности;
- Н, К1, В в)** задание и проверка уставок по напряжению реле напряжения обратной последовательности;
- Н, К1, В г)** задание и проверка уставок по току реле тока обратной последовательности с торможением и коэффициента торможения;
- Н, К1, В д)** задание и проверка уставок по току реле тока нулевой последовательности;
- Н, К1, В е)** задание и проверка уставок реле направления мощности обратной последовательности;
- Н, К1, В ж)** задание и проверка уставки реле минимального напряжения на линии;
- Н, К1, В з)** задание и проверка уставок БК;
- Н, К1, В и)** задание и проверка уставок реле сопротивления (отключающего, блокирующего и дополнительного);
- к)** проверка УРОВ:
- Н, К1, В —** задание и проверка уставки по току реле тока УРОВ;
- Н, К1, В —** задание и проверка уставок выдержки времени УРОВ;
- Н, К1, В л)** проверка взаимодействия защиты и автоматики с другими устройствами;
- м)** проверка защиты рабочим током и напряжением:
- Н, К1, В, К —** проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;
- Н, К1, В, К —** проверка правильности подключения БНН;
- Н, К1, В, К —** проверка правильности подключения реле направления мощности обратной последовательности;
- Н, К1, В, К —** калибровка аналогового входа напряжения от ШОН (ТН линии);
- Н, К1, В, К —** проверка обмена ВЧ сигналами с противоположным концом линии;
- Н, К1, В, К —** проверка поведения защит при отключении цепей напряжения.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

#### **5.2.4. Шкаф защиты трансформатора типа ШЭ2607 041**

- Н, К1, В а)** проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;
- б)** проверка дифференциальной защиты трансформатора ДЗТ:
- Н, К1, В —** задание и проверка уставки дифференциальной отсечки;

- Н, К1, В** — задание и проверка начального тока срабатывания чувствительного реле;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки коэффициента торможения;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки тока торможения блокировки;
- Н, К1, В** — задание и проверка регулируемой длины горизонтального участка;
- Н, К1, В** — проверка отстройки от броска тока намагничивания по каждому входу защиты;
- Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты;
- в) проверка токовой защиты нулевой последовательности (ТЗНП) стороны ВН:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току срабатывания реле тока;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени ТЗНП в полной схеме;
- г) проверка максимальной токовой защиты (МТЗ):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по току срабатывания МТЗ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок пусковых реле минимального напряжения;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок пусковых реле максимального напряжения обратной последовательности;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по углу максимальной чувствительности реле направления мощности МТЗ стороны СН;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени МТЗ в полной схеме;
- д) проверка защиты от перегрузки:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки реле максимального тока;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени защиты от перегрузки;
- Н, К1, В** е) задание и проверка уставки по току срабатывания реле максимального тока для автоматики охлаждения;
- ж) проверка устройства для блокировки РПН:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки однофазного реле максимального тока стороны ВН;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле минимального напряжения сторон СН, НН1, НН2;
- з) проверка УРОВ стороны ВН:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току срабатывания реле тока УРОВ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени УРОВ;

- Н, К1, В и)** проверка логических защит шин (ЛЗШ НН1, ЛЗШ НН2);  
**Н, К1, В к)** проверка взаимодействия защиты и автоматики с другими устройствами;  
л) проверка защиты рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;  
**Н, К1, В, К** — проверка значения тока небаланса в полной схеме;  
**Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при отключении цепей напряжения.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

#### **5.2.5. Шкаф защиты автотрансформатора типов ШЭ2607 042 (043)**

- Н, К1, В а)** проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;  
б) проверка дифференциальной защиты автотрансформатора (ДЗТ) и ДЗО НН:  
**Н, К1, В** — задание и проверка уставки дифференциальной отсечки;  
**Н, К1, В** — задание и проверка начального тока срабатывания чувствительного реле;  
**Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току торможения блокировки;  
**Н, К1, В** — задание и проверка регулируемой длины горизонтального участка;  
**Н, К1, В** — задание и проверка заданной уставки по коэффициенту торможения;  
**Н, К1, В** — проверка отстройки от броска тока намагничивания по каждому входу;  
**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания защиты;  
в) проверка максимальной токовой защиты МТЗ стороны НН:  
**Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле максимального тока;  
**Н, К1, В** — задание и проверка уставок пусковых реле минимального напряжения;  
**Н, К1 В** — задание и проверка уставок пусковых реле максимального напряжения обратной последовательности;  
**Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени МТЗ в полной схеме;  
г) защиты от перегрузки:



- Н, К1, В** — задание и проверка уставки реле максимального тока;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени защиты от перегрузки;
- Н, К1, В** д) задание и проверка уставки по току срабатывания реле максимального тока для автоматики охлаждения;
- Н, К1, В** е) задание и проверка уставки реле максимального тока устройства для блокировки РПН при перегрузке;
- ж) проверка УРОВ ВН, УРОВ СН:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току срабатывания реле тока УРОВ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени УРОВ;
- з) проверка логических защит шин (ЛЗШ НН1, ЛЗШ НН2):
- Н, К1, В** — проверка логики работы ЛЗШ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле времени, используемых в логической схеме формирования выходных сигналов шкафа защит АТ;
- и) проверка защиты минимального напряжения:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок напряжения срабатывания реле минимального напряжения;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени действия защиты минимального напряжения;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле максимального напряжения обратной последовательности;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле максимального напряжения параллельно работающего автотрансформатора;
- Н, К1, В** к) проверка взаимодействия защиты и автоматики с другими устройствами;
- л) проверка защиты рабочим током и напряжением:
- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;
- Н, К1, В, К** — проверка значения тока небаланса в полной схеме;
- Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при отключении цепей напряжения.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

#### **5.2.6. Шкаф защиты ошиновки типа ШЭ2607 051**

- Н, К1, В** а) проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;
- б) проверка дифференциальной защиты ошиновки (ДЗО):

- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по начальному току срабатывания ДЗО;
- Н, К1, В** — задание и проверка длины начального (горизонтального) участка характеристики;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по коэффициенту торможения;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по начальному току срабатывания ДЗО при «очувствлении»;
- Н, К1, В** — задание и проверка длины начального (горизонтального) участка характеристики при «очувствлении»;
- Н, К1, В** — проверка времени срабатывания ДЗО;
- в) проверка реле контроля исправности токовых цепей:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току срабатывания реле контроля тока;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени;
- Н, К1, В** г) задание и проверка по напряжению реле минимального междуфазного напряжения  $U_{мф} <$ ;
- Н, К1, В** д) задание и проверка уставки по напряжению реле максимального междуфазного напряжения  $U_{мф} >$ ;
- Н, К1, В** е) задание и проверка уставки по напряжению реле минимального напряжения обратной последовательности  $U_2 <$ ;
- Н, К1, В** ж) задание и проверка уставки по напряжению реле максимального напряжения обратной последовательности  $U_2 >$ ;
- з) проверка УРОВ:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току срабатывания реле тока УРОВ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени УРОВ;
- Н, К1, В** и) проверка взаимодействия защиты и автоматики с другими устройствами;
- к) проверка защиты рабочим током и напряжением:
- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;
- Н, К1, В, К** — проверка значения тока небаланса в полной схеме;
- Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при отключении цепей напряжения.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

#### **5.2.7. Шкаф дифференциальной защиты сборных шин напряжением 110 — 220 кВ типа ШЭ2607 061**

- Н, К1, В** а) проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;

б) проверка дифференциальной защиты шин (ДЗШ):

**Н, К1, В** — задание и проверка уставки по начальному току срабатывания ДЗШ;

**Н, К1, В** — задание и проверка длины начального (горизонтального) участка характеристики срабатывания;

**Н, К1, В** — задание и проверка уставки по коэффициенту торможения;

**Н, К1, В** — проверка времени срабатывания ДЗШ;

**Н, К1, В** в) задание и проверка тока срабатывания реле чувствительного токового органа для надежного отключения выключателей систем шин при работе ДЗШ;

г) проверка реле контроля исправности токовых цепей:

**Н, К1, В** — задание и проверка тока срабатывания реле контроля тока;

**Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени;

д) проверка УРОВ:

**Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току срабатывания реле тока УРОВ;

**Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени УРОВ;

е) проверка цепей запрета АПВ:

**Н, К1, В** — задание и проверка уставки по напряжению устройств контроля междупазного напряжения  $U_{mf} <$ ;

**Н, К1, В** — задание и проверка уставки по напряжению устройств контроля напряжения обратной последовательности  $U_2 >$ ;

**Н, К1, В** ж) задание и проверка уставки выдержки времени сигнализации неисправности цепей напряжения переменного тока;

**Н, К1, В** з) задание и проверка уставок по току срабатывания трехфазных реле тока для повышения чувствительности при ручном опробовании;

**Н, К1, В** и) проверка взаимодействия защиты и автоматики с другими устройствами;

к) проверка защиты рабочим током и напряжением:

**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;

**Н, К1, В, К** — проверка значения тока небаланса в полной схеме;

**Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при отключении цепей напряжения.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

**5.2.8. Шкаф резервной защиты трансформатора  
(автотрансформатора) 110 — 220 кВ и автоматики управле-  
ния выключателями типа ШЭ2607 071**

- Н, К1, В** а) проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;
- б) проверка дистанционной защиты (ДЗ):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок РС ступеней ДЗ по активному  $R$  и реактивному  $X$  сопротивлениям и углам  $j1, j2, j3$  характеристики срабатывания;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок блокировки при качаниях (БК);
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок времени срабатывания блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки выдержки времени ступеней ДЗ в полной схеме;
- в) проверка токовой направленной защиты нулевой последовательности (ТНЗНП):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по токам срабатывания реле тока ступеней;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по токам и напряжениям срабатывания реле направления мощности ТНЗНП;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени ступеней ТНЗНП в полной схеме;
- г) проверка токовой отсечки (ТО):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току срабатывания ТО;
- Н, К1, В** — проверка времени действия ТО;
- д) проверка максимальной токовой защиты (МТЗ):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току срабатывания МТЗ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок пусковых реле напряжения МТЗ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени МТЗ в полной схеме;
- е) проверка УРОВ:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току реле тока УРОВ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени УРОВ;
- ж) проверка автоматики разгрузки при перегрузке по току (АРПТ):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току реле тока АРПТ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени ступеней АРПТ;

- Н, К1, В** — задание и проверка уставки реле направления мощности прямой последовательности АРПТ;
- Н, К1, В** з) проверка действия резервной защиты стороны АТ с ускорениями при выводе защиты шин и основной защиты автотрансформатора;
- и) проверка АПВ:
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле напряжения на шинах;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле напряжения на линии;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок реле контроля синхронизма;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени защиты от непереключения фаз (ЗНФ) и защиты от неполнофазного режима (ЗНФР) для выключателей с пофазным приводом;
- к) проверка АУВ совместно с выключателем:
- Н, К1, В** — проверка работы АУВ от ключа управления;
- Н, К1, В, К** — проверка работы АУВ по цепям включения и отключения;
- Н, К1, В** — проверка работы цепей сигнализации АУВ;
- Н, К1, В** — проверка работы АПВ;
- Н, К1, В, К** — проверка цепей защиты электромагнитов включения и отключения;
- Н, К1, В, К** — проверка действия защит на отключение через АУВ;
- Н, К1, В** л) проверка взаимодействия защиты и автоматики с другими устройствами;
- м) проверка защиты рабочим током и напряжением:
- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;
- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения БНН;
- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения реле направления мощности ТНЗНП;
- Н, К1, В, К** — калибровка аналогового входа напряжения от ТН стороны НН АТ;
- Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при отключении цепей напряжения.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

#### **5.2.9. Шкаф резервной защиты трансформатора (автотрансформатора) 110 — 220 кВ типа ШЭ2607 072**

- Н, К1, В** а) проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;

- б) проверка дистанционной защиты (ДЗ):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок РС ступеней ДЗ по активному  $R$  и реактивному  $X$  сопротивлениям и углам  $j1, j2, j3$  характеристики срабатывания;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок блокировки при качаниях (БК);
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок времени срабатывания блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН);
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки выдержки времени ступеней ДЗ в полной схеме;
- в) проверка токовой направленной защиты нулевой последовательности (ТНЗНП):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по токам срабатывания реле тока ступеней;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок по токам и напряжениям срабатывания реле направления мощности ТНЗНП;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени ступеней ТНЗНП в полной схеме;
- г) проверка токовой отсечки (ТО):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току срабатывания ТО;
- Н, К1, В** — проверка времени действия ТО;
- д) проверка максимальной токовой защиты (МТЗ):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току срабатывания МТЗ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок пусковых реле напряжения МТЗ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени МТЗ в полной схеме;
- е) проверка автоматики разгрузки при перегрузке по току (АРПТ):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току реле тока АРПТ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени ступеней АРПТ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки реле направления мощности прямой последовательности АРПТ;
- Н, К1, В** ж) проверка действия резервной защиты стороны АТ с ускорениями при выводе защиты шин и основной защиты автотрансформатора;
- Н, К1, В** з) проверка взаимодействия защиты и автоматики с другими устройствами;
- и) проверка защиты рабочим током и напряжением:

- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;
- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения БНН;
- Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения реле направления мощности ТНЗНП;
- Н, К1, В, К** — калибровка аналогового входа напряжения от ТН стороны НН АТ;
- Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при отключении цепей напряжения.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

#### **5.2.10. Шкаф дифференциально-фазной защиты линии типа ШЭ2607 081**

- Н, К1, В** а) проверка правильности отображения значений и фазовых углов токов (напряжений), поданных от постороннего источника;
- б) проверка дифференциально-фазной защиты (ДФЗ):
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки органа манипуляции (ОМ) по коэффициенту  $k$  комбинированного фильтра токов;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки органа сравнения фаз (ОСФ) по углу блокирования действия защиты на отключение;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок пускового органа  $I_{26л}$  и  $I_{2от}$ ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок пускового органа  $I_{06л}$  и  $I_{0от}$ ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок пускового органа  $I_{л6л}$  и  $I_{лот}$ ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок срабатывания пускового органа  $DI_{6л}$  по изменению тока обратной последовательности и по изменению тока прямой последовательности;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок срабатывания пускового органа  $DI_{от}$  по изменению тока обратной последовательности и по изменению тока прямой последовательности;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки измерительного органа РМО по напряжению нулевой последовательности  $3U_0$ ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставки измерительного органа РМО по току нулевой последовательности  $3I_0$ ;
- Н, К1, В** — задание и проверка уставок измерительных органов реле сопротивления ИО РС, по активному  $R$  и реактивному  $X$  сопротивлениям и углам  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  характеристики срабатывания;
- Н, К1, В** — задание и проверка выдержки времени срабатывания защиты на отключение;

- Н, К1, В** в) выбор и проверка уставки времени срабатывания блокировки при неисправностях в цепях напряжения (БНН);  
г) проверка УРОВ;  
**Н, К1, В** — задание и проверка уставки по току реле тока УРОВ;  
**Н, К1, В** — задание и проверка уставок выдержки времени УРОВ;  
**Н, К1, В** д) проверка взаимодействия защиты и автоматики с другими устройствами;  
е) проверка защиты рабочим током и напряжением:  
**Н, К1, В, К** — проверка правильности подключения цепей тока и напряжения;  
**Н, К1, В, К** — проверка симметричных составляющих в подводимых трехфазных системах напряжения и тока;  
**Н, К1, В, К** — проверка коэффициента  $k$  комбинированного фильтра токов;  
**Н, К1, В, К** — снятие фазной характеристики и проверка фазировки цепей тока обоих полуккомплектов защиты;  
**Н, К1, В, К** — проверка поведения защит при отключении цепей напряжения.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**



## **Приложение 1**

### **ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ РЗА**

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: М.: СПО ОРГРЭС, 1996.
2. Типовое положение о службах релейной защиты и электроавтоматики: . – М.: СПО ОРГРЭС, 1998.
3. Типовая инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций: М.: СПО ОРГРЭС, 1991.
4. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
5. Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями. – М.: СПО ОРГРЭС, 1993.
6. Правила организации пусконаладочных работ на тепловых электростанциях: РД 34.70.110-92. – М.: СПО ОРГРЭС, 1994.
7. Методические указания по проведению комплексных электрических испытаний блоков генератор-трансформатор и их устройств релейной защиты и автоматики. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1980.
8. Указания по проведению комплексных испытаний генераторов и блоков генератор-трансформатор на электростанциях: РД 34.45.310-89. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1989.
9. Сборник руководящих материалов Главтехуправления Минэнерго СССР. Электротехническая часть. Ч. 1. – М.: СПО ОРГРЭС, 1992.
10. Единые формы протоколов проверки при новом включении устройств релейной защиты и электроавтоматики. Вып. 1 – 3. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.
11. Единые формы протоколов проверки при новом включении устройств релейной защиты и электроавтоматики. Вып. 4. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1986.
12. Единые формы протоколов проверки при новом включении устройств релейной защиты и электроавтоматики. Вып. 5. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1987.

13. Образцы программ проведения сложных типовых операций с устройствами РЗА. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1980.
14. Инструкция по проверке и наладке реле тока и напряжения серий ЭТ, РТ, ЭН, РН. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1979.
15. Методические указания по техническому обслуживанию реле прямого действия. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1990.
16. Инструкция по проверке и эксплуатации дифференциальных реле серии ДЗТ. – М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1975.
17. Инструкция по наладке и проверке устройств фильтр-реле тока обратной последовательности типов РТ-2 и РТф-1. – М.-Л.: Энергия, 1965.
18. Инструкция по эксплуатации газовой защиты: РД 34.35.518-91. – М.: СПО ОРГРЭС, 1992.
19. Инструкция по проверке правильности включения реле направления мощности. – М.-Л.: Энергия, 1966.
20. Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционных защит типов ПЗ-157 и ПЗ-158. – М.: Госгорэнергоиздат, 1963.
21. Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционных защит ПЗ-158 и ПЗ-159. – М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1972.
22. Инструкция по наладке и проверке дистанционной защиты типа ПЗ-152. – М.-Л.: Энергия, 1966.
23. Инструкция по наладке и проверке релейной части дифференциально-фазной высокочастотной защиты типа ДФЗ-2. – М.-Л.: Энергия, 1966.
24. Инструкция по наладке и эксплуатации дистанционной защиты типа ДЗ-400 (ДЗ-500). – М.: Энергия, 1967.
25. Кочетков В.В., Сапир Е.Д., Якубсон Г.Г. Наладка и эксплуатация релейной части дифференциально-фазных высокочастотных защит линий 400 – 500 кВ (ДФЗ-402). – М.: Госэнергоиздат, 1968.
26. Инструкция по наладке и эксплуатации приемопередатчиков УПЗ-70. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.
27. Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционной защиты ДЗ-503. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1979.
28. Инструкция по наладке и проверке продольной дифференциальной защиты линий ДЗЛ-1. – М.: Энергия, 1972.
29. Методика наладки высокочастотных каналов защиты с постами типа ПВЗД. – М.: БТИ ОРГРЭС, 1968.

- 30.** Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционных защит ПЗ-3 и ПЗ-4. – М.: СПО ОРГРЭС, 1976.
- 31.** Инструкция по наладке и проверке дистанционной защиты типа ПЗ-153. – М.: Энергия, 1964.
- 32.** Инструкция по проверке трансформаторов тока, используемых в схемах релейной защиты. – М.: Энергия, 1977.
- 33.** Инструкция по проверке трансформаторов напряжения и их вторичных цепей. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1979.
- 34.** Инструкция для оперативного персонала по обслуживанию устройств релейной защиты и электроавтоматики энергетических систем. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.
- 35.** Временные руководящие указания по расчету, проверке и настройке высокочастотных заградителей ВЗ-600-0,25; ВЗ-1000-0,6 и ВЗ-2000-1,2. – М.: Энергия, 1967.
- 36.** Методические указания по наладке и проверке дифференциальной защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1981.
- 37.** Методические указания по наладке и проверке промежуточных, указательных реле и реле импульсной сигнализации. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1981.
- 38.** Методические указания по наладке и эксплуатации дифференциально-фазной защиты ДФЗ-503. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1981.
- 39.** Методические указания по наладке и эксплуатации дифференциально-фазных защит ДФЗ-504 и ДФЗ-201: МУ 34-70-002-82. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1982.
- 40.** Методические указания по техническому обслуживанию дистанционной защиты ПЗ-5/1, ПЗ-5/2: МУ 34-70-007-82. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1982.
- 41.** Методические указания по наладке и техническому обслуживанию фильтр-реле РНФ-1М и РНФ-2: МУ 34-70-021-82. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1982.
- 42.** Методические указания по проверке реле времени РВ-100, ЭВ-100, РВ-200, ЭВ-200: МУ 34-70-031-83. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.
- 43.** Методические указания по техническому обслуживанию дифференциальных защит с реле серий РНТ и ДЗТ-10: МУ 34-70-038-83. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.
- 44.** Методические указания по техническому обслуживанию реле максимального тока серий РТ-80, РТ-90: МУ 34-70-036-83. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.

45. Методические указания по техническому обслуживанию реле мощности обратной последовательности РМОП-2: МУ 34-70-046-83. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.
46. Методические указания по техническому обслуживанию реле направления мощности серии РБМ и ИМБ: МУ 34-70-036-83. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.
47. Методические указания по техническому обслуживанию реле тока нулевой последовательности РТЗ-50: МУ 34-70-056-83. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.
48. Методические указания по техническому обслуживанию дистанционной защиты ПДЭ 2001: МУ 34-70-090-85. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.
49. Методические указания по техническому обслуживанию токовой защиты ПДЭ 2002: МУ 34-70-067-84. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1984.
50. Методические указания по техническому обслуживанию устройства резервирования при отказе выключателей ПДЭ 2005: МУ 34-70-099-85. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.
51. Методические указания по техническому обслуживанию дифференциальной защиты шин ПДЭ 2006 (ДЗШТ-750, ДЗШТ-751): МУ 34-70-068-84. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.
52. Методические указания по техническому обслуживанию реле контроля синхронизма РН-55: МУ 34-70-062-84. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1984.
53. Методические указания по техническому обслуживанию блоков питания БП-11, БП-1002, БПЗ-401, БПЗ-402: МУ 34-70-060-84. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.
54. Методика наладки и проверки реле частоты РЧ-1, РЧ-2: МУ 34-70-003-82. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1983. (Извещение о дополнении 1. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1990).
55. Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации магнитоэлектрических реле М237/054 и М237/055. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1980.
56. Инструкция по проверке, наладке и эксплуатации дифференциальной защиты шин с торможением типа ДЗШТ. – М.: СПО ОРГРЭС, 1977.
57. Инструкция по проверке и наладке высокочастотной блокировки дистанционной и токовой направленной защит нулевой последовательности ЭПЗ-1636-67 воздушных линий 110 – 220 кВ. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.

58. Инструкция по наладке и эксплуатации дистанционных защит ПЗ-2/2 и ПЗ-2/1. – М.: СПО ОРГРЭС, 1977.
59. Методические указания по наладке и эксплуатации автоматических выключателей серии АЗ700 на электростанциях и подстанциях. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1981.
60. Методические указания по эксплуатации автоматических выключателей серии АЗ100. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.
61. Методические указания по наладке и эксплуатации автоматических воздушных выключателей серии АВМ. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.
62. Методические указания по эксплуатации автоматических воздушных выключателей серии АП50. – М.: СПО ОРГРЭС, 1975.
63. Методические указания по техническому обслуживанию автоматических выключателей серии «Электрон» с полупроводниковыми расцепителями РМТ-1. – М.: СПО Союзтехэнерго, 1989.

## Приложение 2

### ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ УСТАВОК ЗАЩИТ

Время срабатывания быстродействующих защит (ступеней защит) без реле времени, с

В соответствии с указаниями завода-изготовителя<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Если допустимое значение не указано, то оно определяется как сумма максимальных значений времени срабатывания последовательно работающих элементов.

Выдержка времени защит с независимой характеристикой, с.....	± 0,1
Выдержка времени защит с зависимой характеристикой, с:	
в зависимой части (контрольные точки).....	± 0,15
в независимой части .....	± 0,1
Выдержка времени встроенных в привод реле в независимой части (с учетом времени отключения выключателя), с.....	± 0,15
Сопротивление срабатывания дистанционных защит, %.....	± 3
Ток и напряжение срабатывания реле переменного тока и напряжения, %.....	± 3
То же для несогласуемых защит, %.....	± 5
Ток и напряжение срабатывания реле, встроенных в привод, %.....	± 5
То же для отключающих и включающих катушек, %.....	± 5
Мощность срабатывания реле направления мощности переменного тока, напряжение и ток срабатывания реле постоянного тока, %.....	± 3 – 5
Коэффициент возврата реле:	
не встроенного в привод .....	± 0,03
встроенного в привод .....	± 0,05
Угол максимальной чувствительности, град .....	± 5
Ток срабатывания максимальных расцепителей тока автоматических выключателей серии АВМ, % .....	± 10
Время срабатывания механического замедлителя расцепителя селективных автоматических выключателей серии АВМ, % .....	± 15
Ток срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серии АЗ100, %:	
АЗ120.....	± 20
АЗ130, АЗ140 .....	± 15
Ток срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серии АП50, %, с уставками:	
$3,5 I_{ном}$ .....	± 15
$8,0 I_{ном}$ .....	± 20

11.01 <sub>ном</sub> .....	От -30 до +15
Ток срабатывания электромагнитного расцепителя в нулевом проводе автоматических выключателей серии АП 50, % .....	От -20 до +40
Ток срабатывания электромагнитных расцепителей трехполюсных автоматических выключателей серии АК 63, % .....	От -15 до +25
Ток срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серии АЗ700, % .....	± 15
Ток срабатывания полупроводниковых расцепителей автоматических выключателей серии АЗ700, % .....	± 20
Время срабатывания полупроводниковых и тепловых расцепителей автоматиче- ских выключателей серии АЗ7001	
Ток срабатывания максимальных расцепителей автоматических выключателей серии ВА, % .....	± 20
Время срабатывания полупроводниковых и тепловых расцепителей автоматиче- ских выключателей серии ВА2	
Ток срабатывания встроенной МТЗ автоматических выключателей серии «Электрон», % .....	± 15
Время срабатывания встроенной МТЗ автоматических выключателей серии «Электрон», %:	
в зоне токов перегрузки .....	± 20
в зоне токов КЗ .....	± 1

<sup>1</sup> По табл. 1.3 п. 8.1 «Методических указаний по наладке и эксплуатации автоматических выключателей серии АЗ700 на электростанциях и подстанциях» (М.: СПО Союзтехэнерго, 1981).

<sup>2</sup> При необходимости уточняется по заводской документации на конкретные устройства.

## Содержание

<b>Глава 1. Назначение автоматики и релейной защиты в электрических сетях .....</b>	<b>3</b>
1.1. Общие сведения об установках, передающих, распределяющих и потребляющих электроэнергию .....	3
1.2. Общие сведения об электрических сетях переменного тока	10
1.3. Основное назначение автоматики и релейной защиты в электрических сетях .....	16
<b>Глава 2. Основные требования к релейной защите и автоматике в электрических сетях .....</b>	<b>21</b>
<b>Глава 3. Особенности технологической автоматики в электрических сетях .....</b>	<b>25</b>
<b>Глава 4. Основные элементы релейной защиты и автоматики в электрических сетях .....</b>	<b>30</b>
4.1. Общие вопросы построения защит в электрических сетях	30
4.2. Особенности плавких предохранителей, электротепловых реле и температурных реле .....	36
4.3. Особенности трансформаторов тока и трансформаторов напряжения, датчиков тока и напряжения .....	38
4.4. Реле .....	57
4.5. Основы базовой микроЭВМ .....	77
<b>Глава 5. Максимальная токовая защита .....</b>	<b>83</b>
5.1. Принцип действия токовых защит .....	83
5.2. Защита линий с помощью МТЗ с независимой выдержкой времени .....	83
5.3. МТЗ с пуском (блокировкой) от реле минимального напряжения .....	92
5.4. МТЗ с зависимой и с ограниченно зависимой характеристикой выдержки времени от тока .....	97
5.5. МТЗ на переменном оперативном токе .....	103
5.6. Поведение МТЗ при двойных замыканиях на землю .....	108
5.7. Область применения МТЗ .....	108
<b>Глава 6. Токовые отсечки .....</b>	<b>110</b>
6.1. Принцип действия токовых отсечек .....	110
6.2. Схемы токовых отсечек .....	110
6.3. Отсечки мгновенного действия на линиях с односторонним питанием .....	111



6.4. Неселективные отсечки .....	113
6.5. Отсечки на линиях с двухсторонним питанием .....	114
6.6. Отсечки с выдержкой времени .....	115
6.7. Токовая трехступенчатая защита .....	117
6.8. Применение токовых отсечек .....	117
<b>Глава 7. Токовая направленная защита .....</b>	<b>118</b>
7.1. Необходимость токовой направленной защиты .....	118
7.2. Индукционные реле направления мощности .....	119
7.3. Схема и принцип действия токовой направленной защиты .....	126
7.4. Схемы включения реле направления мощности .....	129
7.5. Блокировка максимальной направленной защиты при замыканиях на землю .....	134
7.6. Выбор уставок защиты .....	135
7.7. Токовые направленные отсечки .....	140
7.9. Оценка токовых направленных защит .....	141
<b>Глава 8. Особенности защиты воздушных и кабельных линий, синхронных генераторов, трансформаторов, электродвигателей .....</b>	<b>142</b>
8.1. Особенности защиты воздушных и кабельных линий .....	142
8.2. Особенности защиты синхронных генераторов .....	146
8.3. Особенности защиты трансформаторов .....	150
8.4. Особенности защиты электродвигателей .....	153
<b>Глава 9. Особенности диагностики электрических сетей .....</b>	<b>157</b>
9.1. Фазировка электрического оборудования .....	157
9.2. Измерение сопротивления изоляции .....	159
9.3. Электрические измерения .....	164
9.4. Особенности диагностики силовых и управляющих электрических цепей .....	170
<b>Глава 10. Улучшение качества электроэнергии с помощью активных фильтров высших гармоник в микропроцессорных устройствах автоматики и релейной защиты .....</b>	<b>186</b>
10.1. Основные причины снижения качества электроэнергии в электрических сетях .....	186
10.2. Особенности устройств улучшающих качество электроэнергии .....	191
<b>Инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций .....</b>	<b>196</b>
<b>1. Общие положения .....</b>	<b>198</b>
<b>2 Организационные мероприятия при проведении работ в устройствах РЗА .....</b>	<b>198</b>

2.1. Разработка программ работ .....	198
2.2. Оформление оперативной заявки .....	201
2.3. Общие требования при производстве работ .....	204
2.4. Подготовка к проведению работы .....	205
2.5. Подготовка устройств РЗА к включению в работу .....	210
2.6. Приемка устройств РЗА и включение их в работу .....	212
2.7. Требования к оформлению технической документации .....	214
<b>3. Технические мероприятия по проверке устройств РЗА .....</b>	<b>217</b>
3.1. Подготовительные работы .....	217
3.2. Внешний осмотр .....	220
3.3. Внутренний осмотр и проверка механической части аппаратуры .....	225
3.4. Проверка схемы соединений устройства РЗА .....	228
3.5. Проверка изоляции .....	231
3.6. Проверка электрических и временных характеристик элементов устройств РЗА .....	241
3.7. Проверка электрических и временных характеристик элементов приводов и схем управления коммутационных аппаратов .....	251
3.8. Проверка взаимодействия элементов устройств РЗА .....	263
3.9. Проверка временных характеристик устройств РЗА в полной схеме .....	271
3.10. Проверка взаимодействия проверяемого устройства РЗА с другими устройствами РЗЛ и коммутационными аппаратами .....	273
3.11. Проверка правильности сборки токовых цепей и цепей напряжения вторичным током и напряжением .....	276
3.12. Проверка устройств РЗА первичным током и напряжением .....	278
3.13. Текущая эксплуатация устройств РЗА .....	321
<b>4. Указания мер безопасности .....</b>	<b>324</b>
<b>Приложение 1. Порядок производства ремонтных работ на печатных платах .....</b>	<b>328</b>
<b>Приложение 2. Рекомендации по производству измерений при техническом обслуживании устройств РЗА .....</b>	<b>330</b>
<b>Приложение 3. Общие требования к испытательной аппаратуре .....</b>	<b>345</b>
<b>Приложение 4. Краткое описание наиболее распространенных испытательных устройств .....</b>	<b>349</b>
1. Устройства типа У5053 и «Уран» .....	349
2. Устройства типа «РЕТОМ» .....	355
Устройство типа РЕТОМ-11М .....	361
Рекомендации по производству измерений при техническом обслуживании устройств .....	362

<b>Приложение 5.</b> Некоторые использованные термины и сокращения.....	364
<b>Приложение 6.</b> Пример рабочей программы вывода в проверку(-) и ввода в работу (+) ПДЭВЛ-110кВ ПСА-ПСБ.....	366

<b>Правила технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4–35кВ .....</b>	<b>369</b>
<b>1. Общие положения.....</b>	<b>370</b>
<b>2. Система технического обслуживания устройств РЗА .....</b>	<b>371</b>
2.1. Основные понятия и термины в области надежности устройств РЗА.....	371
2.2. Виды технического обслуживания устройств РЗА .....	372
2.3. Периодичность технического обслуживания устройств РЗА.....	374
<b>3. Программы работ при техническом обслуживании устройств РЗА .....</b>	<b>378</b>
3.1. Новое включение .....	378
3.2. Первый профилактический контроль.....	383
3.3. Профилактическое восстановление .....	385
3.4. Профилактический контроль .....	386
3.5. Опробование.....	387
3.6. Технический осмотр.....	388
<b>4. Объемы работ при техническом обслуживании устройств РЗА .....</b>	<b>389</b>
4.1. Дистанционные защиты .....	389
4.2. Комплектные устройства защиты и автоматики ЯРЭ 2201 и ЯРЭ 2202.....	392
4.3. Микропроцессорное устройство защиты и автоматики «Сириус».....	393
4.4. Микропроцессорные устройства защиты и автоматики «Орион» и «Орион-А» .....	394
4.5. Микропроцессорные устройства защиты и автоматики SPAC 800 и БМРЗ .....	395
4.6. Линейная токовая защита ЛТЗ .....	397
4.7. Токовая защита от однофазных замыканий на землю ЗЗП-1 .....	397
4.8. Защитные приставки к автоматическим выключателям .....	398
4.9. Токовые защиты от междупазных коротких замыканий .....	399
4.10. Реле прямого действия и электромагниты управления переменного тока.....	400
4.11. Реле тока и напряжения.....	401

4.12. Дифференциальные реле .....	402
4.13. Реле мощности .....	403
4.14. Реле времени .....	404
4.15. Промежуточные реле .....	405
4.16. Указательные реле .....	406
4.17. Реле повторного включения .....	406
4.18. Реле частоты .....	407
4.19. Газовые реле .....	408
4.20. Реле напряжения обратной последовательности .....	410
4.21. Реле импульсной сигнализации .....	410
4.22. Регуляторы .....	411
4.23. Устройства автоматического ввода резерва .....	411
4.24. Устройства для определения мест повреждения .....	412
4.25. Устройства блокировки при неисправности цепей напряжения .....	414
4.26. Устройства сигнализации при однофазных замыканиях на землю .....	414
4.27. Устройства защитного отключения АСТРО-УЗО, F-362, F-364, УЗО-М304 .....	415
4.28. Защиты, встроенные в коммутационные аппараты на напряжение 0,4 кВ .....	415
4.29. Трансформаторы тока .....	417
4.30. Трансформаторы напряжения .....	417
4.31. Промежуточные трансформаторы и автотрансформаторы тока .....	417
4.32. Блоки питания .....	418
4.33. Зарядные устройства и блоки конденсаторов .....	419
4.34. Вторичные цепи управления .....	419
4.35. Элементы приводов коммутационных аппаратов .....	420
<b>Приложение.</b> Допустимые значения максимальных отклонений характеристик от заданных уставок устройств РЗА электрических сетей 0,4–35 кВ .....	421
1. Для устройств РЗА 6–35 кВ .....	421
2. Для микропроцессорных устройств РЗА 6–35 кВ .....	421
3. Для устройств РЗА 0,4 кВ .....	422

<b>Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110–750 кВ .....</b>	<b>426</b>
1. Общие положения .....	428
2. Система технического обслуживания устройств РЗА .....	429

<b>3. Программы работ при техническом обслуживании устройств РЗА .....</b>	<b>440</b>
3.1. Новое включение .....	440
3.2. Первый профилактический контроль .....	446
3.3. Профилактическое восстановление .....	448
3.4. Профилактический контроль .....	450
3.5. Тестовый контроль .....	451
3.6. Периодическое опробование .....	452
3.7. Технический осмотр .....	452
<b>4. Объемы работ при техническом обслуживании.....</b>	<b>453</b>
4.1. Дистанционные защиты .....	453
4.2. Дифференциально-фазные защиты.....	472
4.3. Продольно-дифференциальные защиты линий .....	485
4.4. Направленные защиты с высокочастотной блокировкой.....	488
4.5. Устройства автоматического повторного включения .....	494
4.6. Защиты трансформаторов.....	503
4.7. Защита реакторов .....	518
4.8. Дифференциальные защиты шин с торможением.....	521
4.9. Защиты от междупазных коротких замыканий .....	527
4.10. Защиты от однофазных коротких замыканий .....	528
4.11. Токовые защиты линий напряжением 500 кВ и выше.....	528
4.12. Устройства блокировки КРБ.....	533
4.13. Устройства сигнализации при однофазных замыканиях на землю ..	536
4.14. Устройство резервирования отказа выключателей (УРОВ).....	536
4.15. Панели высокочастотной блокировки ЭП31643А/69 и ЭП31643Б/69 (ЭП31643А/91 и ЭП31643Б/91).....	539
4.16. Комплексы защит блока генератор-трансформатор и защит генератора .....	540
4.17. Комплектные устройства защиты присоединений 6–10 кВ ЯРЭ2201, ЯРЭ2202.....	550
4.18. Реле, комплекты, блоки и аппараты защиты и автоматики .....	550
<b>5. Объемы работ при техническом обслуживании микропроцессорных устройств РЗА .....</b>	<b>602</b>
5.1. Обобщенный объем работ при техническом обслуживании микропроцессорных устройств релейной защиты различных типов ....	602
5.2. Объем проверок функциональных характеристик при техническом обслуживании микропроцессорных устройств РЗА на базе шкафов серии ШЭ2607 .....	605
Приложение 1.....	619
Приложение 2.....	624