

Лезнов Сергей Иванович

**Устройство и обслуживание вторичных
цепей электроустановок**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.39
ББК 32
Л41

Л41 **Лезнов Сергей Иванович**
Устройство и обслуживание вторичных цепей электроустановок / Лезнов Сергей Иванович – М.: Книга по Требованию, 2026. – 152 с.

ISBN 978-5-8854-2818-7

В книге изложены принципы и особенности построения вторичных цепей электроустановок электростанций и подстанций. Рассмотрены схемы управления, сигнализации и вторичных устройств, а также применяемая аппаратура и щитовые изделия. Во втором издании материал расширен и приведён в соответствие с требованиями ГОСТ и ЕСКД; более полно описаны схемные решения и элементы вторичных цепей. Отдельное внимание уделено вопросам эксплуатации: оперативному обслуживанию, контролю состояния, защитным мерам и обеспечению надёжности вторичных цепей. Книга предназначена для инженерно-технического и оперативного персонала, работающего с вторичными устройствами.

ISBN 978-5-8854-2818-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2026
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2026

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

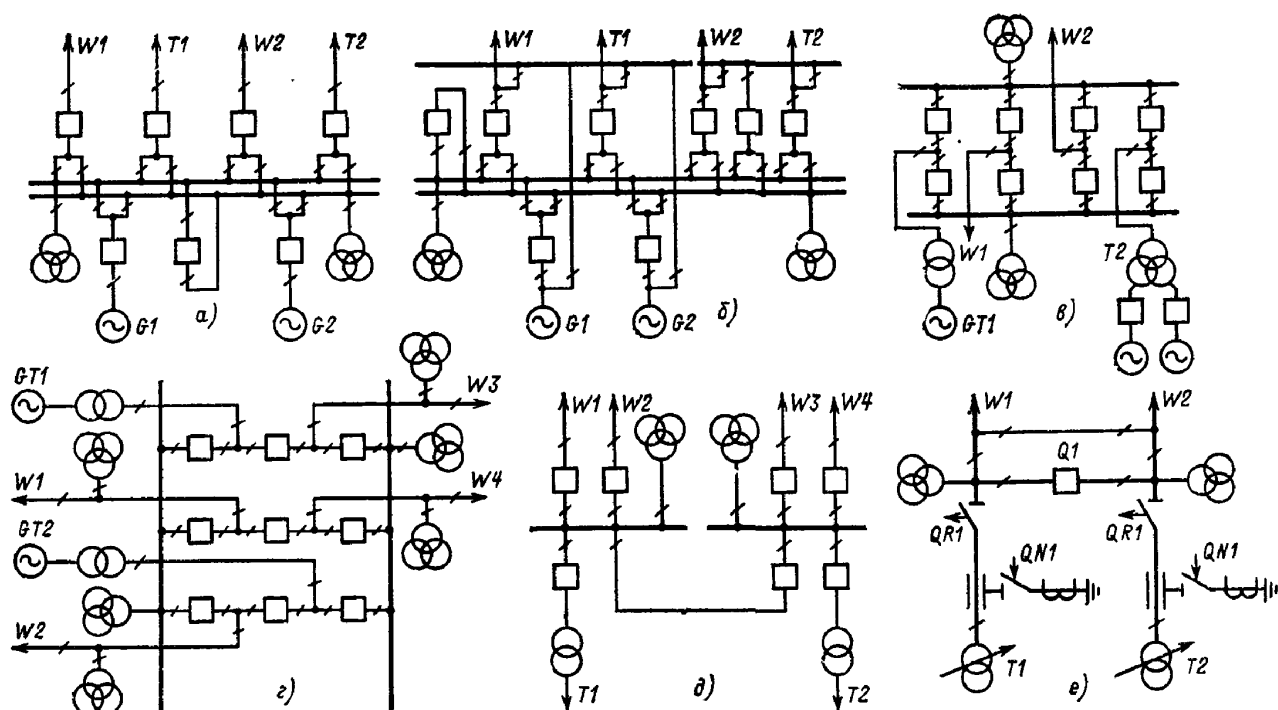


Рис. 1.1. Распространенные главные схемы электрических соединений для различных уровней напряжения:
 а — схема с двумя системами шин и одним выключателем на одно присоединение; б — схема с двумя системами шин и обходной системой шин; в — схема с двумя системами шин и двумя выключателями на присоединение; г — схема с двумя системами шин и тремя выключателями на два присоединения (полуторная); д — схема с одной секционированной системой шин; е — схема мостика

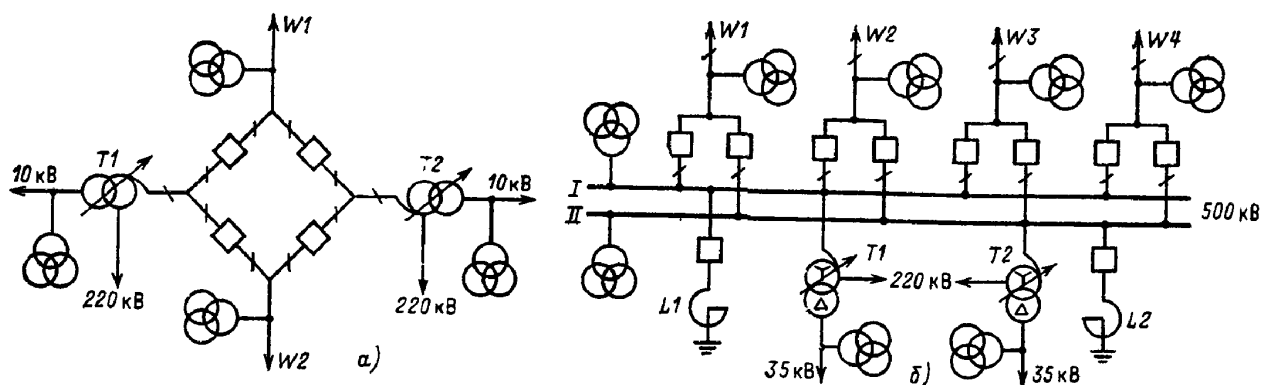


Рис. 1.2. Типовые главные схемы электрических соединений крупных электростанций и подстанций 330 кВ и выше:
 а — схема четырехугольника; б — схема трансформаторы — шины

редно ремонт шин. Наличие шиносоединительного выключателя позволяет при помощи разъединителей распределить все присоединения между двумя основными шинами и сохранить их параллельную работу. Схема имеет тот основной недостаток, что вывод в ремонт выключателя любого присоединения требует отключения этого присоединения. Этому недостатка лишена схема с двумя рабочими и одной обходной системами шин (рис. 1.1, б), которая позволяет благодаря наличию обходной системы шин и обходного выключателя производить

ремонт любого выключателя без отключения присоединения. Эта схема применяется на напряжении 110—220 кВ при числе присоединений от 7 до 15.

Схемы со сборными шинами с двумя и полутора выключателями на присоединение предусматриваются для РУ 330—1150 кВ.

Схема с двумя системами шин и двумя выключателями на присоединение (рис. 1.1, в) применяется при наличии трех и четырех присоединений, когда не предполагается расширение РУ, и обеспечивает широкие возможности

для производства оперативных переключений выключателями. Повреждение одной из систем сборных шин не приводит к отключению и перерыву питания присоединений. Однако схема неэкономична из-за большого количества выключателей, трансформаторов тока и разъединителей.

Схема с двумя системами шин и тремя выключателями на два присоединения (полуполторная схема) приводится на рис. 1.1, *г* для блочной электростанции с двумя блоками, но может применяться и для подстанций 330 кВ и выше при числе присоединений восемь и более.

Полуполторная схема является более экономичной по сравнению с предыдущей и в то же время обладает большой гибкостью и значительными эксплуатационными удобствами, так как вывод любого выключателя в ремонт требует только отключения его разъединителей, просто осуществляется блокировка между разъединителями и выключателями, вывод одной из систем шин производится отключением всех ее выключателей, без отключения отходящих линий и источников энергии (генераторов или трансформаторов) и др. Эта схема имеет, однако, и недостатки, к которым, в частности, относятся следующие: необходима установка большого числа выключателей и трансформаторов тока (по сравнению со схемой с двумя системами шин и одним выключателем), усложняются релейная защита и вторичные цепи отдельных присоединений.

Схема с одной секционированной выключателем системой шин (рис. 1, *д*) применяется на подстанциях и ГЭС небольшой и средней мощности с напряжением до 35 кВ. Она применяется также в схемах СН напряжением 6 кВ и ниже.

Схема мостика (рис. 1.1, *е*) с выключателем в перемычке со стороны линии и отделителями в цепях трансформаторов применяется на стороне ВН подстанций 35—220 кВ при двустороннем питании или транзите мощности.

Недостаток ее заключается в том, что линия *W*1, питающая подстанцию, отключается при повреждении трансформатора *T*1, но работа этой линии может быть быстро восстановлена отключением соответствующего отделителя и последующим включением выключателя перемычки.

Схемы (рис. 1.1, *д, е*) отличаются экономичностью, так как не требуют большого количества оборудования, обеспечивают резервирование питания отходящих линий и не нуждаются в сложных оперативных переключениях. Как и другие схемы, они имеют недостатки: например, при выводе линейных выключателей в ремонт линии необходимо отключать.

На рис. 1.2 показаны типовые схемы элект-

рических соединений для РУ 330 кВ и выше крупных подстанций.

Схема четырехугольника (рис. 1.2, *а*) применяется при наличии четырех присоединений (линий и трансформаторов) на напряжении 220 кВ и выше, необходимости секционирования транзитной линии, наличии ответственных потребителей на стороне среднего или низшего напряжения трансформатора и мощности трансформаторов от 125 МВ·А и более при высшем напряжении 220 кВ и любой мощности при напряжении 330 кВ и выше.

На первом этапе при одном трансформаторе и двух линиях (или двух трансформаторах и одной линии) устанавливаются три выключателя (схема треугольника).

Схема трансформаторы—шины с присоединением линий через два выключателя применяется при двух трансформаторах и трех-четыре-х линиях (рис. 1.2, *б*). Достоинство схемы состоит в том, что любой из выключателей может быть выведен в ремонт без нарушения работы присоединения и с минимальным количеством операций разъединителями. Однако в этой схеме повреждение одной из двух систем шин приводит к потере источника питания. Кроме того, усложняются вторичные цепи из-за того, что при повреждении трансформатора должны отключаться выключатели всех присоединений, подключенных к данной системе шин. При двух автотрансформаторах и пяти-шести линиях в РУ 330—500 кВ применяется также схема трансформаторы—шины, но с полуполторным присоединением линий.

Особенность схемы трансформаторы—шины заключается в том, что каждый выключатель является общим для двух присоединений. При этом каждая линия имеет два выключателя, а каждый трансформатор—столько выключателей, сколько присоединений имеется на соответствующей системе шин, но не более четырех.

Как видно из рис. 1.2, *а* и *б*, от автотрансформаторов 330 и 500 кВ отходят к соответствующим РУ цепи 220 или 110 кВ и 10 или 35 кВ. Схемы электрических соединений этих РУ наиболее часто выбираются: для 110 и 220 кВ—с двумя рабочими и одной обходной системами сборных шин (см. рис. 1.1, *б*); для 35 кВ—схема с одной секционированной системой шин (см. рис. 1.1, *д*); для 10 кВ—схема с одной или двумя одиночными секционированными выключателями системы шин (см. рис. 1.1, *д*).

1.2. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД

Собственные нужды электростанции или подстанции—это совокупность вспомогательных установок и относящейся к ним электриче-

ской части, обеспечивающих работу электростанции или подстанции.

Выбор электрических схем СН зависит прежде всего от того, что собой представляет данная электростанция или подстанция, какие рассматриваемому объекту необходимо иметь механизмы СН для возможности ведения нормального технологического процесса производства электроэнергии и тепла, преобразования (одного уровня напряжения в другой) или передачи электроэнергии.

Наиболее сложные схемы электрических соединений СН приходится создавать на ТЭС, в особенности на блочных электростанциях большой мощности, и АЭС, где необходимо обеспечить надежное питание электродвигателей большого количества механизмов СН.

На ТЭС к наиболее ответственным относятся циркуляционные, питательные и конденсатные насосы, дутьевые вентиляторы и дымососы, маслонасосы смазки подшипников турбоагрегатов, питатели пыли; на ГЭС — маслонасосные установки (МНУ) для регулирования гидротурбин и закрытия в аварийных условиях щитов и дроссельных затворов, прекращающих поступление воды в турбины, а также насосы технического водоснабжения для охлаждения пилы и подшипников гидроагрегатов и охлаждения генераторов; на подстанциях и в РУ электростанций — противопожарные насосы, установки дутьевого и водомасляного охлаждения трансформаторов (автотрансформаторов), служащих для связи с энергосистемой или для работы в блоке с генераторами, насосы технического водоснабжения для охлаждения синхронных компенсаторов и т. д.

Кроме указанных, на электростанциях и подстанциях много и других электроприемников механизмов СН, требующих надежного электропитания. В связи с этим при выборе электрических схем СН приняты следующие положения: широкое секционирование сборных шин; подключение взаиморезервируемых механизмов к различным секциям и питание этих секций не менее чем от двух независимых источников; подключение источников питания СН электростанций, имеющих шины генераторного напряжения, к разным секциям этих шин; подключение рабочих трансформаторов СН (ТСН) блока на блочных электростанциях на ответвлении между генератором и силовым трансформатором.

На напряжении 10—24 кВ соединения между мощными генераторами и трансформаторами и ответвления к трансформаторам СН выполняются пофазными экранированными токопроводами с возможностью резервирования питания СН со стороны шин высшего напря-

жения, к которым подключены линии, связывающие электростанцию с энергосистемой.

Собственные нужды ТЭС и АЭС имеют электродвигатели с большим диапазоном мощности — от нескольких киловатт до нескольких мегаватт. Так, например, электродвигатели питательных насосов на ТЭС с блоками по 200 МВт имеют мощность по 8 МВт каждый.

В связи с этим схемы СН ТЭС и АЭС, как правило, предусматривают питание своих электроприемников на напряжениях 6 или 10 и 0,4 кВ. На ГЭС и подстанциях электродвигатели имеют мощность до 100 кВт и их питание обычно осуществляется на напряжении 0,4 кВ.

Схема рабочего и резервного питания СН должна обеспечивать надежную работу отдельных блоков и всей электростанции или подстанции в целом. При этом не должно быть таких узлов, повреждение которых могло бы привести к отключению более чем одного агрегата (блока). Схема СН должна иметь необходимые устройства автоматического включения резерва (АВР), обеспечивающие при исчезновении напряжения на шинах СН включение резервных источников на эти шины, а также устройства включения резервных механизмов СН и отключения неответственных механизмов СН при авариях, связанных с глубоким понижением напряжения и т. д.

На рис. 1.3 показана схема электрических соединений СН ТЭС, на которой установлено три блока мощностью по 100 МВт. Каждая из секций СН 6 кВ питается на ответвлении от своего генератора через трансформатор 10/6 кВ, поскольку напряжение у генераторов 10, а у электродвигателей 6 кВ.

Блоки до 120 МВт имеют по одной секции на котел. Блоки мощностью 160 МВт и более имеют ТСН с расщепленными обмотками и две секции 6 кВ на котел. Резервный ТСН подключен к шинам 110 или 220 кВ.

Мощность резервного трансформатора выбирается практически на ступень выше мощности рабочих трансформаторов для обеспечения самозапуска электродвигателей ответственных механизмов СН (допустимо отключение неответственных механизмов при аварийном отключении рабочего трансформатора и автоматическом вводе резервного трансформатора). Перерыв питания при АВР определяется суммой времени отключения выключателя и времени действия системы АВР и составляет примерно 2,5 с.

В течение этого времени ответственные двигатели затормаживаются и после включения резервного трансформатора и восстановления напряжения на шинах СН происходит их самозапуск. Резервный трансформатор в приведенной схеме должен также обеспечить замену рабочего трансформатора СН одного

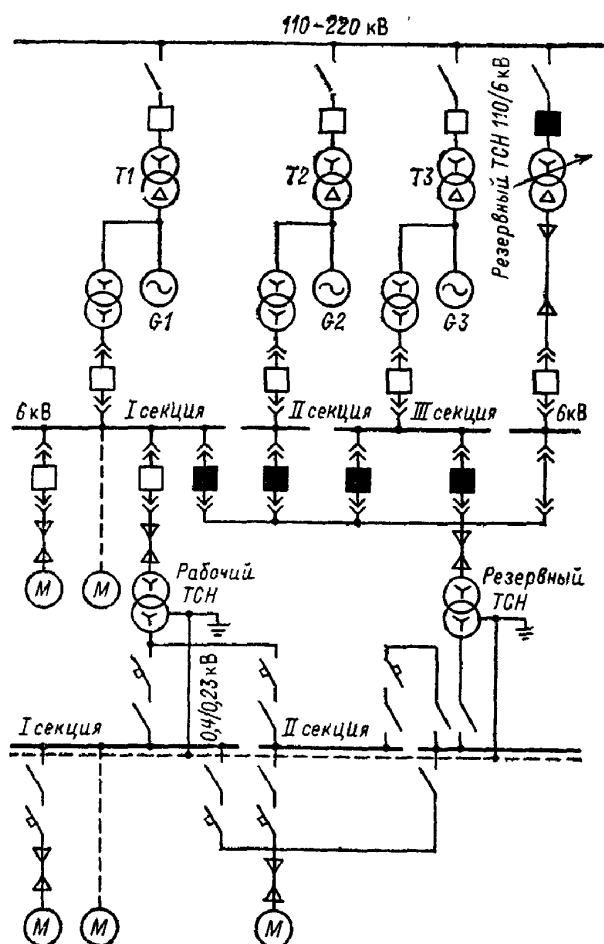


Рис 13 Схема СН ГРЭС с питанием электродвигателей (и 0,4 кВ (на рисунке не показано присоединение ко II и III секциям электродвигателей СН 6 кВ)

блока и одновременный пуск или аварийную остановку второго блока, так как рабочие трансформаторы не могут обеспечить питание СН блока при пуске и останове.

Резервирование питания секций осуществляется от резервных трансформаторов по магистралям резервного питания 6 кВ. Магистрали резервного питания секционируются выключателями через два-три блока и имеют выключатели на вводе от резервных трансформаторов. Магистрали резервного питания и ответвления от них к секциям 6 кВ СН для обеспечения надежности питания выполняются закрытыми токопроводами

На стороне 6 кВ применяется комплектное распределительное устройство (КРУ) заводского изготовления, выключатели в котором установлены на выкатных тележках для безопасности и удобства ремонта и обслуживания. Присоединение выключателей к шинам 6 кВ осуществляется через разъемные контакты, которые выполняют роль разъединителей. На

рис. 1.3 белыми квадратами показаны нормально включенные выключатели, черными — нормально отключенные. Их включение производится автоматически при необходимости ввода резерва.

На напряжении 0,4/0,23 кВ установлены щиты СН с автоматическими выключателями для питания сборок и других электроприемников СН. Эти автоматические выключатели позволяют автоматически включать резервные ТСН и электродвигатели при отключении или отказе рабочих, а также осуществляют защиту кабельных линий и электроприемников.

На подстанциях 330 кВ и выше питание рабочих и резервных трансформаторов СН 6 кВ осуществляется от обмоток низшего напряжения мощных автотрансформаторов или ответвлениями от линий 35—110 кВ, проходящих вблизи подстанции. В последнем случае используются комплектные трансформаторные подстанции блочного исполнения (КТПБ) заводского изготовления с двумя трансформаторами 35—110/6 кВ со схемой «мостик» на высокой стороне и одиночной секционированной системой шин на стороне 6 кВ. Распределительное устройство СН 6 кВ в КТПБ выполнено при помощи шкафов КРУН (КРУ наружной установки).

Особенности построения первичных схем электрических соединений соответствующим образом сказываются на организации вторичных цепей. Так, например, в полуторной схеме вторичные цепи для индивидуальных выключателей присоединений и для выключателей, общих для двух присоединений, выполняются различно В РУ с двойной системой шин, где при оперативных переключениях требуется выполнять большое количество переключений с помощью разъединителей, необходимо иметь реле-повторители их положения.

На энергообъектах при оперативных переключениях в схемах первичных соединений (замене линейного выключателя обходным, выводе в ремонт одного из двух выключателей присоединения при общих выключателях на два присоединения и в других подобных случаях) возникает необходимость в соответствующих изменениях режима работы защит и автоматики. Это обстоятельство должно учитываться при построении вторичных цепей и в процессе эксплуатации.

Главная схема электрических соединений электростанций или подстанций влияет также на выбор видов защит и автоматики, которые необходимо иметь на энергообъекте. Так, например, при наличии сборных шин РУ последние должны иметь дифференциальную защиту и необходимые для этого весьма разветвленные вторичные цепи. Построение главных схем сказывается и на схемах измерений и других вторичных устройств.

Не представляя себе применяемых на электростанциях и подстанциях схем первичных соединений и их особенностей, нельзя правильно выполнить и эксплуатировать вторич-

ные устройства и их цепи. В последующих главах вторичные устройства рассматриваются на примере некоторых приведенных выше первичных схем электрических соединений.

ГЛАВА 2

СХЕМЫ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

2.1. НАЗНАЧЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЦЕПЕЙ

Ко вторичным цепям относятся все устройства и соединяющие их электрические цепи, предназначенные для:

- управления коммутационной аппаратурой, осуществления устройств блокировки, сигнализации и т. п.;

- измерений электрических параметров (тока, напряжения, мощности, энергии, частоты и пр.) основных элементов электрооборудования или линии электропередачи;

- контроля за заданным режимом работы и техническим состоянием оборудования;

- защиты электроустановок, отключающей поврежденное оборудование и сохраняющей в работе неповрежденное оборудование;

- противоаварийной автоматики;

- автоматизации электроустановок — синхронизации электрических систем при включении их на параллельную работу, автоматического повторного включения (АПВ) линий и шин, автоматического ввода резерва при выходе из строя рабочего оборудования (силового трансформатора, трансформатора СН, электродвигателя СН), автоматического регулирования частоты и возбуждения генераторов, напряжения, активной и реактивной мощности, автоматического управления охлаждением трансформаторов и обогревом шкафов наружной установки в зимнее время и др.

Приборы, измеряющие электрические параметры, и измерительные органы защиты и автоматики и их цепи подключаются к первичным цепям электроустановок через измерительные трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН). Основным назначением измерительных трансформаторов является преобразование значений первичного тока и напряжения в стандартизованные пониженные значения (1 и 5 А, 100 В) и отделение цепей и устройств защиты, автоматики, регулирования от цепей высокого напряжения, благодаря чему обеспечивается доступность и безопасность их обслуживания.

Для производства оперативных переключений с помощью выключателей, разъединителей, отделителей и других коммутационных и

регулирующих аппаратов, а также для возможности работы устройств защиты и автоматики необходим вспомогательный источник энергии — источник оперативного тока, с помощью которого осуществляется воздействие на их исполнительные органы (электромагниты включения и отключения выключателей, электродвигатели приводного механизма регулирования частоты вращения турбин и приводов разъединителей и т. д.). Оперативный ток используется также для питания цепей звуковых и световых сигналов, привлекающих внимание оперативного персонала при возникновении аварий и каких-либо неисправностей, и для питания цепей световых сигналов положения коммутационных аппаратов. Оперативный ток может быть постоянным, выпрямленным или переменным (см. гл. 5).

Все вторичные цепи в соответствии с их назначением подразделяются на три основных вида — токовые, напряжения и оперативные. Указанные цепи в комплексе (совместно) обеспечивают выполнение тех задач, о которых было сказано выше.

Выполнение вторичных цепей и их подключение к устройствам электроустановок осуществляется по чертежам-схемам электрических соединений вторичных цепей. По назначению схемы вторичных цепей делятся на принципиальные (полные) и схемы соединений (монтажные) (ГОСТ 2.701—76*). Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы установки. Монтажная схема соединений — схема, показывающая соединение составных частей установки и определяющая провода, жгуты, кабели, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода. Составление монтажных схем подробно рассматривается в гл. 6.

На принципиальной схеме изображают все электрические устройства, необходимые для осуществления и контроля в установке заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (разъемы, зажимы), которыми за-

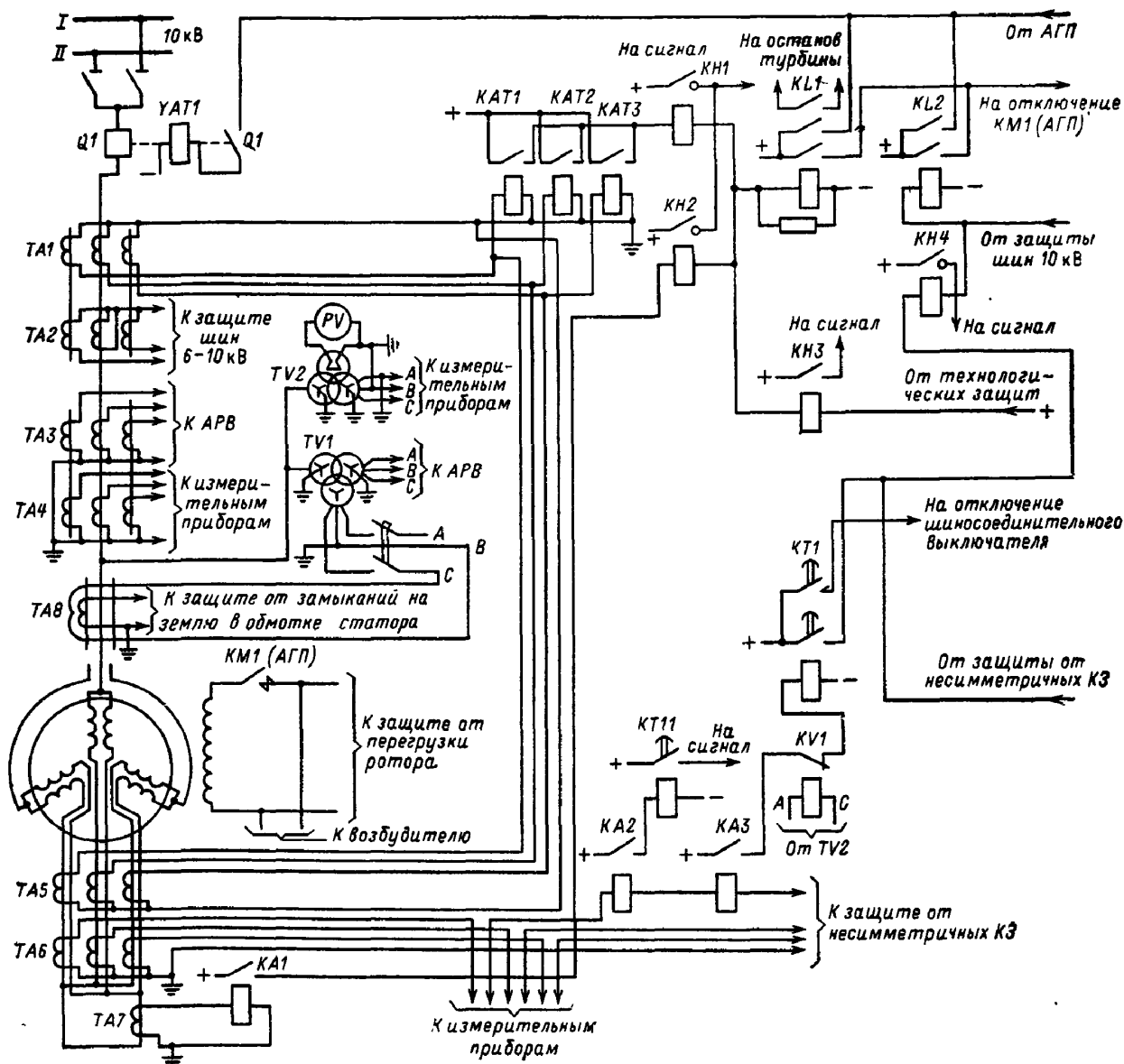


Рис. 2.1. Совмещенная принципиальная схема защиты турбогенератора

канчиваются входные и выходные цепи (ГОСТ 2.702—75*).

Схемы выполняют для установок, находящихся в отключенном состоянии. Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД. Элементы и устройства изображают на схемах совмещенным или разнесенным способом (совмещенные или развернутые схемы). В совмещенных схемах все приборы и аппараты изображаются в собранном виде со всеми относящимися к ним обмотками и контактами.

На рис. 2.1 в качестве примера приведена совмещенная принципиальная схема для тур-

богенератора, работающего непосредственно на шины генераторного напряжения. В схеме показаны:

токовые цепи от $TA1$ и $TA5$ к продольной дифференциальной защите генератора от внутренних повреждений, выполненной с помощью реле $KAT1—KAT3$; от $TA6$ к максимальной токовой защите генератора от трехфазных КЗ (реле $KA2$); от $TA7$ к поперечной дифференциальной защите генератора от замыканий между витками его обмоток (реле $KA1$); от специального трансформатора тока нулевой последовательности $TA8$ к защите генератора от замыканий на землю;

цепи напряжения от $TV2$ к реле минимального напряжения $KV1$ блокировки максимальной защиты (при удаленных КЗ);

цепи напряжения от обмотки ротора к реле максимального напряжения защиты ротора от перегрузки по току;

цепи оперативного постоянного тока, с помощью которых работают вспомогательные реле защиты (реле времени $KT1$, указательные реле $KH1$ — $KH4$ и промежуточные реле $KL1$, $KL2$) и обеспечивается подача сигналов на исполнительные органы, отключающие выключатели, предупреждающие персонал, и т. д. Так, например, реле $KL1$ подает оперативный постоянный ток на отключение (с помощью электромагнита отключения $YAT1$) выключателя $Q1$, на останов турбины, на отключение автомата гашения поля.

Кроме названных выше цепей на схеме показано, к каким измерительным трансформаторам должны быть подключены токовые цепи и цепи напряжения измерительных приборов, АРВ, защиты шин 6—10 кВ РУ генераторного напряжения (сами цепи на схеме не показаны). Следует обратить внимание, что на схеме применены ТТ (за исключением $TA7$ и $TA8$) и ТН с двумя вторичными обмотками, имеющими различные технические характеристики. Весьма важно правильно распределить между вторичными обмотками ТТ и ТН подключение вторичных устройств в соответствии с их функциями и требуемой точностью действия. На рис. 2.1 показаны не все защитные устройства генератора. При сложных схемах совмещенное изображение трудно читать. Намного нагляднее изображение тех же связей между аппаратами в развернутом виде.

В развернутых схемах приборы и аппараты расчленяются на составные элементы (катушки, контакты) и размещаются на чертеже в по-

рядке прохождения тока от полюса к полюсу, образуя отдельные цепи. Схема состоит из ряда цепей от «+» к «—», расположенных горизонтально или вертикально. В развернутых схемах легко проследить последовательность действия элементов схемы. Так как в развернутых схемах элементы аппаратов (обмотки, контакты одних и тех же реле) расположены не рядом, а в различных цепях, а все однотипные элементы (например, обмотки разных реле) изображаются одинаково — всем элементам одного аппарата присваиваются одинаковые обозначения.

На рис. 2.2 сопоставлены совмещенная схема максимальной токовой направленной защиты (рис. 2.2, а) и эта же схема (рис. 2.2, б) в развернутом изображении. В первом случае схема дает наглядное представление о том, как сочетаются первичные и вторичные цепи, во втором — выделение отдельных групп цепей упрощает их составление и пользование ими при выполнении монтажно-наладочных работ. Совмещенные схемы, как правило, не применяются.

В схеме применены токовые реле ($KA1$, $KA2$, $KA3$) и однофазные реле направления мощности ($KW1$, $KW2$, $KW3$). Токовые цепи этих реле подключены к ТТ линии, цепи напряжения — к шинкам U_A , U_B , U_C , питаемым от ТН.

Поскольку защита действует в качестве направленной (т. е. реагирует на повреждения в сети при потоке мощности только в заданном направлении), то для ее срабатывания необходимо одновременное замыкание контактов указанных реле (одноименной фазы). При этом плюс постоянного оперативного тока подается на реле времени $KT1$, которое, замыкая свой контакт (с задержкой по времени), подводит через указательное реле $KH1$ и вспомо-

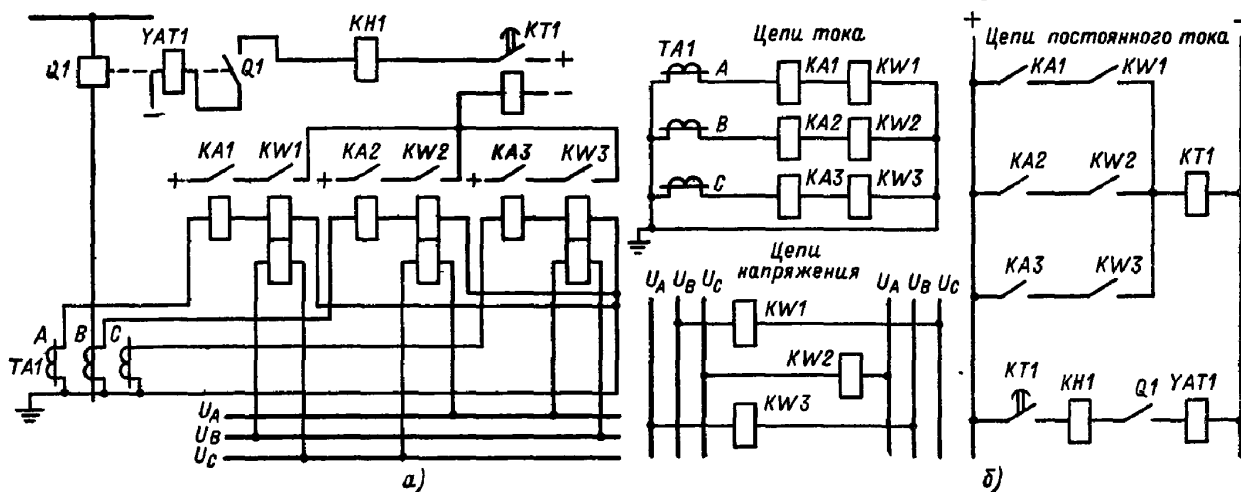


Рис. 2.2 Схема максимальной направленной защиты.
а — совмещенная схема; б — развернутая схема вторичных цепей

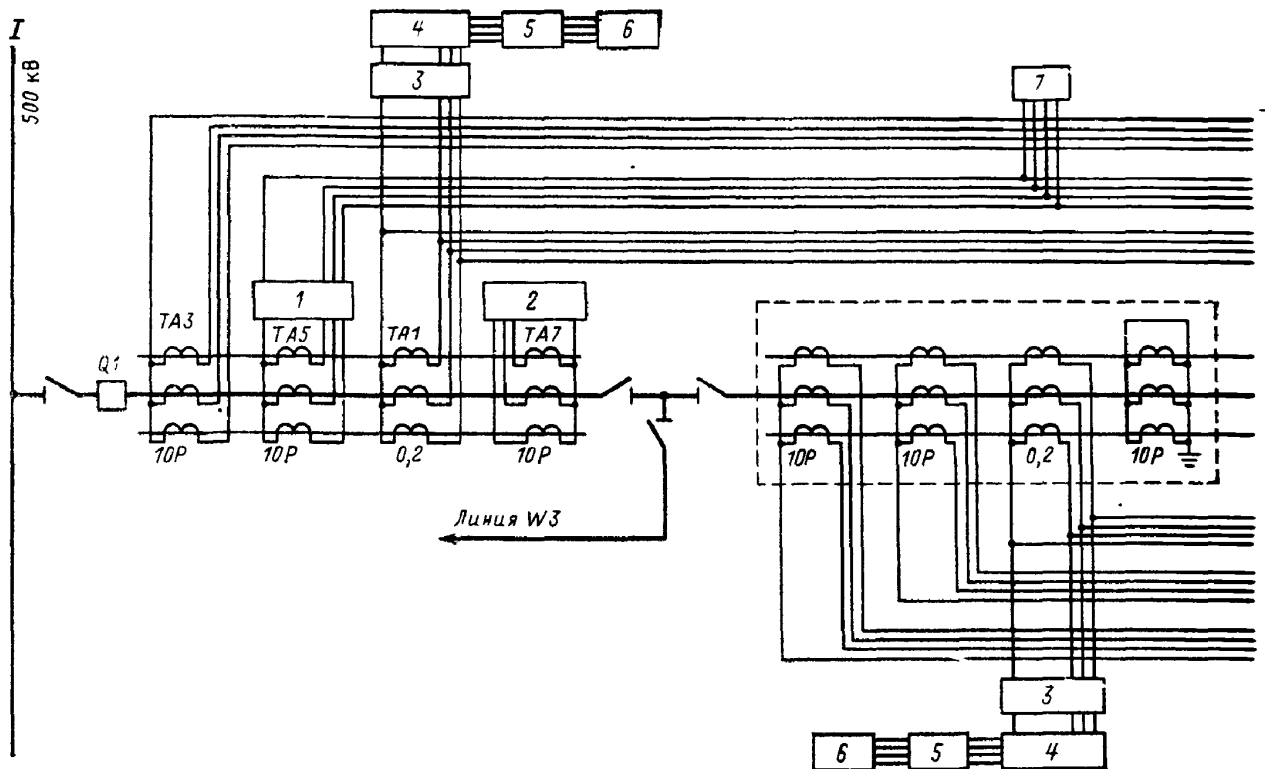


Рис. 2.3. Схема распределения защит, автоматики и измерительных приборов по сердечникам ТТ для линии 330 кВ. 1 — устройство резервирования отказа выключателей (УРОВ) и противоаварийная автоматика линий, 2 — дифференциальная защита, 3 — резервные защиты и противоаварийная автоматика; 4 — основная защита; 5 — однофазное АПВ (ОАПВ); 6 — телеизмерение; 7 — резервные защиты и противоаварийная автоматика.

гательный контакт выключателя $Q1$ плюс к электромагниту отключения $YAT1$ выключателя.

В развернутых схемах той же защиты, показанных на рис. 2.2, б, отдельно выделены: цепи тока, подключенные к трансформаторам тока и проходящие через обмотки реле $KA1$, $KA2$, $KA3$ и $KW1$, $KW2$, $KW3$ и цепи напряжения, подключенные к обмоткам $KW1$ (от шин U_B , U_C), $KW2$ (от шин U_C , U_A), $KW3$ (от шин U_A , U_B).

Оперативный постоянный ток, цепи которого проходят через контакты реле $KA1$ и $KW1$ ($KA2$ и $KW2$, $KA3$ и $KW3$), приводит при замыкании последних в действие реле времени $KT1$ (с замедлением при замыкании своих контактов), которое в свою очередь, как уже указывалось, воздействует на электромагнит отключения $YAT1$ выключателя. При рассмотрении данной развернутой схемы следует учитывать, что ТТ, ТН, вспомогательный контакт выключателя $Q1$, электромагнит отключения $YAT1$ находятся в распределительном устройстве, а все реле — на релейном щите.

Условные графические обозначения для изображения на схемах обмоток реле однотипны. В изображении контактов учитывается их назначение: замыкающие или размыкающие,

а также наличие выдержки времени при их срабатывании или возврате в исходное положение.

2.2. ТОКОВЫЕ ЦЕПИ

Токковые цепи (идущие от трансформаторов тока) служат для питания:

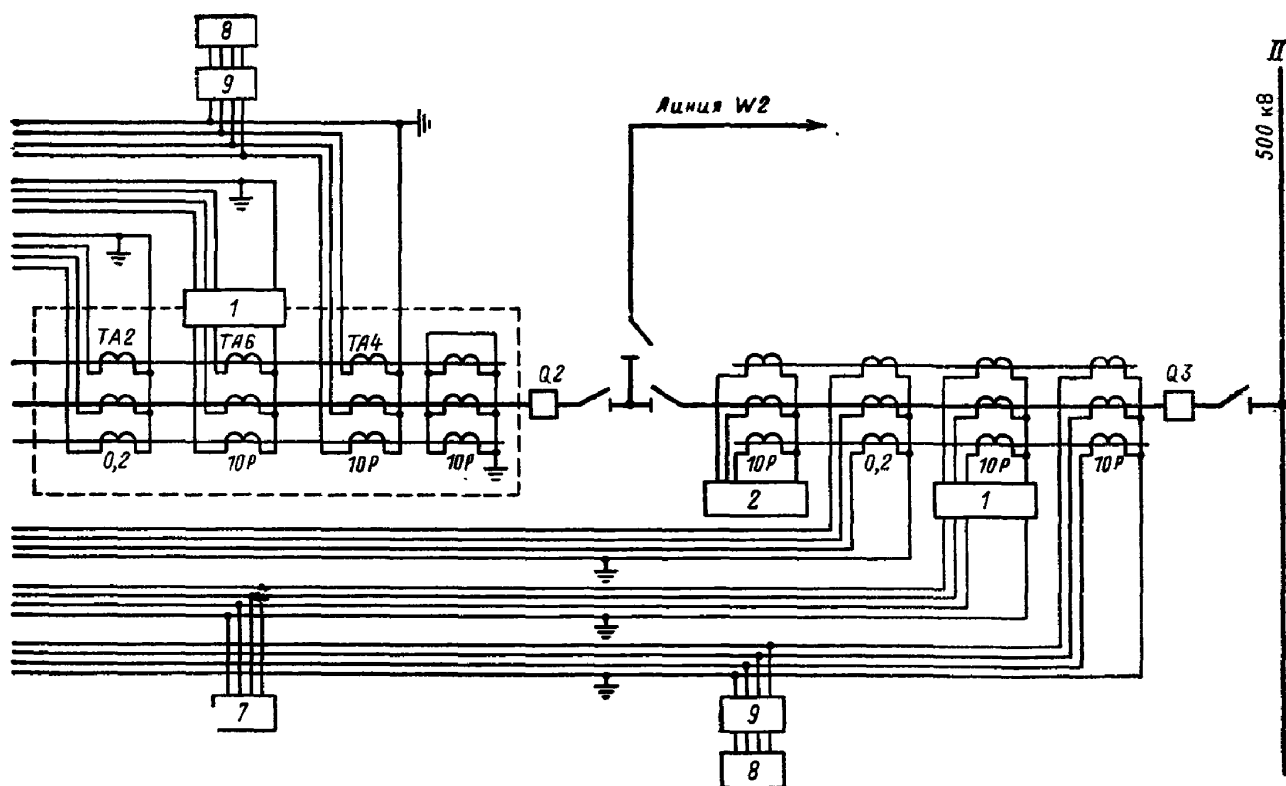
измерительных приборов (показывающих и регистрирующих) — амперметров, ваттметров и варметров; счетчиков активной и реактивной энергии, телеизмерительных устройств, осциллографов и др.;

токовых органов релейной защиты — максимальной токовой, дифференциальной, дистанционной, защиты от замыкания на землю, устройств резервирования отказа выключателей (УРОВ) и др.;

автоматических устройств, автоматического регулирования возбуждения (АРВ) генераторов и синхронных компенсаторов, регулирования перетоков мощности, противоаварийной автоматики и т. д.;

некоторых устройств блокировки, сигнализации и др.;

устройств преобразования переменного тока в постоянный, применяемых в качестве источников оперативного тока (см. гл. 5).



или 500 кВ на подстанции с полуторной схемой.

защита шин; 3 — счетчики; 4 — измерительные приборы (амперметры, ваттметры, варметры); 5 — противоаварийная автоматика;

При построении токовых цепей руководствуются следующим. Все устройства присоединения могут подключаться в зависимости от их количества, протяженности токовых цепей, потребляемой ими мощности и требуемой точности к одному (в фазе) ТТ (одной вторичной обмотке) или к нескольким ТТ (или отдельным вторичным обмоткам).

Устройства, получающие питание от ТТ одной фазы, подключаются к его вторичной обмотке последовательно и должны составлять с соединительными цепями замкнутый контур. Размыкание цепи вторичной обмотки ТТ при наличии тока в его первичной цепи недопустимо, так как оно будет сопровождаться значительным повышением напряжения на выводах вторичной обмотки (до нескольких киловольт), что опасно для обслуживающего персонала и, как правило, приводит к пробое изоляции вторичной обмотки или ее цепи. В связи с этим в токовых цепях нельзя ставить автоматические выключатели, рубильники и предохранители.

В цепях вторичных обмоток ТТ предусматривается защитное заземление для обеспечения безопасности персонала в случае повреждения ТТ при перекрытии изоляции между первичной и вторичной обмотками. Заземление во вторичных цепях ТТ должно предусматривать-

ся в одной точке на ближайшей от ТТ сборке зажимов либо на зажимах ТТ.

Для защит, объединяющих несколько комплектов ТТ, заземление цепей производится также в одной точке; в этом случае допускается заземление через пробивной предохранитель с пробивным напряжением не выше 1 кВ, с шунтирующим сопротивлением 100 Ом для снятия статического заряда.

Иллюстрацией выполнения цепей ТТ может служить рис. 2.3, где для первичной полуторной схемы электрических соединений показано подключение токовых цепей приборов измерения и устройств защиты и автоматики к ТТ. При этом учитывается подключение каждой из линий в схеме через два выключателя, причем выключатель Q2 является общим для двух линий. Поэтому вторичные токи (от ТТ, например, TA5 и TA6 и т. д.), подводимые к реле и приборам, суммируются (за исключением дифференциальной защиты шин и УРОВ), а ТТ в цепи Q2 используются для обеих линий. Необходимо иметь в виду, что обозначенные в квадратах рисунка устройства защиты. ОАПВ и другие устройства состоят не из одного, а из нескольких реле и аппаратов, связанных между собой электрическими цепями. Так, например (рис. 2.4), для линий, перетоки мощности

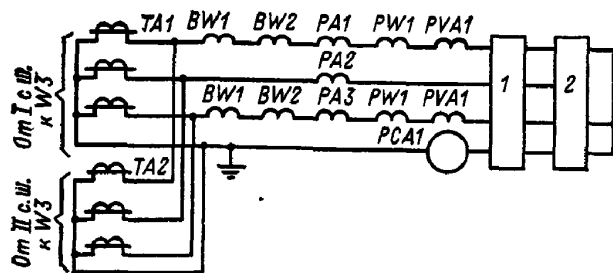


Рис. 24. Схема токовых цепей для линии 330 или 500 кВ, подключенной через два выключателя

по которым могут менять свое направление, используются два счетчика со стопорами для измерения активной энергии, один из которых *BW1* учитывает передаваемую энергию только в одном направлении, а другой *BW2* — в обратном. Затем вторичные токовые цепи проходят через амперметры *PA1*, *PA2*, *PA3*, ваттметр *PW1* и варметр *PVA1*, приборы противоаварийной автоматики, осциллограф *1* и аппаратуру телеизмерения *2*. В нулевой провод включается фиксирующий амперметр *PCA1*, с помощью которого определяется место повреждения на линии. Из отдельных элементов (разных реле, автоматических устройств и других аппаратов), связанных между собой перемычками, состоят комплекты дифференциальной защиты шин, противоаварийной автоматики, ОАПВ, основной и резервной защит линий и т. д.

Отдельные комплекты приборов в реальных условиях подключаются к токовым цепям через специальные измерительные зажимы и испытательные блоки (см. гл. 6), при помощи которых можно включать контрольные приборы для проверки устройств защиты, измерения и других цепей, без отключения их цепи, отключать устройства, предварительно закоротив токовые цепи (зажимы и испытательные блоки на рис. 2.3 и 2.4 не показаны).

Следует также обратить внимание на то, что в схеме рис. 2.3 применены ТТ с четырьмя вторичными обмотками с требуемым классом точности (10Р — для защиты и автоматики и 0,2 — для учета и измерения). Наличие четырех вторичных обмоток у ТТ позволяет правильно распределить между ними вторичную нагрузку в соответствии с требуемым классом точности.

На рис. 2.5 показаны токовые цепи дифференциальной защиты шин. Вторичные цепи ТТ линий *W1*, *W3* и *W5*, отходящих от I системы шин, или *W2*, *W4* и *W6*, отходящих от II системы шин (системы шин на рисунке не показаны), и автотрансформатора *T1* (или *T2*) проходят через свои испытательные блоки, затем

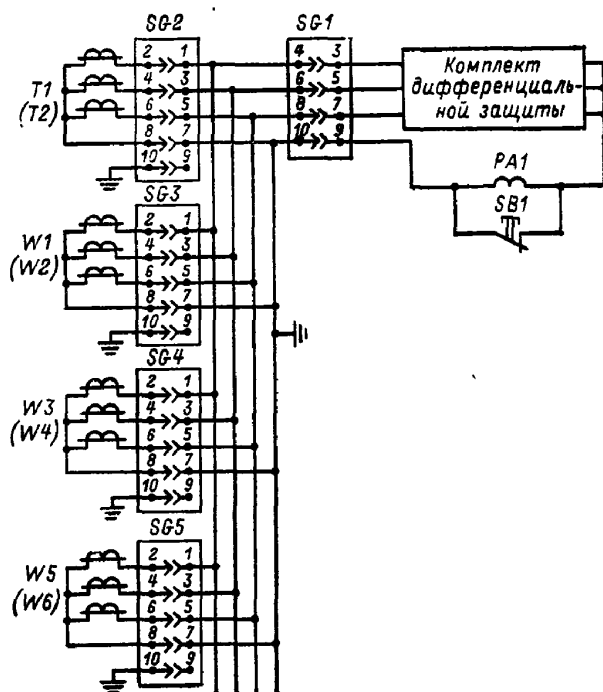


Рис. 2.5. Схема токовых цепей дифференциальной защиты шин 330 или 500 кВ

объединяются и через испытательный блок *SG1* подключаются к токовым реле дифференциальной защиты.

В случае, когда какие-либо присоединения не находятся в работе (производится ремонт или ревизия), с соответствующих испытательных блоков снимаются рабочие крышки, в результате чего цепи ТТ замыкаются накоротко и заземляются, а цепи, идущие к реле защиты, разрываются. При выводе дифференциальной защиты шин из работы снимается рабочая крышка испытательного блока *SG1* и при помощи этого закорачиваются все токовые цепи дифференциальной защиты I или II системы шин, а также отключается питание от цепей оперативного постоянного тока защиты (на схеме последние не показаны). В схеме дифференциальной защиты предусмотрен миллиамперметр *PA1*, включенный в нулевой провод ТТ, с помощью которого при нажатии кнопки *SB1* оперативный персонал периодически проверяет ток небаланса защиты, что необходимо для предупреждения ее ложного срабатывания.

2.3. ЦЕПИ НАПРЯЖЕНИЯ

Цепи напряжения (идущие от трансформаторов напряжения) служат для питания измерительных приборов (показывающих и