

001-2  
Р-85.

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ

*Руководящие*  
**З**АЩИТА ШИН

**6-220 КВ**

**СТАНЦИЙ**

**И ПОДСТАНЦИЙ**

**3**

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

# РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ

ВЫПУСК 3

## ЗАЩИТА ШИН 6—220 кВ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

*(СОСТАВЛЕНО ВСЕСОЮЗНЫМ ГОСУДАРСТВЕННЫМ  
ПРОЕКТНЫМ ИНСТИТУТОМ „ТЕПЛОЭЛЕКТРОПРОЕКТ“ МСЭС)*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА 1961 ЛЕНИНГРАД

В данном выпуске Руководящих указаний по релейной защите рассмотрены схемы защит шин 6—220 кВ станций и подстанций и способы расчета этих защит.

В выпуске учтены директивные материалы Союзглавэнерго (гл. специалист-электрик П. И. Устинов), отзывы энергетических систем и проектных организаций, а также решения, принятые на совещаниях МОНТОЭП и Комиссией дальних передач при ЭНИН АН СССР совещаниях представителей энергетических систем и других организаций (в декабре 1957 г. и марте 1960 г.).

Схемы даны на постоянном оперативном токе.

В схемах использовано как выпускаемое промышленностью оборудование, так и намечаемое к выпуску в ближайшее время.

Данный выпуск Руководящих указаний разработан институтом «Теплоэлектропроект» (гл. электрик А. Б. Крикунчик) — группой типовых работ Отдела релейной защиты, автоматики, телемеханики и устойчивости (ОРЗАТУ): гл. инженер проекта А. Б. Чернин, руководители групп Б. Я. Смелянская и Т. Н. Дороднова, ст. инж. А. Н. Кожин под общим руководством А. М. Федосеева.

В процессе разработки данного выпуска Руководящих указаний в обсуждении и принятии решений по отдельным вопросам в ОРЗАТУ ТЭП принимали участие работники сектора релейной защиты и автоматики (нач. сектора В. М. Ермоленко, гл. инженер проекта Н. Е. Рибель) и релейной лаборатории (руководитель лаборатории С. Я. Петров).

Много ценных соображений и рекомендаций по данному выпуску дали отдельные работники ряда организаций Е. Д. Зейлидзон (Союзглавэнерго), Н. В. Виноградов и В. А. Семенов (Мосэнерго), О. Л. Рывкин (Ленэнерго), В. И. Дорофеев и М. И. Песочин (Днепроэнерго), Е. С. Габа (Донбассэнерго), Б. А. Хомутов (Новосибирскэнерго), М. А. Беркович и А. Б. Барзам (ОДУ ЕЭС), И. Н. Александров (Белорусэнерго), Г. Ф. Дolidзе (Грузэнерго), В. А. Сатаров и Н. С. Кобыкова (Мосэнергопроект), Д. И. Веприк (ЛейТЭП), С. М. Будницкий (МОТЭП) и др.

6П2.13 Руководящие указания по релейной защите. Вып. 3. Защита шин  
Р 84 6—220 кВ станций и подстанций. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961. с черт. и табл.

6П2.13

Редактор *Т. Н. Дороднова*Техн. редактор *Н. И. Борунов*

Сдано в набор 11/VIII 1961 г.

Подписано к печати 1/XII 1961 г.

Т-13178.

Бумага 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

7,38 печ. л.

Уч.-изд. л. 9,6.

Гираж 23 500 экз.

Цена 48 коп.

Зак. 503

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

---

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Последнее издание Руководящих указаний по релейной защите (ч. II и III— типовые примеры схем и расчетов), выпущенное в 1948 г. в качестве дополнения к директивной части Руководящих указаний 1945 г., в настоящее время устарело и не соответствует действующим директивным материалам по релейной защите (разд. III «Защита и автоматика» Правил устройства электроустановок [ПУЭ] изд. 1957 г., решения, эксплуатационные и противоаварийные циркуляры).

Практика проектирования и эксплуатации релейной защиты в последние годы показала, что содержащиеся в Правилах устройства электроустановок общие указания недостаточны для унификации и распространения наиболее передовых решений. В частности, отсутствуют конкретные примеры рекомендуемых схем, что приводит к чрезмерному и необоснованному разнообразию исполнения устройств релейной защиты, в том числе и неоправданно сложных.

Руководящие указания по релейной защите подготовлены Институтом «Теплоэлектропроект» и утверждены Главэнергопроектом Министерства строительства электростанций и Главным энергетическим управлением при Госплане СССР (Союзглавэнерго).

Настоящие Руководящие указания в основном соответствуют разд. III «Защита и автоматика» ПУЭ изд. 1957 г. и директивным материалам. Однако не исключена возможность временных расхождений между Руководящими указаниями и этими документами, которые будут изданы в дальнейшем. В таких случаях обязательными являются Правила и директивные материалы.

Руководящие указания являются рекомендуемыми материалами, которым должны следовать как проектные, так и эксплуатирующие организации с целью максимального применения типовых решений, удешевления и ускорения строительства электроустановок, внедрения в эксплуатацию наиболее совершенных и проверенных опытом решений. Отступления от соответствующих решений, приведенных в Руководящих указаниях, допускаются в тех случаях, когда это обосновано конкретными местными условиями, а также для ранее запроектированных, монтируемых или действующих устройств, если эти отступления не ведут к серьезным эксплуатационным недостаткам и не противоречат принципиальному направлению Руководящих указаний.

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Глава первая. Схемы защиты шин 35—220 кВ станций и подстанций . . . . .	5
Глава вторая. Схемы защиты, устанавливаемой на обходном, шиносоединительном и секционном выключателях 35—220 кВ . . . . .	22
Глава третья. Схемы защиты шин генераторного напряжения станций . . . . .	28
Глава четвертая. Схемы защиты шин 6—10 кВ подстанций . . . . .	47
Глава пятая. Расчет дифференциальной токовой защиты шин 35—220 кВ станций и подстанций . . . . .	49
Глава шестая. Расчет защиты шин генераторного напряжения . . . . .	55
<i>Приложение I.</i> Способы опробования систем шин 35—220 кВ . . . . .	65
<i>Приложение II.</i> Применение в схемах защиты шин трехфазного реле тока типа ЭТ-523/Р . . . . .	65
<i>Приложение III.</i> Выполнение цепей напряжения защит, питаемых от трансформаторов напряжения, установленных на шинах 6—220 кВ станций и подстанций . . . . .	67
<i>Приложение IV.</i> Двухступенчатая дистанционная защита на обходном выключателе 110—220 кВ (рис. 11) . . . . .	68
<i>Приложение V.</i> Проверка нагрузки на трансформаторы тока питаемых линий и на промежуточные трансформаторы тока, включенные в схему неполной дифференциальной защиты шин генераторного напряжения . . . . .	69

## ГЛАВА ПЕРВАЯ

# СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ШИН 35—220 кВ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

В настоящей главе рассмотрены типовые схемы специальной защиты шин станций и подстанций напряжением 110—220 кВ в сетях с большим током замыкания на землю и напряжением 35 кВ в сетях с малым током замыкания на землю. Защита выполнена в виде дифференциальной токовой с циркулирующими токами, без выдержки времени и охватывает все элементы, присоединенные к секции или системе шин.

Схемы на рис. 1, 2 и 3 даны для двойной системы шин 110—220 кВ с фиксированным распределением элементов при наличии обходного и шинносоединительного выключателей.

Схема на рис. 4 дана для двойной системы шин 110—220 кВ с фиксированным распределением элементов при использовании обходного выключателя в качестве шинносоединительного.

Схема на рис. 5 дана для двойной системы шин 110—220 кВ при нормальной работе на одной из систем шин.

Схема на рис. 6 дана для одиночной секционированной системы шин 110—220 кВ при наличии обходного выключателя.

Схема на рис. 7 дана для двойной системы шин 35 кВ с фиксированным распределением элементов.

Схема на рис. 8 дана для одиночной секционированной системы шин 35 кВ.

### А. ПРИНЦИПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ

1. Для двойной системы шин при одновременной работе на обеих системах шин схемы защиты даны в исполнении для фиксированного распределения элементов и содержат избирательные органы каждой из систем шин и общий пусковой орган (рис. 1—4 и 7).

2. Схемы на рис. 1—8 выполнены с использованием реле тока типа РНТ, содержащих насыщающиеся трансформаторы.

3. Схемы защиты шин 110—220 кВ имеют трехфазное трехсистемное исполнение, 35 кВ—двухфазное двухсистемное; в последнем случае трансформаторы тока предусматриваются в фазах А и С в предположении, что в тех же фазах установлены трансформаторы тока для защит других элементов сети 35 кВ.

4. Схемы на рис. 1, 2 и 4—8 даны для случая, когда коэффициенты трансформации трансформаторов тока всех присоединений одинаковы. Схема на рис. 3 дана для случая использования для защиты шин трансформаторов тока с разными коэффициентами трансформации.

5. Схемы на рис. 1—4 и 6—8 применимы как при отсутствии, так и при наличии параллельных линий, разведенных на разные системы или секции шин и оборудованных поперечной дифференциальной защитой.

В последнем случае предполагается, что поперечная дифференциальная защита параллельных линий выпол-

нена таким образом, что она не успевает срабатывать неправильно за время отключения коротких замыканий на шинах дифференциальной защитой последних при наличии разброса во временах отключения выключателей параллельных линий и шинносоединительного или секционного выключателя.

Случаи возможного неправильного действия поперечной дифференциальной защиты параллельных линий при коротком замыкании на шинах иллюстрируются на рис. 9. Так, при коротком замыкании на I системе шин рассматриваемой подстанции Б (рис. 9,а) и отключении защитой шин выключателя линии ЗВ раньше шинносоединительного выключателя 5В может успеть до отключения выключателя 5В неправильно сработать поперечная дифференциальная защита противоположного конца линий на подстанции А, отключая выключатель 2В.

При отключении в том же случае выключателя 5В раньше выключателя ЗВ ток  $I_{II}$  будет больше тока  $I_{II}$  при одинаковом или противоположном их направлении (рис. 9,б). В результате может неправильно сработать поперечная дифференциальная защита приемного конца линий на подстанции Б, отключая выключатель 4В.

При современных быстродействующих выключателях с  $t_{откл} \leq 0,1$  сек отстройка поперечной дифференциальной защиты от указанных повреждений обеспечивается достаточно надежно при обычном ее выполнении с выходными промежуточными реле с замедлением на срабатывание в соответствии с требованием отстройки от действия разрядников. При медленно действующих выключателях элементов, подключенных к шинам, может потребоваться увеличение времени срабатывания поперечной дифференциальной защиты параллельных линий для перекрытия разброса во временах отключения выключателей параллельных линий и шинносоединительного или секционного выключателя.

6. В схемах, приведенных на рис. 1—8, от защиты шин должны отключаться питающие элементы, параллельные линии, разведенные на разные системы или секции шин, и трансформаторы подстанций, имеющие связь на сторонах смежных напряжений.

7. При выполнении схем принимается, что после отключения секции или системы шин в случае их повреждения первым от устройства АПВ включается один из питающих элементов (линии, трансформатор, шинносоединительный или секционный выключатель) и при успешном действии АПВ производится последующее, возможно более полное автоматическое восстановление схемы доаварийного режима путем включения других элементов.

В тех случаях, когда на неустранявшееся короткое замыкание на шинах первыми от устройства АПВ включаются питающая линия или трансформатор, защита шин может оказаться нечувствительной к указанному повреждению. При этом, если первой включается питающая линия и с точки зрения сохранения устойчивости

системы недопустима ликвидация повреждения защитой с выдержкой времени этой линии, следует дополнительно предусмотреть чувствительную защиту, обеспечивающую быструю ликвидацию повреждения в указанном режиме, или мероприятия, разрешающие отключать короткое замыкание основной защите линии (например, снятие блокирующего импульса с высокочастотной защиты линии). Если же первым включается трансформатор, его защита от внешних коротких замыканий должна выполняться с ускорением после АПВ.

В качестве примера на рис. 2 приведена схема дифференциальной токовой защиты шин с фиксированным распределением элементов, содержащая дополнительную чувствительную токовую защиту для действия при неуспешном АПВ шин, применительно к случаю, когда первой включается одна из питающих линий.

Для возможности осуществления в отдельных случаях АПВ не всех элементов в выходных цепях защиты шин предусматриваются контакты для исключения АПВ тех или иных элементов при коротком замыкании на шинах.

8. Схемы защиты шин, приведенные на рис. 2 и 8, предусмотрены для случая использования трансформаторов тока, встроенных в выключатель, а схемы на рис. 1 и 3—7 — для случая использования выносных трансформаторов тока или трансформаторов тока, встроенных в силовые трансформаторы (автотрансформаторы); при этом в схемах предусмотрены реле РНТ-562 в предположении применения трансформаторов тока с вторичным током 5 а.

Следует отметить, что в ряде случаев в целях снижения нагрузки на трансформаторы тока (например, при большой протяженности вторичных цепей дифференциальной защиты шин) может оказаться целесообразным применение трансформаторов тока с вторичным током 1 а; при этом в рассматриваемых схемах взамен реле РНТ-562 будут использованы реле РНТ-563.

9. Для ликвидации коротких замыканий, сопровождающихся отказом выключателя, примыкающего к рассматриваемым шинам, в ряде случаев целесообразно применять специальное устройство резервирования. Применение этого устройства обеспечивает ускорение отключения повреждения, а также ликвидацию его отключением минимального числа элементов.

Устройство резервирования отказа выключателей в общем случае выполняет следующие функции:

а) при коротком замыкании на шинах и отказе выключателя трансформатора — действует на отключение всех выключателей трансформатора (в случае, когда защита шин не действует на отключение всех выключателей трансформатора);

б) при коротком замыкании на шинах и отказе выключателя линии, оборудованной высокочастотной защитой, — может действовать на снятие высокочастотного блокирующего импульса;

в) при коротком замыкании на линии или в трансформаторе и отказе их выключателя — действует на отключение всех выключателей, примыкающих к данной системе или секции шин;

г) при коротком замыкании на одной из систем (секций) шин и отказе шинно соединительного (секционного) выключателя — действует на отключение всех выключателей, примыкающих к неповрежденной системе (секции) шин.

При применении выносных или встроенных в силовые трансформаторы (автотрансформаторы) трансформаторов тока указанное устройство используется также для ликвидации коротких замыканий в зонах между трансформаторами тока и выключателями, если эти повреждения не отключаются основными защитами.

Следует отметить, что трансформаторы тока дифференциальной защиты шин не используются для присоединения токовых цепей устройства резервирования

отказа выключателей в предположении, что цепи трансформаторов тока этой защиты объединяются в распределительном устройстве (п. 12).

Подробно вопросы резервирования отказа выключателей будут рассмотрены дополнительно.

Схемы, приведенные на рис. 1, 3 и 4, содержат цепи взаимодействия защиты шин с устройством резервирования, выполненным для действия во всех указанных выше случаях.

10. В схемах, приведенных на рис. 6 и 7, в которых не предполагается применение устройства резервирования отказа выключателей, для обеспечения быстрой ликвидации повреждения в зоне между шинно соединительным (рис. 7) или секционным (рис. 6) выключателем и выносными трансформаторами тока предусмотрено дополнительное защитное устройство (реле тока, реле времени и указательное реле).

Такое выполнение схемы может потребоваться как для ускорения ликвидации короткого замыкания, так и для предотвращения отключения выключателей с противоположных концов линий, имеющих ответвления. При отсутствии линий с ответвлениями указание дополнительное защитное устройство может не предусматриваться в тех случаях, когда по времени допустимо отключать рассматриваемое повреждение резервными защитами элементов, подключенных к шинам.

Ввиду объединения цепей отдельных элементов дифференциальной защиты шин в распределительном устройстве (п. 12) реле тока рассматриваемого защитного устройства присоединяется к отдельному сердечнику трансформаторов тока в цепи шинно соединительного (секционного) выключателя, а не к используемому для защиты шин.

11. В схемах защит двойной системы шин (рис. 1—5 и 7) и одиночной системы шин при наличии обходного выключателя (рис. 6) предусмотрено специальное устройство опробования обеих систем шин и обходной системы шин, замедляющее отключение выключателей подключенных к шинам элементов при опробовании шин подачей напряжения шинно соединительным или обходным выключателем и обеспечивающее отключение последних от защиты шин без выдержки времени. Замедление должно быть больше суммы времени действия защиты шин и отключения выключателя.

Такое выполнение защиты шин, обеспечивающее возможность ликвидации его повреждений на опробуемой системе шин, как показано в приложении I применительно к случаю опробования шинно соединительным выключателем, более желательно, чем использование для этой цели отдельной защиты на рассматриваемом выключателе.

12. Схемы на рис. 1, 2 и 4—8 выполнены в предположении, что цепи отдельных элементов дифференциальной защиты шин собираются в распределительном устройстве, а реле защиты устанавливаются в помещении щита управления. При этом целесообразно собирать в распределительном устройстве и цепи к дифференциальной защите шин от трансформаторов тока обходного и шинно соединительного выключателей.

При таком выполнении схем уменьшается нагрузка на трансформаторы тока, что позволяет использовать для осуществления защиты шин вспомогательный провод меньшего сечения.

Для обеспечения указанного испытательные блоки, предусматриваемые в цепях обходного выключателя и шинно соединительного выключателя при отсутствии обходного (п. 16), должны устанавливаться в распределительном устройстве, например в специальном шкафу на подстанции (согласно данным завода «Электропуль» испытательные блоки БИ-4 и БИ-6 могут устанавливаться и эксплуатироваться на щитах в неотключаемом помещении и в шкафах на открытой подстан-

ции при условии их защиты от непосредственного попадания влаги).

На рис. 10 дан пример токораспределения в схеме дифференциальной токовой защиты шин с фиксированным распределением элементов при внешнем коротком замыкании на элементе, выключатель 6В которого заменен обходным выключателем 1В, в случае, когда испытательный блок 8БИ в цепи обходного выключателя установлен на шите управления, а не в распределительном устройстве. При этом предполагается, что рассматривается случай, когда ток внешнего короткого замыкания максимален.

Из рис. 10 следует, что трансформатор тока 9ТТ в цепи обходного выключателя, который в рассматриваемом режиме, являющемся для него расчетным, должен удовлетворять кривым допустимых кратностей при 10% погрешности (гл. 5), имеет большую нагрузку, обусловленную сопротивлением обтекаемого током поврежденного вспомогательного провода от трансформатора тока 9ТТ до шита управления. При этом для обеспечения работы трансформатора тока 9ТТ с погрешностями, не превышающими 10%, может потребоваться применение вспомогательного провода большого сечения.

13. Для схемы защиты шин с использованием трансформаторов тока с разными коэффициентами трансформации (рис. 3) в случае установки реле защиты в помещении шита управления не представляется возможным собирать все цепи защиты в распределительном устройстве (как в схемах на рис. 1, 2 и 4—8). В связи с этим при внешнем коротком замыкании вторичные цепи, соединяющие трансформаторы тока с избирательными органами, могут обтекаться большими токами, обуславливающими значительную нагрузку на трансформаторы тока защиты, что может потребовать применения вспомогательного провода большого сечения.

Для предотвращения указанного может оказаться необходимым применение трансформаторов тока с вторичным током 1 а (п. 8) или установка реле защиты шин в специальном помещении в распределительном устройстве.

14. В схемах дифференциальной защиты двойной системы шин с фиксированным распределением элементов при объединении цепей защиты в распределительном устройстве (рис. 1, 2, 4 и 7) в целях снижения нагрузки на трансформаторы тока в режиме работы при нарушении фиксации предусматривается рубильник для шунтирования цепей переменного тока избирательных органов в этом режиме, устанавливаемый в распределительном устройстве.

На рис. 11 дан пример токораспределения в схеме защиты шин при нарушении фиксации (переводе всех элементов на одну систему шин) и внешнем коротком замыкании на одном из элементов для случая, когда указанный рубильник (показанный пунктиром) отсутствует. Из рис. 11 следует, что для обеспечения работы трансформатора тока 10ТТ с погрешностями, не превышающими 10%, могло бы потребоваться применение вспомогательного провода большого сечения.

15. В схемах на рис. 1—8 предусмотрено устройство контроля исправности вторичных цепей трансформаторов тока защиты, выполненное с помощью реле тока в нулевом проводе защиты. Устройство контроля действует с выдержкой времени на сигнал и выведение защиты. Выходное промежуточное реле устройства в целях повышения надежности выполнено с самоудерживанием, снимаемым кнопкой.

В дополнение к указанному устройству в нулевом проводе защиты предусмотрен нормально шунтируемый миллиамперметр с двумя пределами измерений: 0—500 и 0—50 ма.

Предел 0—500 ма необходим для контроля целостности фазных проводов трансформаторов тока элементов, присоединенных к шинам, а предел 0—50 ма —

для контроля целостности нулевого провода защиты шин, осуществляемого путем периодического замера тока небаланса в нулевом проводе.

16. В дифференциальных цепях защиты шин (рис. 1—8) предусмотрены испытательные блоки, предназначенные для удобства замера токов небаланса в указанных цепях.

Кроме того, испытательные блоки предусмотрены в цепях обходного выключателя (рис. 1—4 и 6) и шинно-соединительного выключателя при отсутствии обходного (рис. 5 и 7) для переключений в цепях защиты при замене выключателя одного из присоединений обходным или шинно-соединительным выключателем.

Испытательные блоки в цепи шинно-соединительного выключателя при наличии обходного выключателя (рис. 1—3) не предусмотрены, поскольку необходимость переключения в его цепях возникает относительно редко (эти переключения могут быть выполнены на зажимах), а также в целях экономии места в специальном шкафу для сборки цепей дифференциальной защиты в распределительном устройстве, где предполагается установка испытательных блоков в цепи обходного выключателя.

17. В схемах, приведенных на рис. 1—8, установка отключающих устройств предполагается в выходных цепях защиты шин для следующих элементов:

а) обходного и шинно-соединительного выключателей ввиду необходимости частых манипуляций с ними;

б) питающих элементов, для которых возможен режим работы без питания с противоположной стороны, когда нежелательно их отключение при повреждении на шинах;

в) параллельно включенных элементов (линий, трансформаторов понизительных подстанций), имеющих питание только со стороны защищаемых шин, с учетом возможности работы одного из этих элементов, подключения их к одной системе шин или перевода на раздельную работу, когда нежелательно их отключение при повреждении на шинах.

18. Указательные реле предусмотрены в цепях защиты каждой системы (секции) шин и в цепях отключения шинно-соединительного и обходного выключателей. Типы указательных реле даны в схемах для напряжения постоянного оперативного тока 220 в.

Для контроля срабатывания выходных промежуточных реле последние предусматриваются со встроенным указателем срабатывания (реле типа РП-24).

19. Импульсы от защиты шин на отключение выключателей присоединенных к шинам трансформаторов и блоков генератор — трансформатор показаны в схемах условно. Действие защиты шин только на отключение выключателя указанных элементов, притыкающего к шинам, или на выходное промежуточное реле их защит определяется возможностью сохранения в работе этих элементов после действия защиты шин (например, трехобмоточного трансформатора с двух- или трехсторонним питанием, блока генератор — двух-обмоточный трансформатор с ответвлением на собственные нужды и др.).

## Б. ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ

Схема дифференциальной токовой защиты двойной системы шин 110—220 кВ с фиксированным распределением элементов при наличии обходного и шинно-соединительного выключателей, вариант 1 (рис. 1)

1. Схема дана для случая, когда на элементах, присоединенных к шинам, установлены воздушные выключатели и выносные трансформаторы тока с одинаковыми коэффициентами трансформации.





2. Пусковой орган (31РТН—33РТН) и избирательные органы (25РТН—30РТН) защиты выполнены с реле тока с насыщающимися трансформаторами.

3. Схема содержит устройство контроля исправности вторичных цепей трансформаторов тока защиты (реле 34РТ, 35РВ и 42РП), действующее на сигнал и выведенные защиты.

4. Схема дана в предположении применения устройства резервирования отказа выключателей элементов, присоединенных к защищаемым шинам (п. А,9), обеспечивающего также ликвидацию повреждения в зоне между шиносоединительным выключателем 1В и трансформаторами тока 1РТТ.

На схеме показаны цепи взаимодействия защиты шин с устройством резервирования.

5. В схеме предусмотрено устройство, замедляющее отключение выключателей элементов, присоединенных к шинам, при опробовании обходной системы шин подачей напряжения через обходной выключатель, выполненное с помощью промежуточного реле типа РП-252 (45РПВ), имеющего выдержку времени при возврате, большую суммы времен действия защиты шин и отключения выключателя. При этом импульс на отключение обходного выключателя подается от реле 43РП без замедления.

Аналогичное устройство (реле 46РПВ) предусмотрено также на случай опробования одной из систем шин подачей напряжения через шиносоединительный выключатель, импульс на отключение которого без замедления подается также от реле 43РП.

В целях предотвращения длительного выведения защиты шин при многократном опробовании шиносоединительного или обходного выключателей после ревизии в схеме предусмотрены отключающие устройства 61УО и 62УО для разрыва в этом случае цепей пуска соответственно от реле 45РПВ и 46РПВ, промежуточного реле 44РП, которым снимается «минус» с защиты шин при подаче импульса на включение обходного или шиносоединительного выключателей. При таком выполнении схемы сохраняется возможность опробования обходной системы шин при ревизии шиносоединительного выключателя и, наоборот, опробования рабочей системы шин при ревизии обходного выключателя.

6. В цепь обходного выключателя предусмотрены нормально зашунтированные испытательными блоками трансформаторы тока. В тех случаях, когда обходным выключателем заменяется выключатель элемента, присоединенного к I системе шин, должны быть сняты рабочие крышки с испытательных блоков 72БИ и 74БИ, а при замене выключателя элемента, присоединенного ко II системе шин, — с испытательных блоков 73БИ и 75БИ.

Испытательные блоки 74БИ и 75БИ предназначены для разрыва цепи отключения обходного выключателя 7В от защиты шин в целях предотвращения его неправильного отключения при коротком замыкании на одной системе шин в случае, когда он используется для замены выключателя элемента другой системы шин.

Испытательные блоки 72БИ и 73БИ в цепь переменного тока по соображениям, приведенным в п. А,12, целесообразно устанавливать в распределительном устройстве; испытательные блоки 74БИ и 75БИ могут устанавливаться на щите управления.

7. В схеме предусмотрен рубильник 76Р, предназначенный для шунтирования цепей постоянного тока избирательных органов в целях повышения чувствительности защиты в режиме работы с нарушенной фиксацией распределения элементов. Включенное положение рубильника 76Р сигнализируется лампой 79Л.

8. В схеме предусмотрен рубильник 77Р для возможности шунтирования цепей переменного тока избирательных органов защиты в распределительном устройстве при нарушении фиксации распределения элементов.

Установка рубильника 77Р принята в предположении, что в случае его отсутствия потребуются значительное увеличение сечения вспомогательного провода (п. А,14). Включенное положение рубильника сигнализируется лампой 78Л.

#### Схема дифференциальной токовой защиты двойной системы шин 110—220 кВ с фиксированным распределением элементов при наличии обходного и шиносоединительного выключателей, вариант 2 (рис. 2)

1. Схема дана для случая, когда на элементах, присоединенных к шинам, установлены масляные выключатели со встроенными трансформаторами тока.

2. В схеме дополнительно предусмотрена чувствительная защита для действия при неуспешном АПВ шин от питающей линии, включаемой первой, в предположении, что защита шин в исполнении по рис. 1 оказывается в этом режиме нечувствительной. Защита содержит реле тока 35РТ—37РТ, включенные последовательно с реле 32РТН—34РТН пускового органа защиты шин, и промежуточное реле 49РПВ, действующее на отключение линии через контакты ее реле ускорения после включения выключателя.

С помощью отключающих устройств 67УО—70УО дополнительная защита вводится для действия только на те линии (по одной на каждую систему шин), которые включаются от АПВ первыми (на рис. 2 предполагается возможным включение первыми от АПВ линий с выключателями 3В и 4В, 9В и 10В).

Целесообразно выполнять одним устройством указанные отключающие устройства и отключающие устройства, вводящие АПВ линий, включаемых первыми.

Ток срабатывания реле тока 35РТ—37РТ должен быть больше тока небаланса при качаниях, которые могут возникнуть в результате короткого замыкания на линии, включаемой первой. Указанное необходимо для предотвращения отключения этой линии от дополнительно предусмотренной чувствительной защиты при успешном включении линии от устройства АПВ. Для повышения надежности выходное промежуточное реле чувствительной защиты 49РПВ принято с небольшой задержкой при срабатывании.

В тех случаях, когда при учете указанного выше условия чувствительность рассматриваемой защиты оказывается недостаточной, может возникнуть вопрос о дополнении защиты устройством, разрешающим ей действовать только после срабатывания дифференциальной защиты шин.

3. В остальной схеме подобна приведенной на рис. 1.

#### Схема дифференциальной токовой защиты двойной системы шин 110—220 кВ с фиксированным распределением элементов при наличии обходного и шиносоединительного выключателей, вариант 3 (рис. 3)

1. Схема дана для случая, когда на элементах, присоединенных к шинам, установлены воздушные выключатели и выносные трансформаторы тока с разными коэффициентами трансформации.

2. Схема выполнена для случая присоединения к I системе шин одного трансформатора и трех линий и ко II системе шин — одного трансформатора и четырех линий, причем предполагается, что коэффициенты трансформации трансформаторов тока, установленных на линиях, отличны от коэффициентов трансформации трансформаторов тока, установленных на трансформаторах и

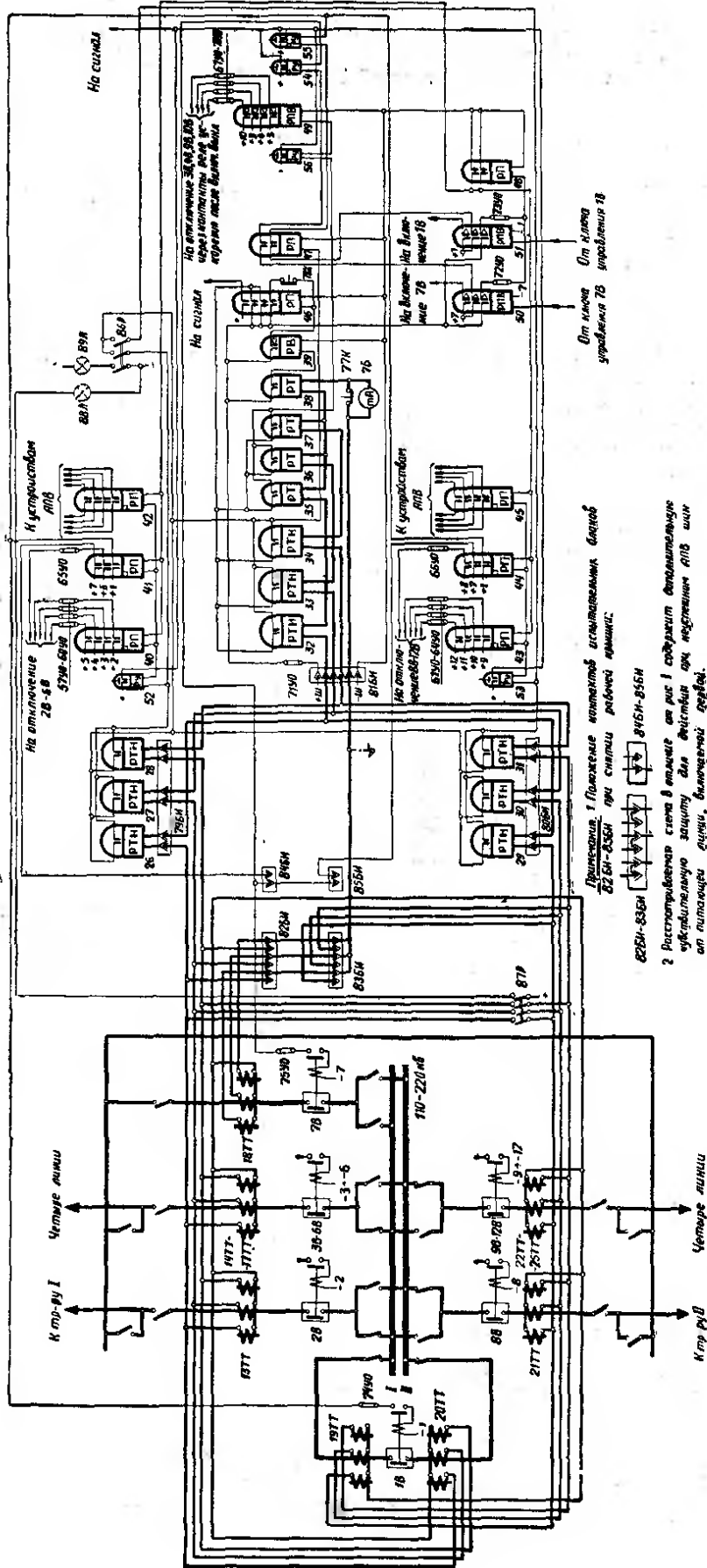


Рис. 2. Схема дифференциальной токовой защиты двойной системы шин 110—220 кВ с фиксированным распределением элементов при наличии озудного и шинносоединительного выключателя, вариант 2.

1В—12В—выключатели; 19ТТ—25ТТ—трансформаторы тока (встроенные); 26РТН—34РТН—реле тока с насыщающимися трансформаторами типа РНТ-562; 35РТ—37РТ—реле тока типа ЭТ-521; 38РТ—реле тока типа ЭТ-521/2; 39РВ—реле времени типа ЭВ-13-А; 40ПТ—45ПТ—реле промежуточные типа РП-24; 46РП—48РП—реле промежуточные типа РП-23; 49РПВ—реле промежуточные типа РП-251; 50РПВ—реле промежуточные типа РП-252; 52РУ, 53РУ—реле указательные типа РУ-21/0,05; 54РУ, 55РУ—реле указательные типа РУ-21/1; 56РУ—реле указательное типа РУ-21/0,015; 57УО—75УО—устройство отклоняющее типа НКР-2, 76тА—миллиамперметр; 77К, 78К—кнопки; 79БИ—защелки типа БИ-4; 86Р—рубяльник трехполюсный; 87Р—рубяльник четырехполюсный; 88Л, 89Л—лампы сигнальные.

88В, 88В1—блоки испытательные типа БИ-6; 84БИ, 85БИ—блоки испытательные типа БИ-4; 86Р—рубяльник трехполюсный; 87Р—рубяльник четырехполюсный; 88Л, 89Л—лампы сигнальные.



в цепях обходного и шиносоединительного выключателей.

3. Схема дана в предположении использования в качестве избирательных и пускового органов реле тока с насыщающимися трансформаторами с повышенной термической устойчивостью их обмоток.

Чебоксарским электроаппаратным заводом намечаются к выпуску реле такого типа (РНТ-564), характеризующиеся следующими предварительными данными:

а) Насыщающийся трансформатор имеет две раздельные обмотки.

б) Термическая устойчивость одной из обмоток насыщающегося трансформатора  $20\text{ а}$  и второй  $12\text{ а}$ .

в) Намагничивающая сила обмоток насыщающегося трансформатора реле  $F_{с.р.} = 100\text{ а}$ .

4. Для иллюстрации на рис. 12 приведено токораспределение в схеме защиты шин для максимального нагрузочного режима работы в конкретной установке при условии, что в цепях трансформаторов и шиносоединительного выключателя применяются трансформаторы тока с  $n_T = 600/5$ , а на линиях — с  $n_T = 200/5$ .

Из рассмотрения распределения токов в схеме на рис. 12,а следует, что в данном случае обмотки насыщающихся трансформаторов реле не перегружаются токами, большими допустимых ( $20$  и  $12\text{ а}$ ).

5. Рассматриваемая схема на рис. 3 отличается от схемы на рис. 1 следующим:

а) В реле избирательных органов ( $23РТН—28РТН$ ) используется раздельное включение обеих имеющихся в них обмоток.

б) В реле пускового органа ( $29РТН—31РТН$ ) обмотки включаются таким образом, что по одной из них (с меньшей термической устойчивостью) проходит ток от группы трансформаторов тока с большим коэффициентом трансформации, а по другой — разность вторичных токов групп трансформаторов тока с разными коэффициентами трансформации.

Принятое согласное включение обмоток реле пускового органа обеспечивает расширение области применения рассматриваемого реле по условиям его термической устойчивости. При встречном включении обмоток, для рассматриваемого частного случая, как видно из рис. 12,б, одна из обмоток будет нагружена током  $30\text{ а}$ , а вторая  $20\text{ а}$ , т. е. схема не может быть применена, поскольку реле термически неустойчиво при таких токах. Подобное имеет место и при раздельном включении обмоток (рис. 12,в).

в) Необходимо учитывать, что в ряде случаев при обрывах вторичных цепей трансформаторов тока защиты шин возможен перегрев реле тока защиты, поскольку в этом режиме длительно имеется магнитный поток в насыщающемся трансформаторе реле, обуславливающий снижение его термической устойчивости против указанной в п. 3,б; между тем по одной обмотке насыщающегося трансформатора может проходить тот же ток, что и в режиме, предшествовавшем обрыву (например, ток  $20\text{ а}$  проходит по обмотке избирательного органа II системы шин, рис. 13), или ток, больший, чем в предшествовавшем режиме (например, по обмотке пускового органа с термической устойчивостью  $20\text{ а}$  проходит ток  $23,33\text{ а}$ ).

Для предотвращения повреждения реле в этом случае требуется отсоединение их от трансформаторов тока. Для реле пускового органа отсоединение может быть произведено испытательными блоками  $71БИ—73БИ$ , а для реле избирательных органов — на разъёмных зажимах.

г) Устройство контроля исправности вторичных цепей трансформаторов тока защиты шин дополнено промежуточным реле  $40РП$  типа РП-341, шунтирующим своим усиленным контактом обмотку реле контроля  $32РТ$ .

Указанное требуется при обрыве вспомогательных проводов в цепях избирательных органов, когда реле тока  $32РТ$  может обтекаться током (в пределах до  $20\text{ а}$  превышающим его термическую устойчивость ( $6,6\text{ а}$  для реле  $ЭТ-521/2$  с параллельным соединением обмоток см., например, рис. 14).

Реле  $40РП$  принимается с параллельным соединением первичных обмоток имеющегося в данном реле насыщающегося трансформатора; при этом оно имеет термическую устойчивость  $20\text{ а}$  и ток срабатывания  $5\text{ а}$ . Реле  $40РП$  управляется контактом выходного промежуточного реле  $41РП$  устройства контроля исправности вторичных цепей трансформаторов тока защиты.

Следует отметить, что принятое автоматическое шунтирование обмотки реле контроля  $32РТ$  контактом промежуточного реле  $40РП$ , а не вручную испытательным блоком, как реле  $29РТ—31РТ$ , обусловлено тем, что ток в реле  $32РТ$  при обрывах цепей избирательных органов может значительно превышать ток, допустимый для него по термической устойчивости.

Следует также отметить, что при использовании для защиты шин  $35\text{ кВ}$  трансформаторов тока с разными коэффициентами трансформации в связи с двухфазным выполнением схемы в качестве реле контроля не может быть применено реле типа  $ЭТ-520$  по аналогии с рассматриваемой схемой на рис. 3, поскольку по нему в нормальном режиме проходил бы суммарный ток обеих групп трансформаторов тока; в связи с указанным в качестве реле контроля целесообразно использование реле типа РНТ.

д) В связи с тем, что вторичные цепи трансформаторов тока защиты а рассматриваемой схеме частично объединяются на щите управления, не представляется целесообразным предусматривать рубильник для шунтирования первичных цепей избирательных органов при нарушении фиксации, как в схемах на рис. 1 и 2 (п. А,14).

#### Схема дифференциальной токовой защиты двойной системы шин $110—220\text{ кВ}$ с фиксированным распределением элементов при использовании обходного выключателя в качестве шиносоединительного (рис. 4)

1. Схема дана для случая, когда на элементах, присоединенных к шинам, установлены воздушные выключатели и выносные трансформаторы тока с одинаковыми коэффициентами трансформации.

2. Рассматриваемая схема в основном подобна приведенной на рис. 1. Отличие от последней обусловлено отсутствием шиносоединительного выключателя и использованием обходного выключателя в качестве шиносоединительного.

3. Для производства переключений во вторичных цепях защиты в различных режимах работы обходного выключателя в схеме предусмотрены испытательные блоки  $51БИ—55БИ$ .

При использовании обходного выключателя  $1В$  в качестве шиносоединительного снимается рабочая крышка с испытательного блока  $52БИ$ . Отключение выключателя  $1В$  при повреждениях на шинах в этом режиме производится от реле  $31РП$ .

При замене обходным выключателем  $1В$  выключателя одного из элементов, присоединенных к I или II системе шин, снимаются рабочие крышки испытательных блоков соответственно  $51БИ$ ,  $52БИ$ ,  $54БИ$  или  $51БИ$ ,  $53БИ$ ,  $55БИ$ . При этом с помощью контакта испытательного блока  $51БИ$  обеспечивается снятие импульса на отключение выключателя  $1В$  от реле  $31РП$ .

Последнее предусмотрено для предотвращения неправильного отключения выключателя  $1В$  при раздельной работе обеих систем шин, когда повреждение имеет



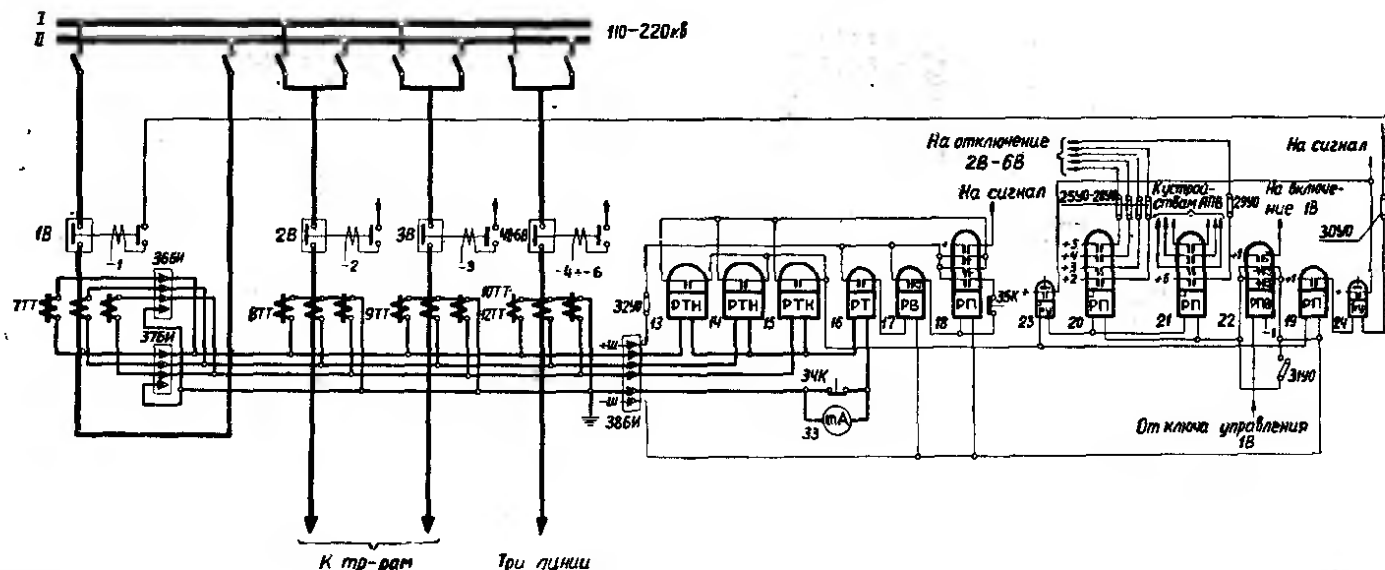


Рис. 5. Схема дифференциальной токовой защиты двойной системы шин 110—220 кВ при нормальной работе на одной системе шин. 1В—6В—выключатели; 7ТТ—12ТТ—трансформаторы тока; 13РТН—15РТН—реле тока с насыщающимися трансформаторами типа РНТ-562; 16РТ—реле тока типа ЭТ-521/2; 17РВ—реле времени типа ЭВ-133-А; 18РП, 19РП—реле промежуточные типа РП-23; 20РП, 21РП—реле промежуточные типа РП-24; 22РПВ—реле промежуточное типа РП-252; 23РУ—реле указательное типа РУ-21/0,025; 24РУ—реле указательное типа РУ-21/1; 25УО—32УО—устройства отключающие типа НКР-2; 33МА—миллиамперметр; 34К, 35К—кнопки; 36БИ, 37БИ—блоки испытательные типа ВИ-4; 38БИ—блок испытательный типа ВИ-6.

место на одной из систем шин, а выключатель 1В подключен к другой системе шин. Отключение обходного выключателя 1В в этом режиме обеспечивается выходными реле избирательных органов той системы шин, к которой подключен выключатель 1В.

#### Схема дифференциальной токовой защиты двойной системы шин 110—220 кВ при нормальной работе на одной системе шин (рис. 5)

1. Схема дана для случая, когда на элементах, присоединенных к шинам, установлены воздушные выключатели и выносные трансформаторы тока с одинаковыми коэффициентами трансформации.
2. Схема выполнена с использованием реле тока с насыщающимися трансформаторами (13РТН—15РТН).
3. Схема содержит устройство контроля исправности вторичных цепей трансформаторов тока защиты (реле 16РТ, 17РВ и 18РП), действующее на сигнал и выведение защиты.
4. В схеме предусмотрено устройство, замедляющее отключение выключателей элементов, присоединенных к шинам, при опробовании одной из систем шин подачей напряжения через шиносоединительный выключатель, выполненное с помощью промежуточного реле 22РПВ.
5. Испытательные блоки 36БИ и 37БИ предусмотрены для удобства эксплуатации с учетом возможности замены шиносоединительным выключателем выключателя одного из присоединений при выделении последнего как на I, так и II системы шин.

#### Схема дифференциальной токовой защиты одиночной секционированной системы шин 110—220 кВ при наличии обходного выключателя (рис. 6)

1. Схема применяется в основном для шин подстанций и дана для случая, когда на элементах, присоединенных к шинам, установлены воздушные выключатели и выносные трансформаторы тока с одинаковыми коэффициентами трансформации.

2. На каждую секцию шин предусматривается отдельная защита.

3. Схема защиты I секции шиши выполнена с использованием реле тока с насыщающимися трансформаторами (15РТН—17РТН).

4. В схеме предусмотрено устройство контроля исправности вторичных цепей трансформаторов тока защиты (реле 19РТ, 20РВ и 22РП), действующее на сигнал и выведение защиты.

5. Схема содержит устройство для ликвидации повреждения в зоне между секционным выключателем 1В и трансформаторами тока 14ТТ, выполненное с помощью трехфазного реле тока 18РТ, реле времени 21РВ и указательного реле 28РУ и действующее на отключение элементов II секции шин.

Выдержка времени устройства должна быть больше времени отключения секционного выключателя (порядка 0,2—0,35 сек).

Для обеспечения селективности действия устройства оперативный ток к реле 18РТ подается через контакты реле 15РТН—17РТН.

Отсутствие в рассматриваемом устройстве реле тока 18РТ и непосредственное воздействие реле 15РТН—17РТН на реле 21РВ привело бы к обесточению II секции шиши при коротком замыкании в зоне между выключателем и трансформаторами тока одного из элементов I секции шин, когда после отключения всех присоединенной поврежденной секции шин реле тока 15РТН—17РТН продолжают держать свои контакты замкнутыми вследствие питания места короткого замыкания от источника с противоположного конца элемента.

Чувствительность устройства в целом определяется чувствительностью реле тока 15РТН—17РТН защиты шиши, поскольку реле 18РТ имеет значительно меньший ток срабатывания (приложение II).

6. В схеме предусмотрено устройство, замедляющее отключение выключателей элементов, присоединенных к шинам, при опробовании обходной системы шиши подачей напряжения через обходной выключатель, выполненное с помощью промежуточного реле 26РПВ.

В целях упрощения указанное промежуточное реле предусмотрено в комплекте защиты шин только одной секции (I секции).

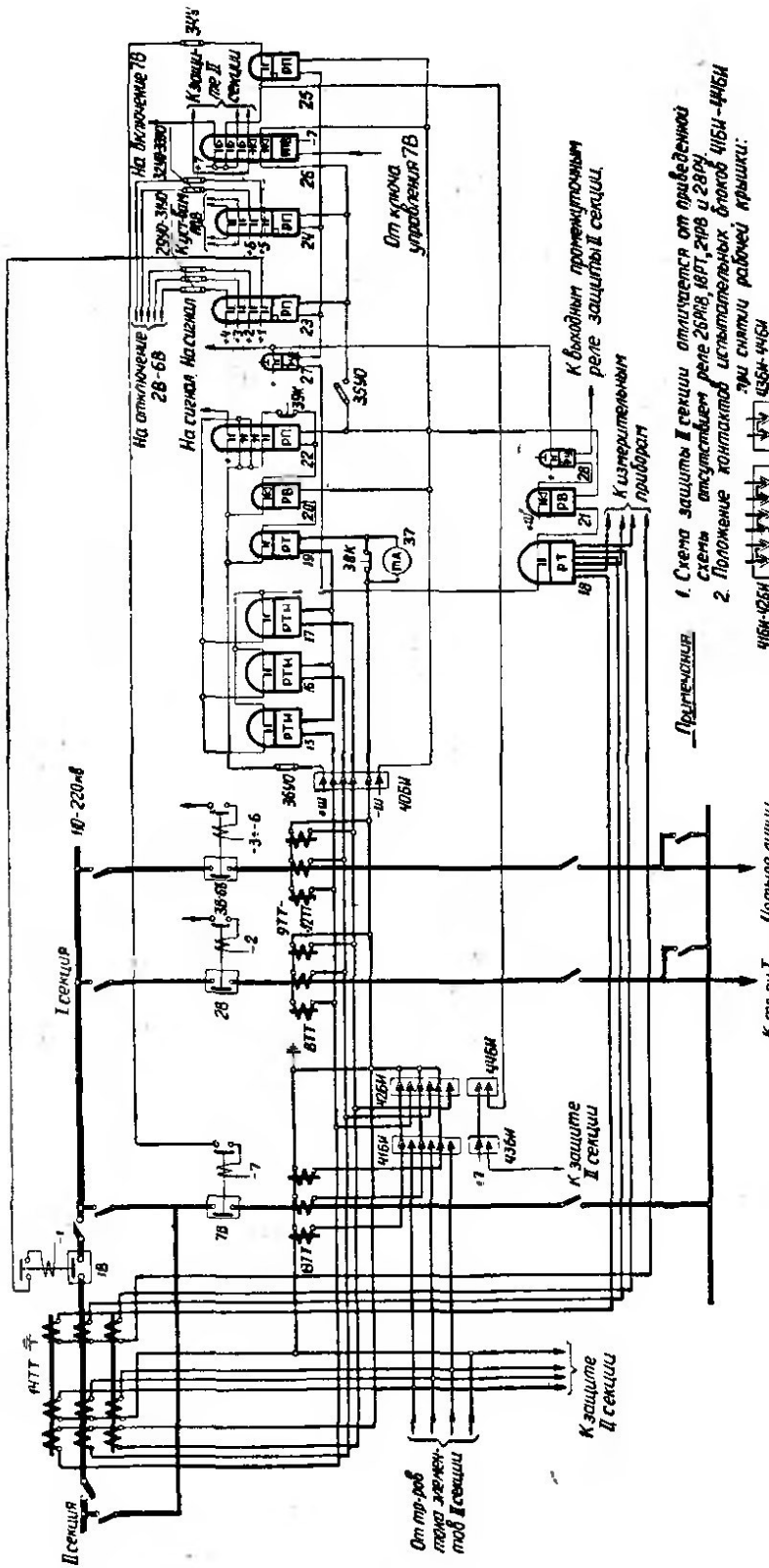


Рис. 6. Схема дифференциальной токовой защиты одноконтурной секционированной системы шин 110—220 кВ при наличии обходного выключателя. 1В—7В — выключатели; 8ТТ—14ТТ — трансформаторы тока; 15РТН—17РТН — реле тока с насыщающимися трансформаторами типа РНТ-560; 18РТ — реле тока типа ЭТ-521Р; 19РТ — реле тока типа ЭТ-521Т; 20РТ — реле времени типа ЭВ-133-А; 21РВ — реле времени типа ЭВ-114-А; 22РП — реле промежуточное типа РП-23; 23РП — реле промежуточное типа РП-24; 26РПВ — реле промежуточное типа РП-252; 27РУ — реле указательное типа РУ-21(0,05); 28РУ — реле указательное типа РУ-21; 29УО—26УО — устройства отклонения типа НКР-2; 37МА — мильяметр; 38Х, 39Х — кнопки; 40БВ—42БВ — блоки испытательные типа БИ-4; 43БВ, 44БВ — блоки испытательные типа БИ-6; 45БВ, 46БВ — блоки испытательные типа БИ-4.

- ПРИМЕЧАНИЕ
1. Схема защиты I секции отключается от приведенной схемы отсутствием реле 26РП, 18РТ, 20РВ и 28РУ.
  2. Положение контактов испытательных блоков 43БВ—44БВ — см. контакты рабочей крышки.





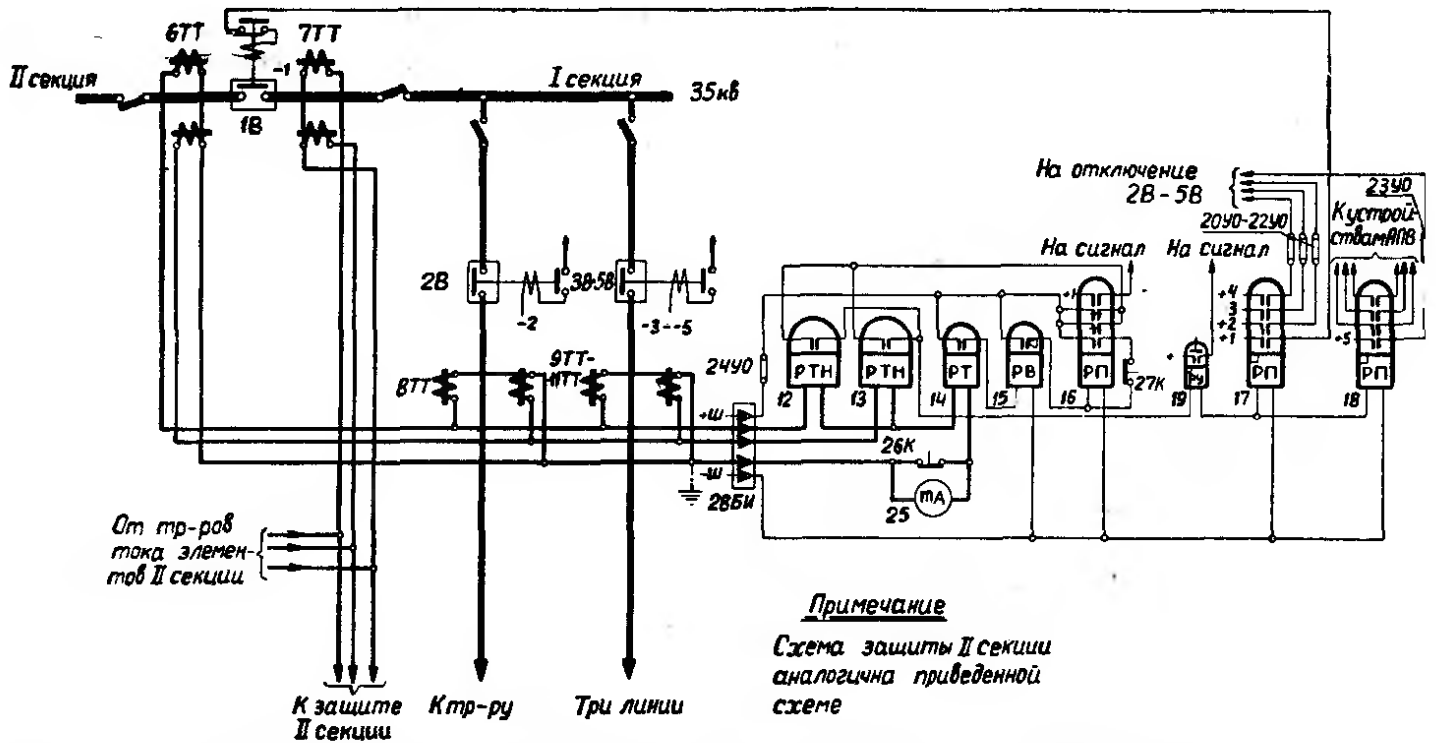


Рис. 8. Схема дифференциальной токовой защиты одиночной секционированной системы шин 35 кВ.

1В—5В—выключатели; 6ТТ—11ТТ—трансформаторы тока (встроенные); 12РТН, 13РТН—реле тока с насыщающимися трансформаторами типа РНТ-562; 14РТ—реле тока типа ЭТ-521/2; 15РВ—реле времени типа ЭВ-133-А; 16РП—реле промежуточное типа РП-23; 17РП, 18РП—реле промежуточные типа РП-24; 19РУ—реле указательное типа РУ-21/0,025; 20УО—24УО—устройства отключающие типа НКР-2; 25МА—миллиамперметр; 26К, 27К—кнопки; 28БИ—блок испытательный типа ВИ-6.

Следует отметить, что при этом в режиме опробования обходной системы шин выключателем 7В кратковременно снимается «минус» с комплектов защиты шин обеих секций, что является некоторым недостатком схемы.

7. Как и в схеме на рис. 1, в цепи обходного выключателя предусмотрены нормально вазунтированные испытательными блоками трансформаторы тока. В тех случаях, когда обходным выключателем заменяется выключатель линии, присоединенной к I секции, должны быть сняты рабочие крышки с испытательных блоков 42БИ и 44БИ, а при замене выключателя II секции— с испытательных блоков 41БИ и 43БИ.

Испытательные блоки 43БИ и 44БИ предусмотрены для разрыва цепи отключения обходного выключателя 7В в целях предотвращения его неправильного отключения при коротком замыкании на одной секции шин в случае, когда он используется для замены выключателя элемента другой секции. Испытательные блоки 41БИ и 42БИ в цепи переменного тока по соображениям, приведенным в п. А,12, целесообразно устанавливать в распределительном устройстве; испытательные блоки 43БИ и 44БИ устанавливаются на шите управления.

8. Схема защиты II секции шин отличается от приведенной на рис. 6 схемы защиты I секции отсутствием реле 26РПВ, 18РТ, 21РВ и 28РУ.

### Схема дифференциальной токовой защиты двойной системы шин 35 кВ с фиксированным распределением элементов (рис. 7)

1. Схема дана для случая, когда на элементах, присоединенных к шинам, установлены воздушные выключатели и выносные трансформаторы тока с одинаковыми коэффициентами трансформации.

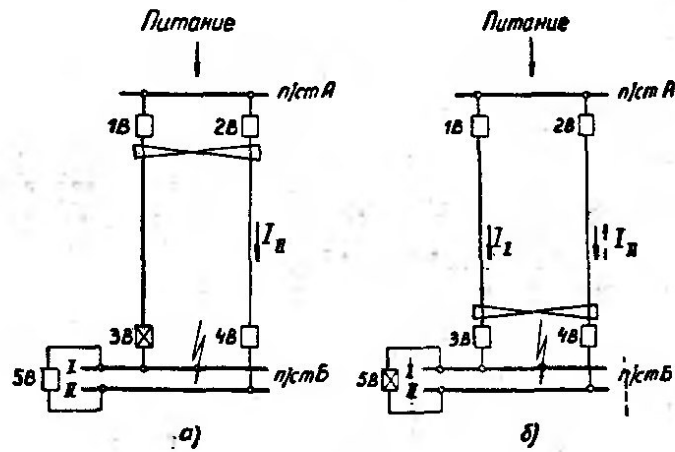
2. Схема выполнена в основном подобно схеме на рис. 1 и отличается от нее двухфазным двухсистемным исполнением и отсутствием цепей, связанных с обходным выключателем и устройством резервирования отката выключателей.

3. В схеме предусмотрено устройство для ликвидации повреждения в зоне между шиносоединительным выключателем 1В и трансформатором тока 14ТТ (реле тока 26РТ, реле времени 28РВ и указательное реле 38РУ), выполненное подобно таковому в схеме на рис. 6.

### Схема дифференциальной токовой защиты одиночной секционированной системы шин 35 кВ (рис. 8)

1. Схема дана для случая, когда на элементах, присоединенных к шинам, установлены масляные выключатели, имеющие встроенные трансформаторы тока.

2. Схема выполнена подобно приведенной на рис. 6 с учетом того, что в данной схеме отсутствуют обходной выключатель и цепи, с ним связанные.



- - выключатель включен
- ⊗ - выключатель отключен

Рис. 9. Случай неправильного действия поперечной дифференциальной защиты параллельных линий при коротком замыкании на шинах.

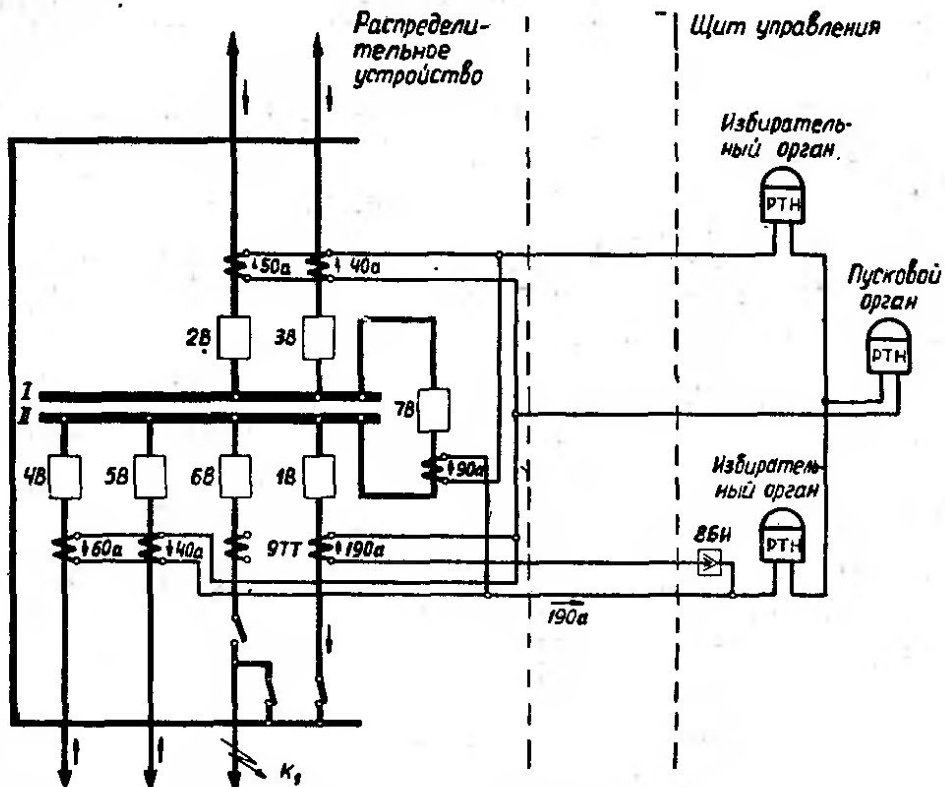


Рис. 10. Пример токораспределения при внешнем коротком замыкании в случае замены выключателя 6В обходным выключателем 1В.

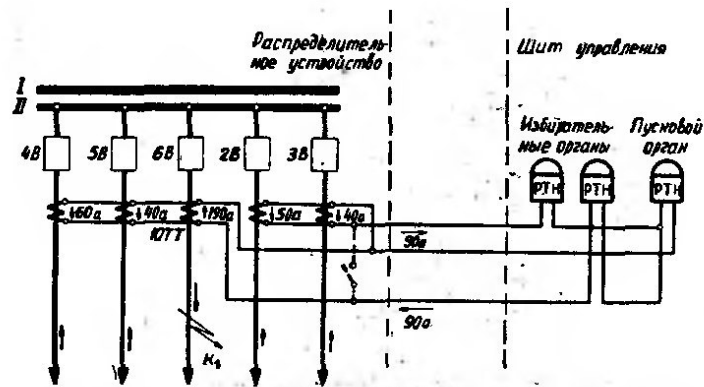


Рис. 11. Пример токораспределения при внешнем коротком замыкании в режиме работы с нарушением фиксации (распределения элементов).

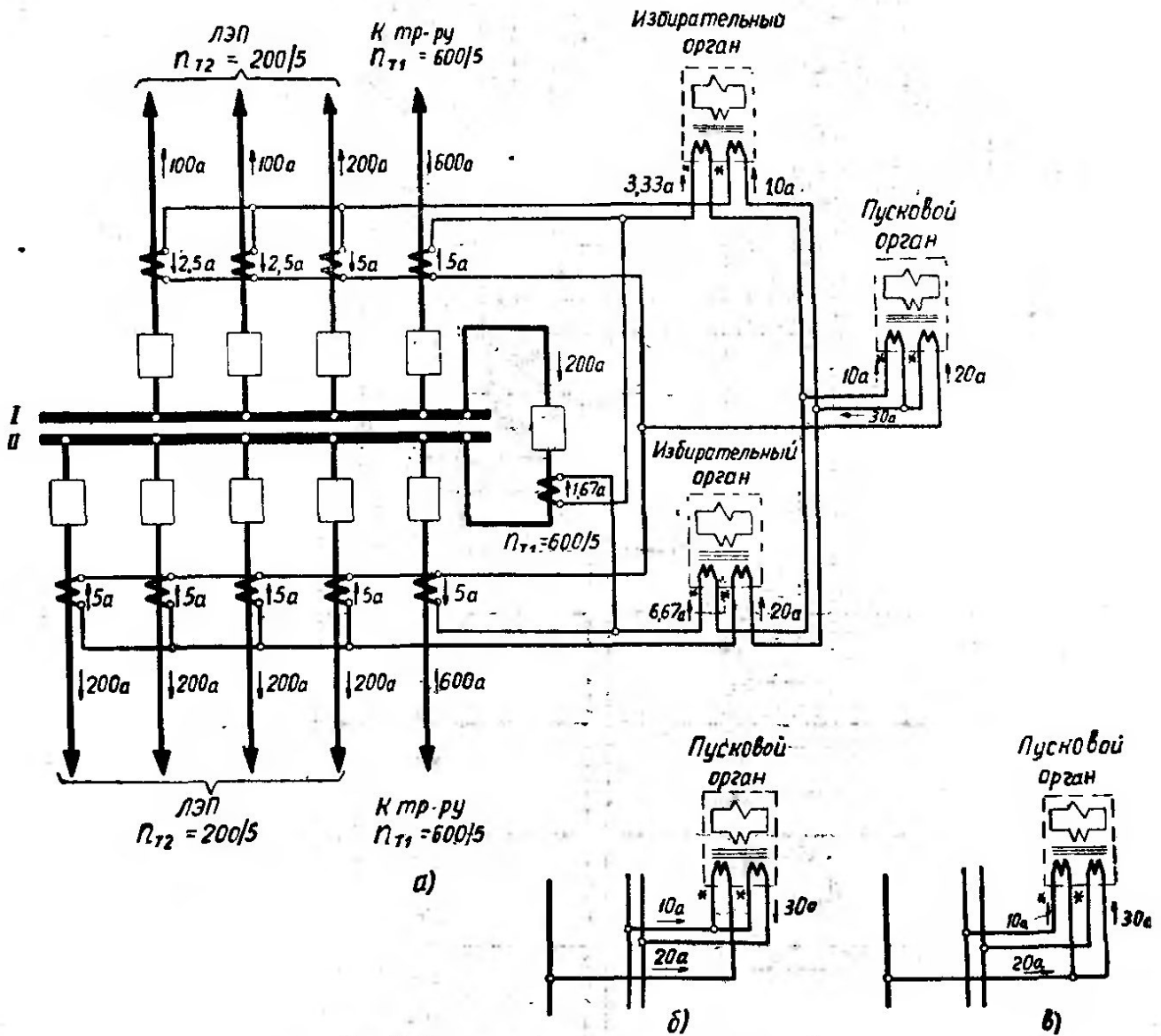


Рис. 12. Пример токораспределения в схеме по рис. 3.





## ГЛАВА ВТОРАЯ

# СХЕМЫ ЗАЩИТЫ, УСТАНОВЛИВАЕМОЙ НА ОБХОДНОМ, ШИНОСОЕДИНИТЕЛЬНОМ И СЕКЦИОННОМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯХ 35—220 кВ

1. В настоящей главе рассмотрены типовые схемы релейной защиты, устанавливаемой на обходном, шинно-соединительном и секционном выключателях 35—220 кВ станций и подстанций.

Схемы на рис. 15—17 даны для обходного выключателя 110—220 кВ с использованием в качестве защиты от междуфазных повреждений токовой направленной защиты с комбинированным пуском напряжения (рис. 15) и дистанционной защиты (рис. 16 и 17).

Схема на рис. 18 дана для шинно-соединительного выключателя 110—220 кВ при наличии обходного выключателя.

Схема на рис. 19 дана для шинно-соединительного выключателя 35 кВ.

Схема на рис. 20 дана для секционного выключателя 35 кВ.

2. Защита на обходном выключателе и на шинно-соединительном выключателе при отсутствии обходного используется при ревизии выключателя (трансформатора тока и защиты) одного из элементов, присоединенных к шинам, и замене его обходным или шинно-соединительным выключателем.

Защита на шинно-соединительном выключателе при наличии обходного для указанной цели используется относительно редко, в связи с чем допустимо предусмотреть ее в простейшем исполнении.

3. Защита по схеме на рис. 20 дана для секционного выключателя шин 35 кВ, питающими элементами которых являются трансформаторы станций или подстанций и от которых отходят линии, не имеющие питания с противоположных концов. В сочетании с резервными защитами трансформаторов ею обеспечивается селективное отключение поврежденной секции шин в случаях, когда специальная защита шин не предусматривается. Применение защиты по рис. 20 в ряде случаев целесообразно и при наличии защиты шин для предотвращения обесточения обеих секций при отказе защиты или выключателя одного из подключенных к шинам элементов в случае его повреждения.

Следует отметить, что для указанной цели в ряде случаев может оказаться целесообразной установка защиты и на секционном выключателе 110 кВ.

4. Схема защиты на рис. 17 как более сложная дана в развернутом изображении; остальные схемы даны в сжатом изображении.

5. Типы предусмотренных в схемах указательных реле и значения добавочных сопротивлений даны для напряжения постоянного оперативного тока 220 в.

### Схема защиты на обходном выключателе

110—220 кВ с направленной максимальной токовой защитой (рис. 15)

1. Схема содержит:

а) двухступенчатую токовую защиту, выполненную в виде токовой отсечки без выдержки времени и направленной максимальной токовой защиты с комбинированным пуском напряжения, от замыканий между фазами;

б) трехступенчатую направленную токовую защиту нулевой последовательности от замыканий на землю.

2. Токовая отсечка от замыканий между фазами выполнена с реле тока  $3PT$  и  $4PT$ , а направленная максимальная токовая защита — с реле тока  $5PT$  и  $6PT$ , реле направления мощности  $12PM$  и  $13PM$ , пусковым органом напряжения  $10PHF$  и  $11PH$  и реле времени  $15PB$ .

Пусковой орган напряжения максимальной токовой защиты выполнен с использованием устройства фильтр-реле напряжения обратной последовательности, в цепи размыкающего контакта которого предусмотрено минимальное реле напряжения для действия при симметричных повреждениях.

3. Защита от замыканий на землю выполнена с реле направления мощности  $14PM$ , общим для всех трех ступеней, реле тока  $7PT$  первой ступени, реле тока  $8PT$  и реле времени  $16PB$  второй ступени, реле тока  $9PT$  и реле времени  $17PB$  третьей ступени.

4. Для предотвращения отключения обходного выключателя от токовых отсечек при действии разрядников в случае, когда обходной выключатель используется для замены выключателя одной из линий, отходящих от данных шин, в качестве выходных промежуточных реле ( $18PWB$  и  $19PWB$ ) в схеме используются реле типа РП-251, имеющие выдержку времени при срабатывании, достаточную для отстройки от действия разрядников.

5. Для возможности выполнения максимальной токовой защиты без пуска по напряжению в схеме предусмотрено отключающее устройство  $33УО$ .

6. В схеме предусмотрены ускорение действия максимальной токовой защиты, а также возможность ускорения второй или третьей ступени защиты нулевой последовательности<sup>1</sup> после включения обходного выключателя с использованием контактов без замедления или временно замыкающего контакта соответственно реле времени  $15PB$  и  $16PB$  или  $17PB$ .

7. В цепях каждой защиты предусмотрены указательные реле и отключающие устройства. Кроме того, указательные реле предусмотрены в цепях ускорения защиты после включения выключателя ( $25PY$  и  $26PY$ ).

Для предотвращения срабатывания указательных реле ( $21PY$  и  $22PY$ ) отсечек первых ступеней защит при действии разрядников в схеме предусмотрено шунтирование обмоток этих реле размыкающими контактами выходных промежуточных реле (соответственно  $18PWB$  и  $19PWB$ ).

Для удобства выведения сразу всех защит на обходном выключателе в схеме предусмотрено отключающее устройство  $32УО$ .

8. В схеме предусмотрена возможность подачи импульса на выходные промежуточные реле защит трансформаторов для отключения последних всеми выключателями в случае, когда обходной выключатель заменяет выключатель трансформатора. Кроме того, также предусмотрен импульс на отключение рассматриваемого выключателя от защит трансформаторов и шин.

9. Рассматриваемая защита может быть использована также и для шинно-соединительного выключателя 110—220 кВ при отсутствии обходного (например, в схеме на рис. 5).

В указанном случае при замене шинно-соединительным выключателем выключателя присоединения принципиально может возникнуть необходимость изменения направления действия реле направления мощности (путем изменения полярности его цепи напряжения) в зависимости от того, к какой системе шин подключается элемент, выключатель которого заменяется.

Однако в целях упрощения такое переключение цепей напряжения в схеме может не предусматриваться,

<sup>1</sup> Подробнее см. «Руководящие указания по релейной защите, вып. 2. Ступенчатая токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110—220 кВ».







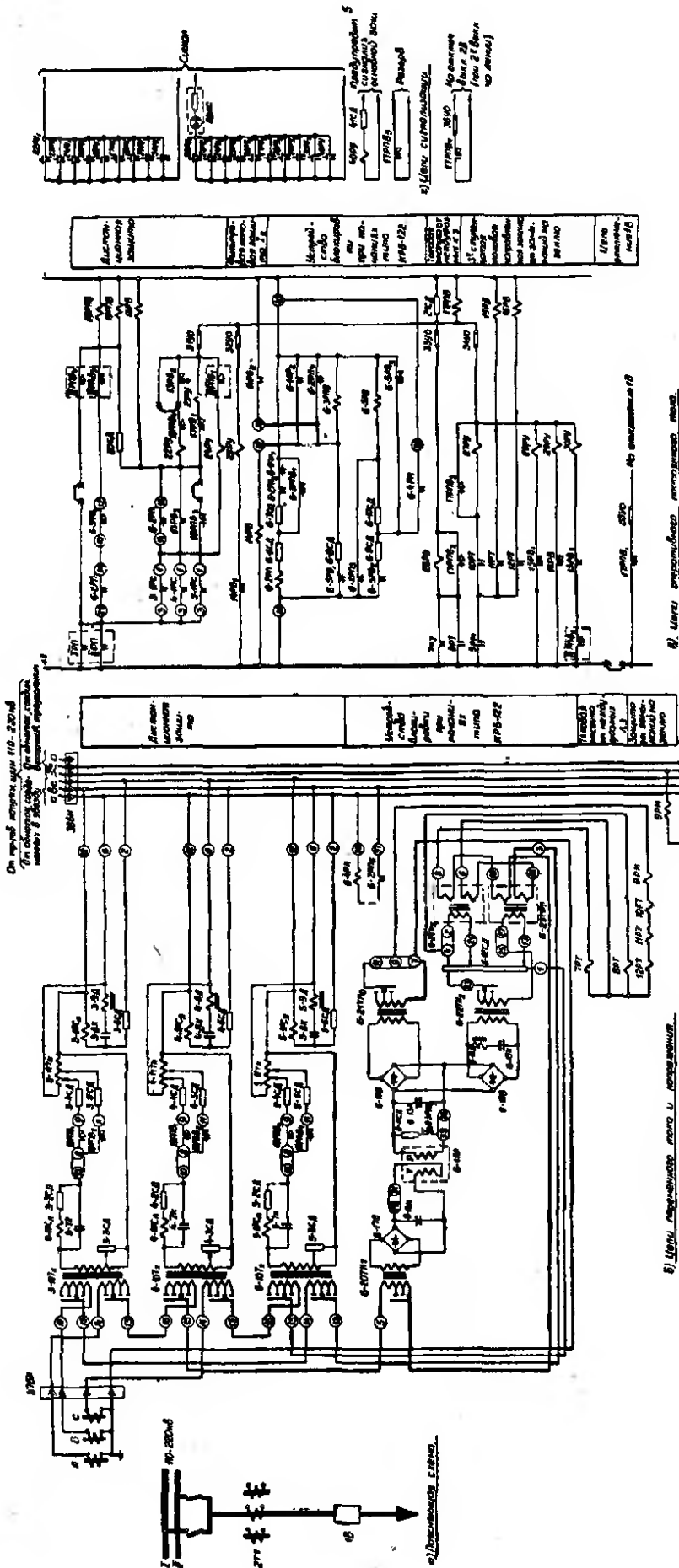
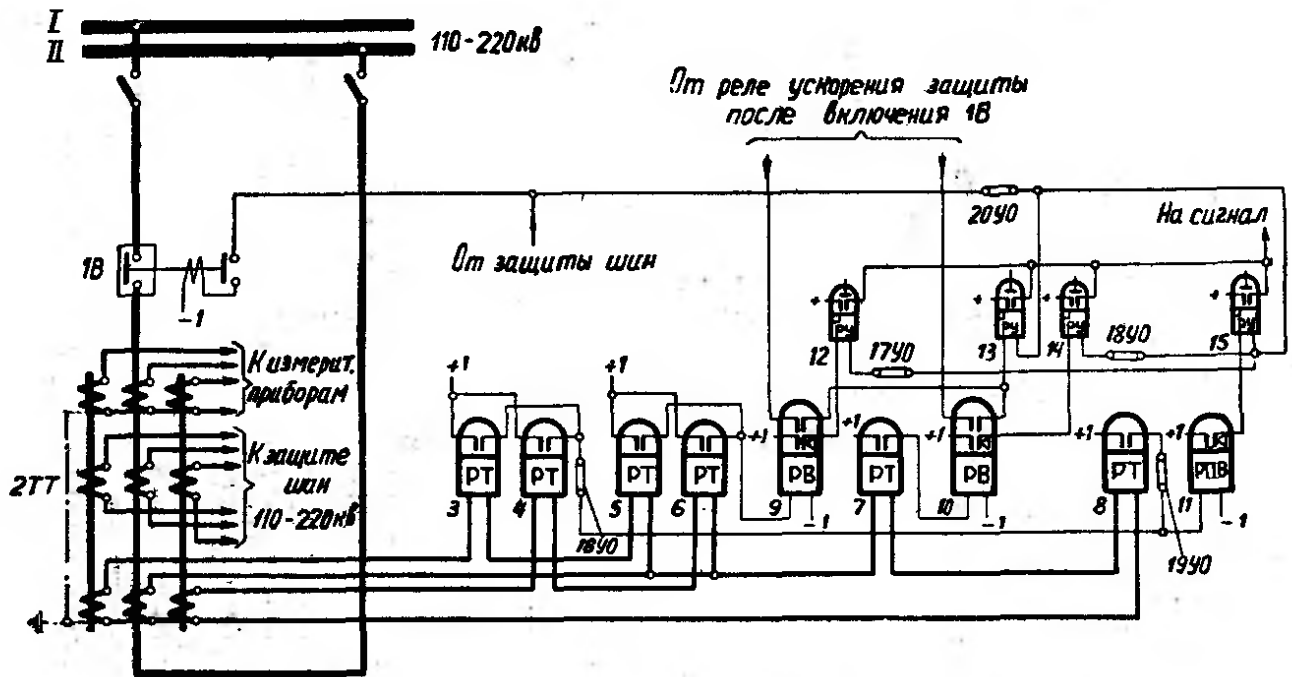


Рис. 17. Схема защиты на обходном выключателе 110—220 кВ с двухступенчатой дистанционной [защитой].

**1В** — выключатель; **72ТТ** — трансформатор тока; **3-5** — реле сопротивления типа КРС-131 (3-1РС — 5-1РС — реле сопротивления; 3-2СД — 3-6СД, 4-2СД — 4-6СД, 5-2СД — 5-6СД — сопротивления добавочные; 3-7К — 5-7К, 3-8К — 5-8К — конденсаторы; 3-9Д — 5-9Д — дроссели; 3-10Тх — 5-10Тх, 3-11Тн — 5-11Тн — трансформаторы тока); **6** — блокировка при качаниях типа КРБ-122 (6-11Р, 6-2РП, 6-3РПВ — реле промежуточные; 6-4РН — реле напряжения; 6-5РВ — реле времени; 6-6СД — 6-12СД — сопротивления добавочные; 6-13К — 6-15К — конденсаторы; 6-16Д — дроссель; 6-17В — 6-19В — выпрямители; 6-20 ТНр, 6-21 ТНс, 6-22ТН<sub>2</sub> — трансформаторы напряжения; 6-23ФП, 6-24К — трансформаторы тока); **7РТ, 8РТ, 10РТ — 12РТ** — реле тока типа ЗТ-521; **9РМ** — реле мощности, см. примеч. 3; **13РВ** — реле времени типа ЭВ-122-А; **14РВ, 16РВ** — реле времени типа ЭВ-134-А; **15РВ** — реле времени типа ЭВ-124-А; **17РПВ, 19РПВ** — реле промежуточные типа РП-251; **18РПВ, 19РПВ** — реле промежуточные типа РП-252; **20СД** — сопротивление добавочное 5,000 Ом типа СТФА-IV; **21СД** — сопротивление добавочное 800 Ом типа СТФА-IV; **22РУ — 30РУ** — реле указательные типа БИ-6; **30ЛС** — лампа испытательная типа БИ-4; **30БИ** — блок испытательный типа БИ-4; **30БН** — блок испытательный типа БИ-4; **31РП, 11РП** — контакты реле положения (РП) разъединителя ДЭП, замкнутые при включенных разъединителях; **31РПВ** — контакты реле ускорения защит, находящегося в сработавшем положении при отключенном выключателе.

**Примечания:**

- В устройстве блокировки при качаниях 6 пущтиром показано соединение, которое должно быть снято, толстыми линиями — дополнительно выходящие соединения. Размыкающие контакты **6-2РД** в **6-3РПВ** должны быть заменены замыкающими контактами соответствующих реле.
- Контакты реле **18РПВ** и **19РПВ** должны быть отрегулированы так, чтобы переключение соответствующих пар контактов (**18РПВ**, в **18РПВ**, **19РПВ**, в **19РПВ** и **19РПВ**) происходило без разрыва цепи. Контакт **18РПВ** должен размыкаться раньше, чем произойдет переключение вышеупомянутых контактов реле **18РПВ**, **19РПВ** (перестройка защиты с первой зоны на вторую).
- Реле мощности **9РМ** принимается типа ИМБ-178/1 или ИМБ-178/2. В случае, если указанное реле не удовлетворяет требованиям чувствительности, должно быть принято реле типа РБМ-178/1 или РБМ-178/2.



**Примечание**

Распределение защит и измерительных приборов по тр-рам тока дано в схеме для случая установки выносных тр-ров тока. При установке масляных выключателей и использовании встроенных в них тр-ров тока принимается следующее распределение защит и измерительных приборов:

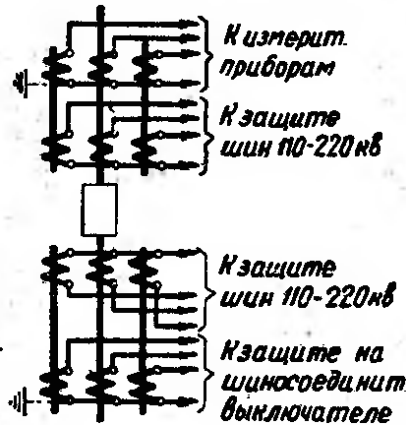


Рис. 18. Схема защиты на шинносоединительном выключателе 110—220 кВ при наличии обходного выключателя.

1В — выключатель; 2ТТ — трансформатор тока; 3РТ — 8РТ — реле тока типа ЭТ-521; 9РВ, 10РВ — реле времени типа ЭВ-133-А; 11РПВ — реле промежуточное типа РП-251; 12РУ — 15РУ — реле указательные типа РУ-21/1; 16УО — 20УО — устройства отключающие типа НКР-2.

если элемент, выключатель которого заменяется, всегда подключается к определенной системе шин (в соответствии с чем и выбрана полярность цепи напряжения реле направления мощности защиты).

10. Цепи напряжения защиты выполнены в соответствии с изложенным в приложении III.

11. Для удобства испытания реле направления мощности нулевой последовательности 14РМ в схеме предусмотрен испытательный блок 36БИ.

**Схема защиты на обходном выключателе**

110—220 кВ с одноступенчатой дистанционной защитой (рис. 16)

1. Схема содержит:

а) токовую отсечку без выдержки времени и одноступенчатую дистанционную защиту с выдержкой времени второй ступени от замыканий между фазами;

б) трехступенчатую направленную токовую защиту нулевой последовательности от замыканий на землю.

2. Токовая отсечка от замыканий между фазами выполнена с реле тока 3РТ и 4РТ.

3. Дистанционная защита выполнена с тремя реле сопротивления типа КРС-131 (10РС—12РС) и, как правило, принимается с выдержкой времени, отстроенной

от быстродействующих защит участка, смежного с тем, выключатель которого заменяется обходным выключателем.

Для предотвращения неправильного действия реле сопротивления при нарушениях цепей напряжения в схеме предусмотрена блокировка, выполненная с реле типа КРБ-11 (9РБН), которая при указанных неисправностях выводит дистанционную защиту из действия (приложение III).

В целях упрощения дистанционная защита выполнена без блокировки при качаниях, в связи с чем применение рассматриваемой схемы целесообразно в системах, мало подверженных качаниям.

4. В схеме предусмотрено ускорение действия дистанционной защиты от реле напряжения прямой последовательности 13РНФ при коротких замыканиях, сопровождающихся уменьшением напряжения ниже 60%  $U_{ном}$ . Указанное ускорение необходимо в ряде случаев по требованию устойчивости.

5. В связи с применением для дистанционной защиты сложного реле (типа КРС-131) в целях удобства его проверки и испытаний в схеме предусмотрены испытательные блоки как в цепях тока (36БИ), так и в цепях напряжения (35БИ).

6. В остальном схема подобна схеме, приведенной на рис. 15.

**Схема защиты на обходном выключателе  
110—220 кВ с двухступенчатой дистанционной защитой  
(рис. 17)**

1. Используется схема, разработанная сектором релейной защиты и автоматики ОРЗАТУ ТЭП для комплектной типового панели дистанционной защиты линий 110—220 кВ.

2. Схема содержит:

а) токовую отсечку без выдержки времени и двухступенчатую дистанционную защиту с устройством блокировки при качаниях от многофазных коротких замыканий;

б) трехступенчатую направленную токовую защиту нулевой последовательности от замыканий на землю.

В схеме предусмотрена возможность использования пускового органа блокировки при качаниях для осуществления резервной фильтровой токовой защиты, включенной на ток  $I_2$  (или  $I_2 + kI_0$ ).

Как в защите от замыканий между фазами, так и в защите от замыканий на землю предусмотрена возможность выполнения ускорения действия защиты после включения выключателя.

3. Выполнение отсечки от замыканий между фазами (реле 7РТ и 8РТ) и защиты нулевой последовательности от замыканий на землю (реле 10РТ—12РТ и 9РМ) подобно таковому в схеме на рис. 15 и отличается лишь тем, что на рис. 17 защита от замыканий на землю имеет общее отключающее устройство (ЗУО), а не отдельные в каждой ступени защиты, что может быть связано с некоторыми эксплуатационными неудобствами при использовании схемы по рис. 17 для защиты на обходном выключателе.

4. Следует отметить, что в случае применения устройства резервирования отказа выключателей в данной схеме для пуска устройства используются контакты реле 17РПВ и предусматривается подача отключающего импульса от указанного устройства на обмотку реле 17РПВ.

5. Распределение защит по трансформаторам тока в случае применения воздушных выключателей с выносными трансформаторами тока, а также в случае применения масляных выключателей со встроенными трансформаторами тока осуществляется в соответствии с показанным на рис. 16 (основной вариант и примеч. 1).

Схема может быть использована для защиты на шинносоединительном выключателе в случае отсутствия обходного; при этом распределение защит по трансформаторам тока выполняется в соответствии с указанным и примеч. 2 к рис. 16.

Выполнение дистанционной защиты подробно рассмотрено в приложении IV.

**Схема защиты на шинносоединительном выключателе  
110—220 кВ при наличии обходного выключателя  
(рис. 18)**

Схема содержит:

а) двухступенчатую токовую защиту, выполненную в виде токовой отсечки без выдержки времени (реле 3РТ и 4РТ) и максимальной токовой защиты с выдержкой времени (реле 5РТ, 6РТ и 9РВ) от замыканий между фазами;

б) двухступенчатую токовую защиту нулевой последовательности, выполненную в виде токовой защиты без выдержки времени (реле 8РТ) и токовой защиты с выдержкой времени (реле 7РТ и 10РВ), от замыканий на землю.

**Схема защиты на шинносоединительном выключателе  
35 кВ (рис. 19)**

Схема содержит двухступенчатую токовую защиту, выполненную в виде токовой отсечки без выдержки вре-

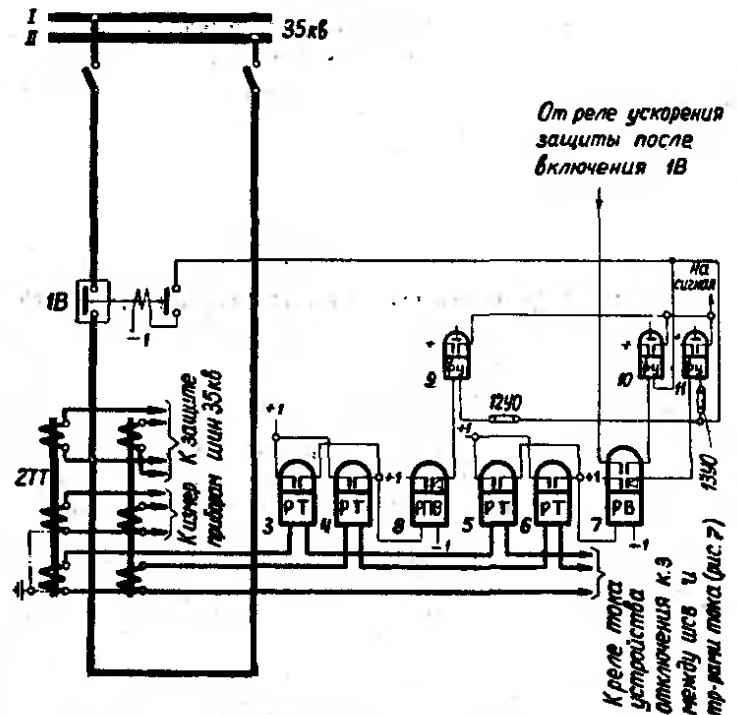


Рис. 19. Схема защиты на шинносоединительном выключателе 35 кВ.

IB—выключатель; 2ТТ—трансформатор тока; 8РТ—6РТ—реле тока типа ЭТ-521; 7РВ—реле времени типа ЭВ-133-А; 8РПВ—реле прожекторное типа РП-251; 9РУ—11РУ—реле указательные типа РУ-21/1; 12УО, 13УО—устройства отключающие типа НКР-2.

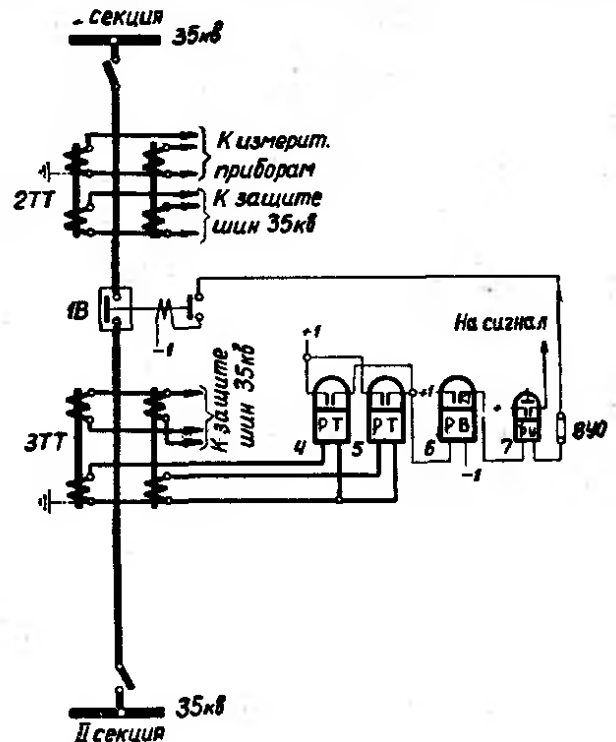


Рис. 20. Схема защиты на секционном выключателе 35 кВ.

IB—выключатель; 2ТТ, 3ТТ трансформаторы тока (встроенные) 4РТ, 5РТ—реле тока типа ЭТ-521; 6РВ—реле времени типа ЭВ-133-А; 7РУ—реле указательное типа РУ-21/1; 8УО—устройство отключающее типа НКР-2.

мени (реле 3РТ, 4РТ и 8РПВ) и максимальной токовой защиты с выдержкой времени (реле 5РТ, 6РТ и 7РВ).

### Схема защиты на секционном выключателе 35 кВ (рис. 20)

1. Схема дана для секционного выключателя шин 35 кВ, питающими элементами которых являются трансформаторы (автотрансформаторы) станций или подстан-

ций и от которых отходят линии, не имеющие питания с противоположных концов.

2. Схема содержит максимальную токовую защиту с выдержкой времени, большей выдержек времени резервных защит линий.

## ГЛАВА ТРЕТЬЯ

# СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ШИН ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СТАНЦИЙ

В настоящей главе рассмотрены типовые схемы релейной защиты шин генераторного напряжения станций (рис. 21—32).

На рис. 21—24 даны схемы неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой.

На рис. 25 дана схема неполной дифференциальной защиты шин генераторного напряжения с комбинированной отсечкой по току и напряжению и резервной максимальной токовой защитой.

На рис. 26 и 26,а, 27 и 27,а даны схемы неполной дифференциальной дистанционной защиты шин генераторного напряжения с резервной максимальной токовой защитой.

На рис. 28 и 28,а дана схема дистанционной защиты шин генераторного напряжения, устанавливаемой на трансформаторе связи с системой и на секционном реакторе.

На рис. 29 и 30 даны схемы неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой в исполнении для фиксированного распределения элементов.

На рис. 31 и 32 даны схемы защиты, устанавливаемой на шинносоединительном выключателе шин генераторного напряжения, с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой.

Схемы дистанционных защит (рис. 26, 26,а, 27, 27,а и 28, 28,а), как более сложные даны как в совмещенном, так и в развернутом изображении; остальные схемы даны только в совмещенном изображении.

### А. ПРИНЦИПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ

1. Для защиты шин генераторного напряжения станций предусматривается преимущественно неполная дифференциальная двухступенчатая защита (рис. 21—27, 29 и 30) с токовой отсечкой, комбинированной отсечкой по току и напряжению или дистанционной защитой в качестве первой ступени и чувствительной максимальной токовой защитой с выдержкой времени в качестве второй ступени.

Вторая ступень предназначена для резервирования первой ступени защиты шин, а также защит питаемых элементов, присоединенных к шинам.

2. В качестве первой ступени неполной дифференциальной защиты следует предусматривать преимущественно токовую отсечку (рис. 21—24, 29 и 30), а при недостаточной ее чувствительности — комбинированную отсечку по току и напряжению (рис. 25) или дистанционную защиту (рис. 26 и 27).

Вторая ступень — чувствительная максимальная токовая защита — должна иметь специальное исполнение,

обеспечивающее повышенную чувствительность в тех случаях, когда это необходимо по требованиям чувствительности (например, на станциях, где выключатели установлены после линейных реакторов).

3. Для секций, на которых некоторые питающие элементы в нормальном режиме присоединяются к резервной системе шин, связываемой с упомянутой секцией через шинносоединительный выключатель (например, когда в целях повышения надежности питания собственных нужд трансформатор связи с системой и резервный трансформатор собственных нужд выделяются на резервную систему шин), предусматривается неполная дифференциальная защита, выполняемая для фиксированного распределения элементов и содержащая дополнительно токовые избирательные органы для селективного отключения основной или резервной системы шин (рис. 29 и 30).

Для станций, нормально работающих на одной системе шин, но для которых частыми являются также режимы с разведением питающих элементов на разные системы шин, ввиду неселективного действия неполной дифференциальной защиты на отключение обеих систем шин в указанных режимах возможно применение отдельных дистанционных защит, устанавливаемых на всех питающих элементах, кроме генераторов. Резервный комплект в таких защитах не предусматривается (рис. 28), поскольку отстройка от токов, возникающих при перегрузках в системе, затруднительна. Следует, однако, учитывать ограниченную возможность применения таких защит (см. особенности выполнения схемы по рис. 28).

4. Все схемы защиты шин (рис. 21—30) и защиты, устанавливаемой на шинносоединительном выключателе (рис. 31 и 32), имеют двухфазное двухсистемное исполнение. Трансформаторы тока предусматриваются для установки в фазах А и С в предположении, что в тех же фазах установлены трансформаторы тока для защит других элементов сети генераторного напряжения.

5. Рассматриваемые в настоящей главе схемы неполной дифференциальной защиты шин генераторного напряжения станций даны для случая, когда отходящие от шин линии реактивны. Однако схемы могут применяться и в случаях, когда на станциях имеются отдельные неактивные линии (обычно большой мощности), на которых установлены трансформаторы тока шинного типа, включенные в схему защиты шин. Предполагается, что станции только с неактивными линиями могут быть лишь малой мощности, для них специальная защита шин может, как правило, не предусматриваться.

Схемы выполнены применительно к станциям с одним генератором на секцию.

6. Все схемы неполной дифференциальной защиты, за исключением схемы на рис. 23, даны для случая, когда для защиты шин используются трансформаторы тока с одинаковыми коэффициентами трансформации, схема на рис. 23 — для случая использования трансфор-

маторов тока с разными коэффициентами трансформации.

Для выравнивания вторичных токов в схеме на рис. 23 предусмотрены специальные автотрансформаторы.

7. Первая ступень неполной дифференциальной защиты шин станций, включая и защиту для фиксированного распределения элементов (рис. 21—27, 29 и 30), выполнена для действия на все питающие элементы, за исключением генератора, отключение которого от поврежденной секции производится второй ступенью защиты шин (п. 8) или собственной резервной защитой генератора. Указанное имеет целью сохранить в ряде случаев в работе генератор с нагрузкой секции, что возможно при погасании дуги из-за выгорания ошиновки или разрушения оборудования (особенно вероятно в установках, где выключатели и ошиновка в цепях питаемых линий не рассчитаны на значения токов короткого замыкания до реактора) или из-за уменьшения тока повреждения после отключения связей с системой.

На станции, где выключатели питаемых линий рассчитаны на отключение повреждений до реакторов этих линий, такое выполнение защиты обеспечивает сохранение в работе генератора с нагрузкой секции также при неселективном отключении защитой шин короткого замыкания на питаемой линии до реактора (вследствие отказа первой ступени защиты поврежденной линии). В рассматриваемом случае нормальная работа генератора на нагрузку секции восстанавливается после отключения поврежденной линии от второй ступени ее защиты.

В схемах также предусмотрена возможность отключения от первой ступени защиты всех питающих элементов, включая и генератор. Такое действие защиты целесообразно в случаях применения на станции АПВ шин генераторного напряжения в целях полного обесточения шин до АПВ.

Следует отметить, что в целях ускорения действия устройства АВР собственных нужд при повреждении на шинах одновременно со всеми питающими элементами отключаются и трансформаторы или реактированные линии собственных нужд, подключенные к этим шинам.

8. Вторая ступень неполной дифференциальной защиты шин станций выполнена действующей на отключение всех питающих элементов, в том числе и генератора. Указанное необходимо для обеспечения надежного резервирования отключения коротких замыканий за реакторами питаемых линий ввиду возможности отказа в этих случаях резервной защиты, установленной на генераторе.

9. Для защиты шин станций, на которых выключатели, установленные на питаемых линиях, не рассчитаны на отключение коротких замыканий до реакторов этих линий, используется неполная дифференциальная защита без выдержки времени в первой ступени, поскольку в указанном случае при повреждении на питаемой линии до реактора срабатывание рассматриваемой защиты является необходимым ввиду недостаточной отключающей способности выключателей питаемых линий (рис. 21—23, 25—27, 29 и 30). При этом токовая отсечка без выдержки времени на питаемых линиях не предусматривается.

Для защиты шин станций, на которых выключатели питаемых линий рассчитаны на отключение коротких замыканий до реакторов этих линий, в целях обеспечения селективности действия используется неполная дифференциальная защита с выдержкой времени в первой ступени, большей выдержки времени быстродействующей

защит питаемых линий (рис. 24). Однако, учитывая, что при таком выполнении защиты возможен ее отказ в результате качаний, возникающих при коротком замыкании на шинах, отключаемых с выдержкой времени, и что для предотвращения указанного необходимо усложнение схемы защиты, допускается в целях упрощения схемы защиты применять неполную дифференциальную защиту без выдержки времени в первой ступени.

При этом на питаемых линиях целесообразно предусматривать токовую отсечку без выдержки времени, которая при повреждении между выключателем и реактором будет обеспечивать:

а) быстрое восстановление напряжения на защищаемой секции шин после отключения всех питающих элементов секции, за исключением генератора (при отключении генератора только от второй ступени защиты шин);

б) успешное АПВ во всех случаях (при наличии АПВ шин).

10. При выполнении первой ступени неполной дифференциальной защиты шин с выдержкой времени (рис. 24), а также при установке защиты шин на питающих элементах, выполняемой с выдержкой времени (рис. 28), предусматривается фиксация начального значения тока короткого замыкания или сопротивления на реле, если это допустимо с точки зрения конфигурации и особенности сети.

Указанное снижает возможность отказа защиты из-за:

а) уменьшения токов, связанного с увеличением длины дуги;

б) затухания токов генераторов;

в) уменьшения суммарного тока короткого замыкания в неполной дифференциальной защите в процессе качаний.

11. В схемах, приведенных на рис. 21—23, 25—27, 29 и 30, предусмотрено замедление отключения всех выключателей, за исключением шинносоединительного, при опробовании одной из систем шин (рис. 33,а). Указанное предотвращает отключение питающих элементов защищаемой секции при повреждении на опробуемой системе шин. Использование в рассматриваемом случае защиты, установленной на шинносоединительном выключателе, нежелательно (гл. 1, п. А,11).

12. В схемах неполной дифференциальной защиты шин (рис. 21—27, 29 и 30) в цепи шинносоединительного выключателя предусмотрены трансформаторы тока, используемые в защите шин.

В схемах на рис. 21—27 эти трансформаторы тока нормально шунтируются испытательными блоками и вводятся в схему в режимах, когда на резервную систему шин выделяется часть питаемых линий защищаемой секции (рис. 33,б), а также когда шинносоединительные выключатели используются для питания потребителей секции при отключении нормально присоединенных к ней питающих элементов (рис. 33,в). При этом из зоны действия защиты исключаются повреждения на резервной системе шин (а в режиме по схеме на рис. 33,в — и повреждения на секции с отключенными питающими элементами); для отключения указанных повреждений в рассматриваемых режимах вводится в работу защита, установленная на шинносоединительном выключателе (рис. 31 и 32).

Дешунтирование рассматриваемых трансформаторов тока в цепи шинносоединительного выключателя производится после окончания операции перевода соответствующих элементов на питание через шинносоединительный выключатель и введения в работу защиты,

установленной на этом выключателе, подобно тому, как для шин 35—220 кВ (приложение 1).

При выделении на резервную систему шин части питающих элементов (рис. 33,г) трансформаторы тока в цепи шиносоединительного выключателя (рис. 21—27) остаются шунтированными, и при повреждении на одной из систем шин защита действует на отключение обеих (поврежденной и неповрежденной) систем шин, поскольку схемы не могут обеспечить селективное отключение только поврежденной системы шин в рассматриваемом режиме.

При опробовании одной из систем шин трансформаторы тока в цепи шиносоединительного выключателя также остаются шунтированными для обеспечения действия защиты шин на отключение шиносоединительного выключателя в случае включения на поврежденную систему шин (п. 11).

В схемах на рис. 29 и 30 трансформаторы тока в цепи шиносоединительного выключателя в нормальном режиме работы введены в схему дифференциальной защиты.

Указанные выше соображения о порядке введения в действие трансформаторов тока в цепи шиносоединительного выключателя (рис. 21—27) при работе станции в режимах, приведенных на рис. 33,а—в, относятся также и к схемам на рис. 29 и 30 при нарушении фиксации в тех же режимах.

13. Для осуществления неполных дифференциальных защит (рис. 21—27, 29 и 30) в цепи каждого секционного выключателя используется по 2 компл. трансформаторов тока, устанавливаемых по обеим сторонам выключателя. Указанное необходимо для охвата дифференциальной защитой шин выводов секционного выключателя.

Действие защиты шин при повреждениях на выводах секционного выключателя могло бы быть также обеспечено и при установке 1 компл. трансформаторов тока с помощью дополнительной максимальной токовой защиты (подобно тому, как это выполняется в схеме для фиксированного распределения элементов для защиты выводов шиносоединительного выключателя, см. особенности выполнения схемы по рис. 29). Однако это решение нежелательно, так как требует применения указанной дополнительной защиты и наличия электрической связи во вторичных цепях между защитами соседних секций.

14. В схемах неполной дифференциальной защиты (рис. 21—27, 29 и 30) предусмотрены испытательные блоки в дифференциальной цепи защиты для удобства контроля исправности цепей защиты в условиях эксплуатации.

Следует учитывать, что измерительные приборы, периодически подключаемые к этим испытательным блокам, при исправности цепей защиты будут обтекаться суммарным током питаемых элементов защищаемой секции шин.

15. В схемах предусмотрены отключающие устройства, выводящие из действия первую ступень защиты и всю защиту в целом, а также отключающие устройства для других целей (см. «Особенности выполнения схем»).

16. Типы предусмотренных в схемах указательных реле даны для напряжения постоянного оперативного тока 220 в.

## Б. ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ

**Схема неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой (рис. 21)**

1. Первая ступень защиты — токовая отсечка без выдержки времени — осуществляется с реле 15РТ и 16РТ, а вторая ступень — максимальная токовая защита — с реле 17РТ, 18РТ и 19РВ.

2. Для предотвращения неселективного действия защиты шин при повреждениях в зоне быстродействующей защиты трансформатора собственных нужд в цепи последнего предусмотрены трансформаторы тока, включаемые в схему дифференциальной защиты шин. Следует отметить, что при использовании для питания собственных нужд реактированной линии (а не трансформатора, как показано на схеме) с выключателем, не рассчитанным на отключение повреждений до реактора, указанные выше трансформаторы тока в цепи элемента собственных нужд из схемы исключаются и повреждению до реактора линии собственных нужд отключаются защитой шин.

3. Предусмотренные в цепи шиносоединительного выключателя трансформаторы тока 10ТТ, нормально шунтированные испытательным блоком 31БИ, вводятся в схему защиты шин в режимах, когда через шиносоединительный выключатель питаются элементы, присоединенные к резервной системе шин (рис. 33,б) или к другой секции рабочей системы (рис. 33,в), см. п. А,12 настоящей главы. При этом вводится в действие защита, установленная на шиносоединительном выключателе и выполняемая по рис. 31 или 32 (в зависимости от того, рассчитаны ли выключатели реактированных линий на отключение коротких замыканий до реакторов этих линий).

4. В схеме предусмотрено устройство, замедляющее отключение выключателей питающих элементов при опробовании одной из систем шин подачей напряжения через шиносоединительный выключатель. Замедление отключения осуществляется снятием минуса с защиты с помощью промежуточного реле 23РПВ, имеющего замедление при возврате, большее суммы времен действия защиты и отключения шиносоединительного выключателя. При этом импульс на отключение без выдержки времени шиносоединительного выключателя сохраняется с помощью промежуточного реле 22РП, что обеспечивает отключение только шиносоединительного выключателя при повреждении на опробуемой системе шин.

Использование для этой цели (отключения только шиносоединительного выключателя при повреждении на опробуемой системе шин) защиты, установленной на шиносоединительном выключателе, путем предварительного включения ее в работу и введения в схему (дешунтирования) трансформаторов тока 10ТТ нежелательно (гл. 1, п. А,11).

В целях предотвращения длительного выведения из действия защиты шин при многократном опробовании шиносоединительного выключателя после ревизии в схеме предусмотрено отключающее устройство 28УО, при замыкании которого шунтируются контакты реле 23РПВ, снимающие минус с защиты.

5. В схеме предусмотрено отключающее устройство 29УО, при замыкании которого создается цепь на отключение генератора от первой ступени защиты, что не-

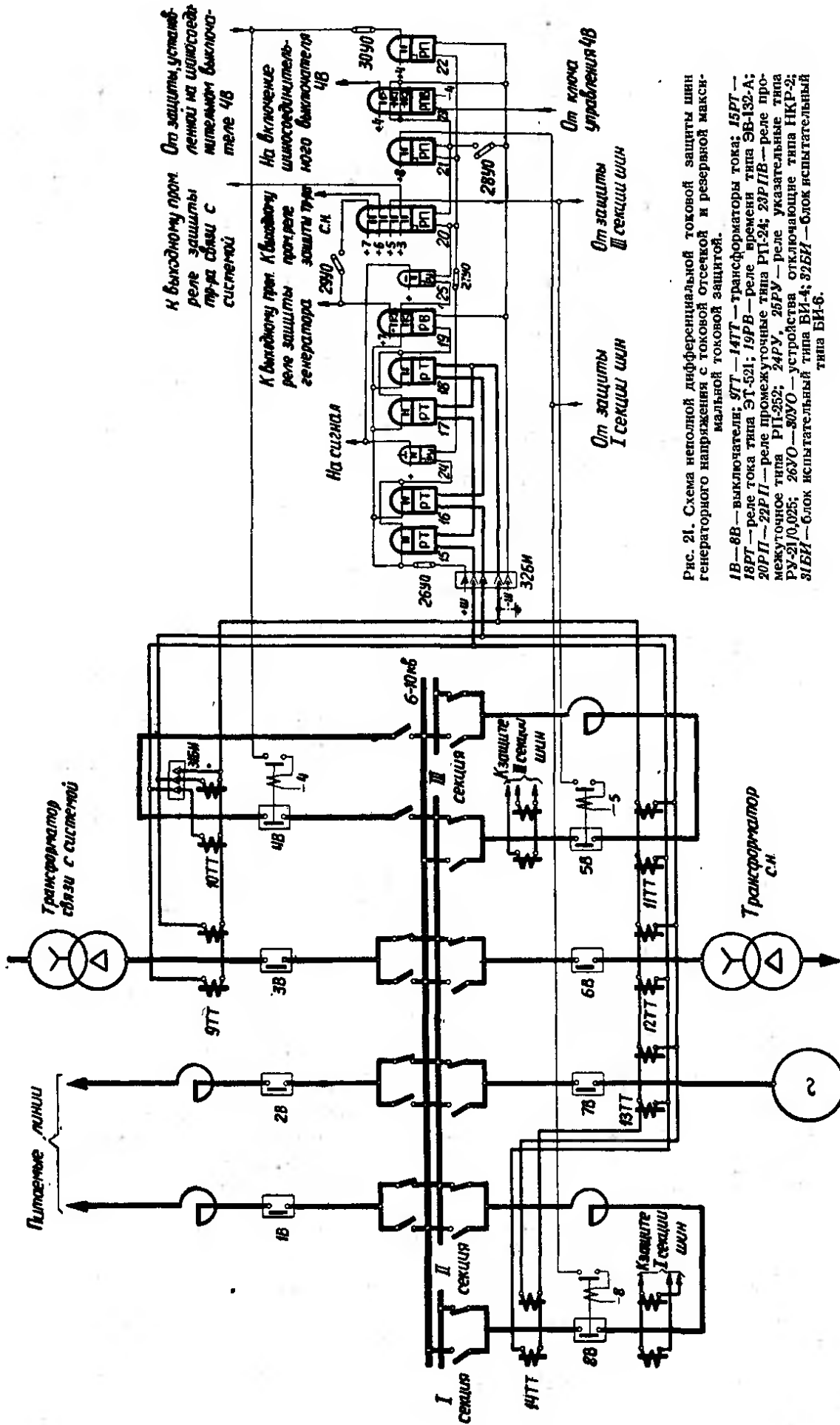


Рис. 21. Схема неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой.

1В—6В—выключатели; 9ТТ—14ТТ—трансформаторы тока; 15РТ—18РТ—реле тока типа ЭТ-521; 19РВ—реле времени типа ЭВ-132-А; 20РП—22РП—реле промежуточные типа РП-24; 23РПВ—реле промежуточное типа РП-252; 24РУ, 25РУ—реле указательные типа РУ-21,0,025; 26УО—30УО—устройства отключающие типа НКР-2; 31БВ—блок испытательный типа БИ-4; 32БВ—блок испытательный типа БИ-6.



обходимо в случаях, когда применяется АПВ шин генераторного напряжения (п. А.7 настоящей главы).

Отключающее устройство *ЗОВО* дает возможность снять импульс на отключение шинносоединительного выключателя от защиты шин. Указанное необходимо, например, при переводе элементов с одной системы шин на другую в целях предотвращения отключения разъединителем тока повреждения при коротком замыкании на шинах в момент, когда замкнуты оба разъединителя одного из переводимых элементов. Во время рассматриваемого перевода трансформаторы тока *ЮТТ* в цепь шинносоединительного выключателя должны оставаться шунтированными испытательным блоком *ЗИБИ*, а защита, установленная на шинносоединительном выключателе, — выведенной из действия.

#### Схема неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой повышенной чувствительности (рис. 22)

1. Первая ступень защиты — токовая отсечка без выдержки времени — осуществляется с реле *19РТ* и *20РТ*, а вторая ступень — максимальная токовая защита — с реле *21РТ—24РТ* и *25РВ*.

2. Схема разработана для случаев, когда вторая ступень защиты, выполненная с реле тока, острожными от полигоно тока суммарной нагрузки секции (гл. 6, разд. А), не обеспечивает необходимой чувствительности к повреждениям за линейным реактором. Указанное особенно вероятно, когда на питаемых линиях выключатели установлены после линейных реакторов. При этом вторая ступень защиты шин является единственной защитой от повреждений между реактором и выключателем, а потому необходима большая чувствительность защиты ( $k_4 \geq 1,5$  вместо  $k_4 \geq 1,2$ ).

Для увеличения чувствительности второй ступени защиты трансформаторы тока нескольких наиболее мощных питаемых линий (рис. 22, линии с выключателями *2В* и *3В*) включены в дифференциальную схему. При этом ток срабатывания реле второй ступени *23РТ* и *24РТ*, отстраиваемый с учетом самозапуска от суммарного тока нагрузки питаемых линий, не охваченных дифференциальной защитой, уменьшается. Максимальное рациональное уменьшение тока срабатывания (в 2 раза) может быть достигнуто включением в дифференциальную схему трансформаторов тока линий, питающих половину нагрузки секции; включение в дифференциальную схему трансформаторов тока линий, питающих большую нагрузку, нецелесообразно, так как при этом увеличится ток срабатывания дополнительных реле второй ступени защиты (п. 3).

Поскольку коэффициенты трансформации трансформаторов тока шинного типа, установленных на питающих элементах и используемых в защите шин, значительно больше, чем у трансформаторов тока, установленных на питаемых линиях, включение последних в дифференциальную схему производится через промежуточные трансформаторы тока, выравнивающие эти коэффициенты. Трансформаторы тока питаемых линий, имеющие одинаковые коэффициенты трансформации, включаются в дифференциальную схему через один промежуточный трансформатор (*18ТТ* на рис. 22).

В целях выяснения возможности выполнения рассматриваемой схемы в приложении V в общем виде произведен расчет нагрузки на трансформаторы тока питаемых линий, включенные в схему дифференциальной защиты, и на промежуточные трансформаторы тока.

Рассмотренный вариант включения трансформаторов тока нескольких питаемых линий в дифференциальную схему через промежуточные трансформаторы тока целесообразнее непосредственного их включения, поскольку в последнем случае потребовалась бы установка на рассматриваемых линиях таких же трансформаторов тока, как и на питающих элементах.

3. В целях резервирования защит питаемых линий, охваченных дифференциальной защитой, в максимальной токовой защите шин дополнительно предусматриваются два реле тока (*21РТ* и *22РТ*), включенные во вторичную цепь промежуточных трансформаторов тока. Ток срабатывания этих реле отстраивается от суммарного тока нагрузки питаемых линий, охваченных дифференциальной защитой.

В случаях, когда схема по рис. 22 применяется для станций, на которых линейные выключатели установлены до линейных реакторов, при небольшом числе (1—2) питаемых линий, охваченных дифференциальной защитой, дополнительные реле тока второй ступени защиты шин могут не устанавливаться, поскольку в рассматриваемых условиях они несут только резервные функции.

4. Во всем остальном схема совпадает с приведенной на рис. 21.

5. Настоящая схема, как и рассмотренная ниже схема на рис. 27, может применяться и при наличии на защищаемой секции шин питаемых линий с групповыми реакторами.

#### Схема неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой при использовании трансформаторов тока с разными коэффициентами трансформации (рис. 23)

1. Первая ступень защиты — токовая отсечка без выдержки времени — осуществляется с реле *17РТ*, *18РТ*, а вторая ступень — максимальная токовая защита — с реле *19РТ*, *20РТ* и *21РВ*.

2. Данная схема отличается от схемы на рис. 21 только использованием автотрансформаторов тока *15АТ* и *16АТ* для выравнивания вторичных токов.

Необходимость в такой схеме возникает при неодинаковой мощности питающих элементов, когда на них установлены трансформаторы тока с разными коэффициентами трансформации.

Схема дана для случая, когда коэффициент трансформации трансформаторов тока, установленных на генераторе и шинносоединительном выключателе, превышает коэффициент трансформации трансформаторов тока, установленных на трансформаторе связи с системой, трансформаторе собственных нужд и секционных реакторах.

#### Схема неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой, имеющей выдержку времени, и резервной максимальной токовой защитой (рис. 24)

1. Первая ступень защиты — токовая отсечка с выдержкой времени — осуществляется с реле *14РТ*, *15РТ*, *18РВ* и *20РП*, а вторая ступень — максимальная токовая защита — с реле *16РТ*, *17РТ* и *19РВ*.

2. В схеме предусмотрена фиксация начального значения тока повреждения, протекающего через реле *14РТ* и *15РТ*, осуществляемая с помощью реле *20РП*, *16РТ* и *17РТ*.

3. В схеме предусмотрено отключение шинносоединительного выключателя без выдержки времени при оп-

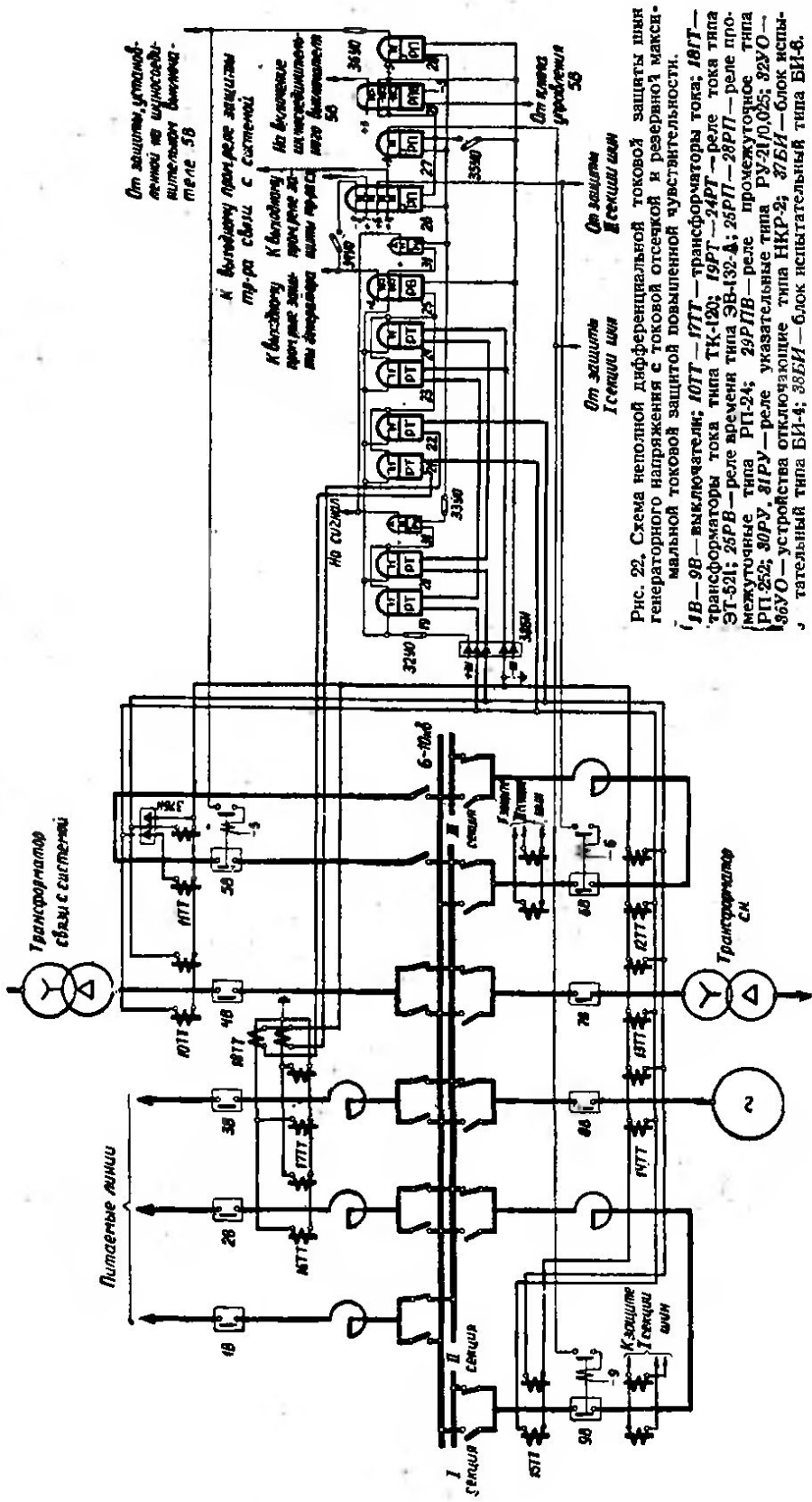


Рис. 22. Схема неполной дифференциальной токовой защиты шва генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой повышенной чувствительности.

1В — 9В — выключатели; 10ТТ — 17ТТ — трансформаторы тока; 18ТТ — трансформаторы тока типа ТК-120; 19РТ — 24РТ — реле тока типа ЭТ-521; 25РВ — реле времени типа ЭВ-432-А; 25РП — 28РП — реле промежуточные типа РП-24; 29РПВ — реле промежуточное типа РП-25; 30РУ, 31РУ — реле указательные типа РУ-210,025; 32УО — 36УО — устройства отключающие типа НКР-2; 37БИ — блок испытательный типа БИ-4; 38БИ — блок испытательный типа БИ-6.

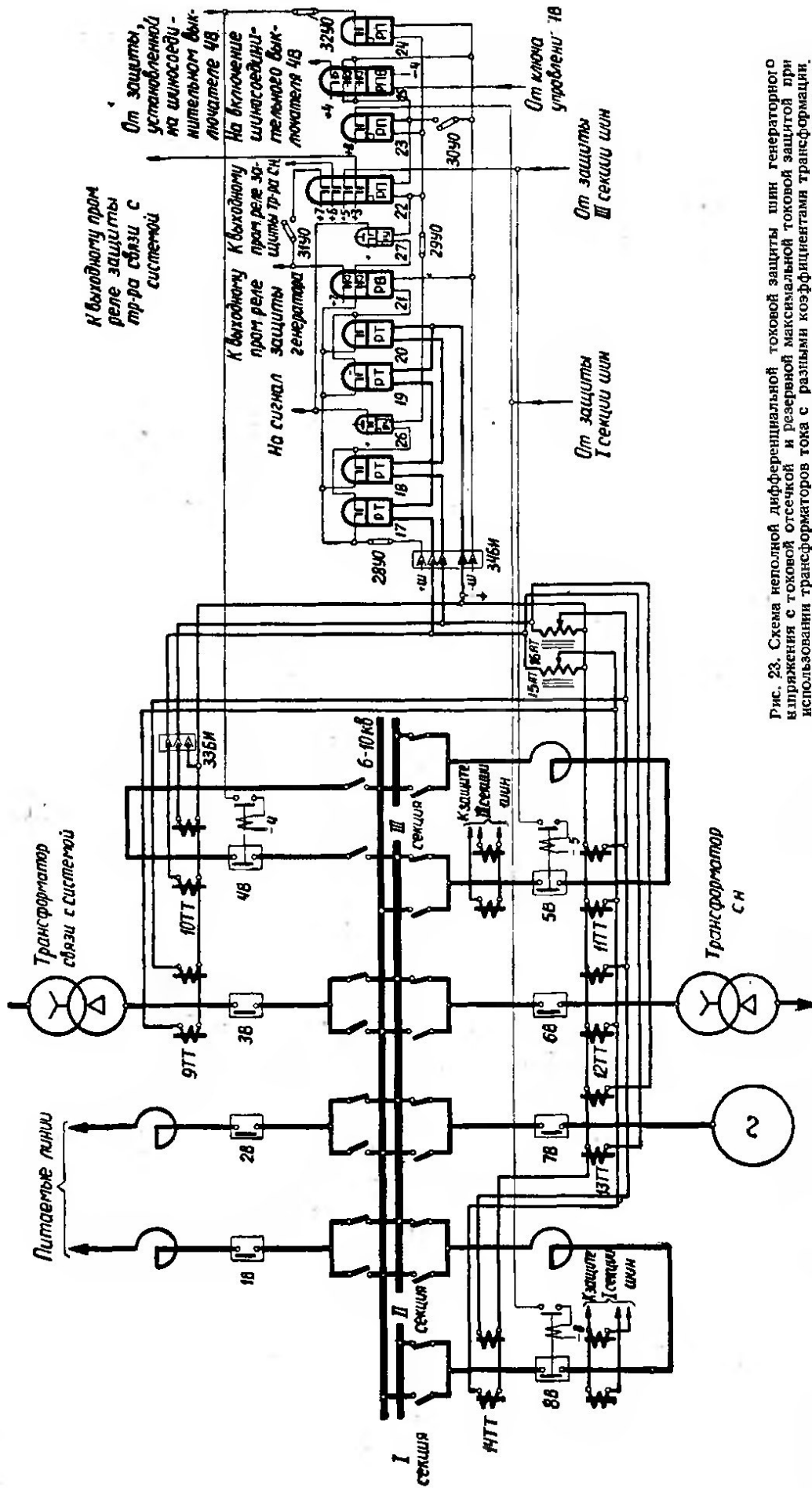


Рис. 23. Схема неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой при использовании трансформаторов тока с разными коэффициентами трансформации.

1В—8В—выключатели; 9ТТ—14ТТ—трансформаторы тока; 15АТ, 16АТ—автотрансформаторы тока; 17РТ—20РТ—реле тока типа ЭТ-521; 21РВ—реле времени типа ЭВ 132-А; 22РТ—24РТ—реле промежуточные типа РП-24; 25РГВ—реле промежуточные типа РП-25; 26РУ—реле указательные типа РУ-21/0,025; 28УО—32УО—устройство отключ. 33БИ—34П—реле типа НКР-3; 33БИ—блок испытательный типа БИ-4; 34БИ—блок испытательный типа БИ-4.

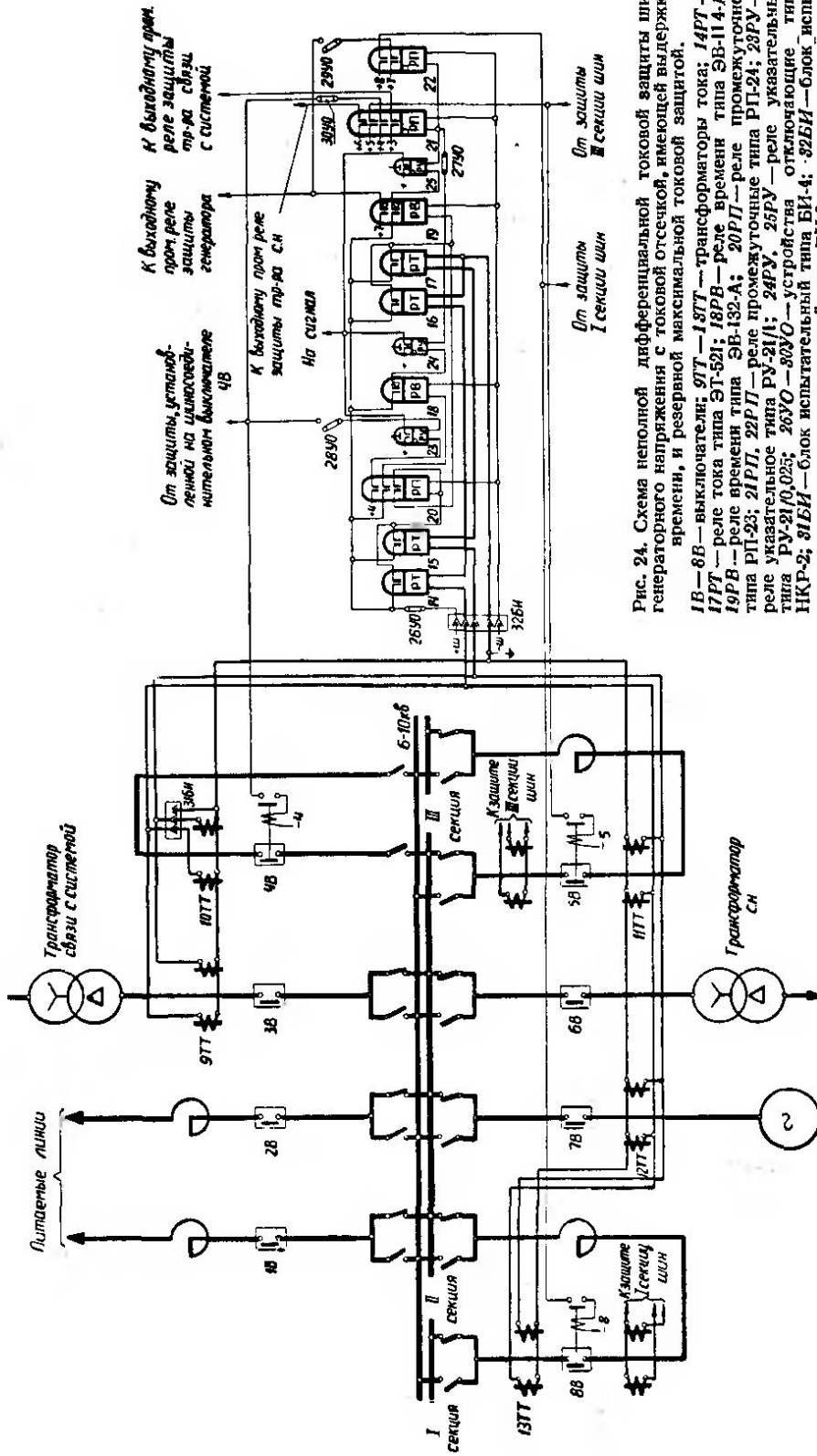


Рис. 24. Схема неполной дифференциальной токовой защиты линии генераторного напряжения с токовой отсечкой, имеющей выдержку времени, и резервной максимальной токовой защитой.

1В — 6В — выключатели; 9ТТ — 11ТТ — трансформаторы тока; 14РТ — 17РТ — реле тока типа ЭТ-521; 18РТВ — реле времени типа ЭВ-114-А; 19РТВ — реле времени типа ЭВ-132-А; 20РТЛ — реле промежуточное типа РП-23; 21РТ, 22РТЛ — реле промежуточные типа РП-24; 23РУ — реле указательное типа РУ-21/1; 24РУ, 25РУ — реле указательные типа РУ-21/0,025; 26УО — 30УО — устройства отключающие типа НКР-2; 31БИ — блок испытательный типа БИ-4; 32БИ — блок испытательный типа БИ-6.

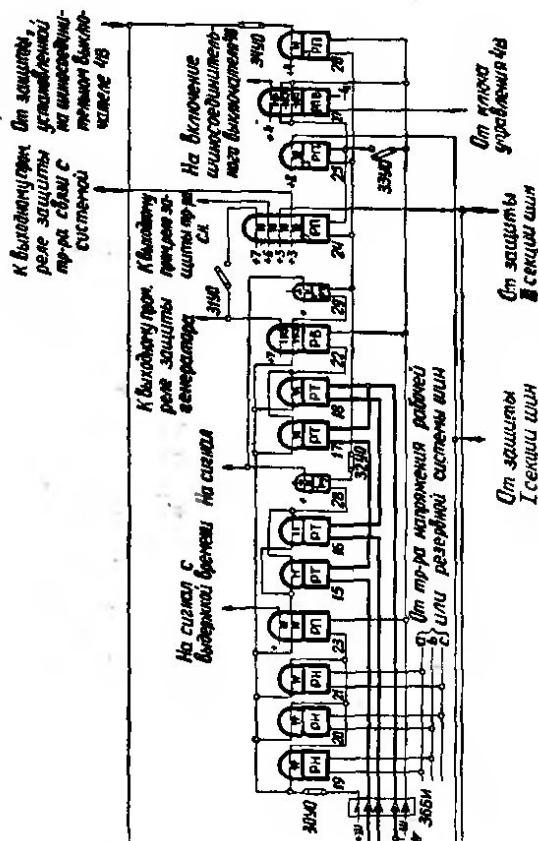
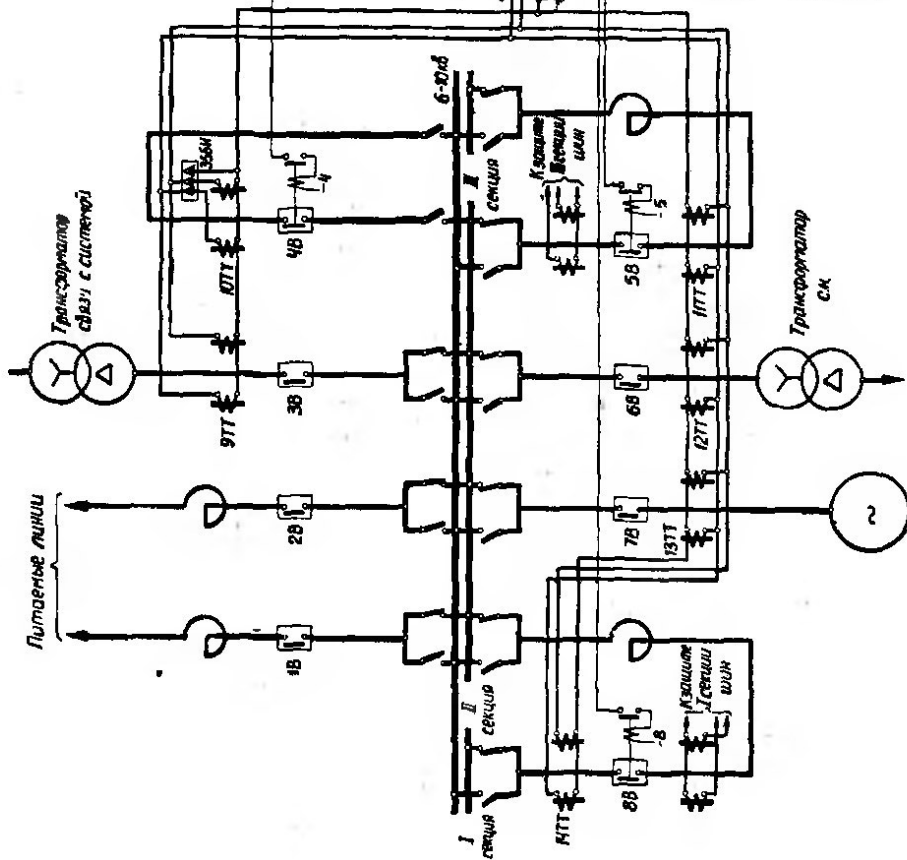


Рис. 26. Схема неполной дифференциальной защиты шин генераторного напряжения с комбинированной отсечкой по току и напряжению и резервной максимальной токовой защитой.

1В — 8В — выключатели; 9ТТ — 14ТТ — трансформаторы тока; 15РТ — реле тока типа ЭТ-32; 19РН — 21РН — реле напряжения типа ЭН-329; 22РВ — реле времени типа ЭВ-132-А; 23РП — реле промежуточные типа РП-23; 24РП — реле промежуточные типа РП-24; 27РПВ — реле промежуточные типа РП-25; 28РП; 29РП — реле указательные типа РУ-210,025; 30УО — устройства отключающие типа НКР-2; 35БИ — блок испытательный типа БИ-4; 36БИ — блок испытательный типа БИ-6.

робовании им резервной системы шин. Указанное обеспечивается с помощью реле 20РП и отключающего устройства 28УО, которое включается перед опробованием.

Действие защиты при повреждении на резервной системе шин в рассматриваемом случае сигнализирует си указательным реле 23РУ.

В других режимах работы с включенным шиносоединительным выключателем (например, по рис. 33) импульс на отключение шиносоединительного выключателя от реле 20РП должен быть снят размыканием отключающего устройства 28УО во избежание неселективного отключения шиносоединительного выключателя при повреждении до реактора на каком-либо питаемом элементе или в трансформаторе собственных нужд.

4. В цепи шиносоединительного выключателя предусмотрены трансформаторы тока 10ТТ, нормально зашунтированные испытательным блоком 31БИ, так же как в схеме по рис. 21. Эти трансформаторы тока вводятся в схему защиты шин (дешунтируются) в режимах по рис. 33, б и в. При этом вводится в действие защита, установленная на шиносоединительном выключателе и выполняемая по рис. 32.

5. В схеме не предусмотрены трансформаторы тока в цепи трансформатора собственных нужд, включенные в схему защиты шин, поскольку на трансформаторе собственных нужд устанавливается защита без выдержки времени, более чувствительная к повреждениям в этом трансформаторе, чем неполная дифференциальная защита шин.

6. В схеме предусмотрены отключающие устройства 29УО и 30УО, выполняющие те же функции, что и в схеме на рис. 21 (п. 5 особенностей выполнения схемы по рис. 21).

#### Схема неполюсной дифференциальной защиты шин генераторного напряжения с комбинированной отсечкой по току и напряжению и резервной максимальной токовой защитой (рис. 25)

1. Данная схема отличается от схемы на рис. 21 только выполнением первой ступени защиты.

В качестве первой ступени в схеме использована комбинированная отсечка по току и напряжению, осуществляемая с реле 15РТ, 16РТ, 19РН, 20РН и 21РН. Вторая ступень — максимальная токовая защита — осуществляется с реле 17РТ, 18РТ и 22РВ.

2. В соответствии с изложенным в приложении III для предотвращения неправильного срабатывания первой ступени защиты из-за неисправности цепей напряжения при возникновении повреждения вне зоны действия этой ступени в рассматриваемой схеме предусмотрен контроль наличия напряжения, осуществленный с использованием минимальных реле напряжения отсечки 19РН, 20РН, 21РН в предположении, что они достаточно чувствительны. В противном случае для контроля должны предусматриваться специальные реле подобно тому, как в схеме на рис. 26.

3. Во всем остальном схема совпадает с приведенной на рис. 21.

#### Схема неполюсной дифференциальной дистанционной защиты шин генераторного напряжения с резервной максимальной токовой защитой (рис. 26 и 26а).

1. В первой ступени защиты в качестве дистанционного органа использовано реле сопротивления типа КРС-111 (17РС), включенное на разность токов фаз А и С и на то или иное междупазное напряжение в зависимости от вида повреждения (табл. 1).

2. Для обеспечения одинаковых величин сопротивлений на зажимах реле при различных видах повреж-

Таблица 1  
Сочетание токов и напряжений, подводимых к реле сопротивления при различных видах повреждений

Замыкание между фазами	Действуют реле		К реле сопротивления подводится	
	тока	промежуточные	ток	напряжение
А, В	15РТ	19РП, 20РП	$I_A$	$0,5 U_{AB}$
В, С	16РТ	21РП	$-I_C$	$0,5 U_{BC}$
С, А	15РТ, 16РТ	19РП, 20РП 21РП	$I_A - I_C$	$U_{AC}$
А, В, С	15РТ, 16РТ	19РП, 20РП, 21РП	$I_A - I_C$	$U_{AC}$

дений в соответствии с табл. 1 предусмотрено подведение к реле сопротивления напряжения, вдвое меньшего при коротких замыканиях между фазами А и В или В и С, чем при коротких замыканиях между фазами С и А или между тремя фазами. Указанное осуществляется уменьшением вдвое числа витков первичной обмотки автотрансформатора напряжения (рис. 26а) при повреждении между фазами С и А и между тремя фазами.

3. Уставка реле сопротивления может регулироваться двумя способами: изменением коэффициента трансформации автотрансформатора напряжения (использованием различных ответвлений вторичной обмотки автотрансформатора) и изменением числа используемых витков первичных обмоток трансреакторов Тх1 и Тх2.

Уставки по положительному и отрицательному направлениям оси реактивных сопротивлений регулируются в токовых цепях независимо изменением числа витков трансреакторов, соответственно Тх1 и Тх2. При использовании на трансреакторах Тх1 и Тх2 различного числа витков характеристика реле получает смещение по оси реактивных сопротивлений.

4. Токовые цепи реле сопротивления в нормальном режиме работы шунтируются размыкающим контактом реле времени 18РВ. Этот контакт размыкается без замедления после срабатывания промежуточных реле 19РП и 20РП или 21РП, производящих переключения в цепях напряжения реле сопротивления. Указанное предотвращает неправильное срабатывание этого реле, которое могло бы иметь место из-за подведения к нему тока повреждения раньше, чем напряжения.

5. Для создания на реле сопротивления тормозного момента, обеспечивающего надежное удерживание контакта реле в разомкнутом положении, при нормальном режиме работы на автотрансформатор подается напряжение, пониженное с помощью добавочного сопротивления (36СД). Указанное добавочное сопротивление выбрано таким образом, чтобы обеспечивалась термическая устойчивость реле.

6. Токовые пусковые реле 15РТ и 16РТ являются общими для первой (дистанционной) и второй (токовой с выдержкой времени) ступеней защиты.

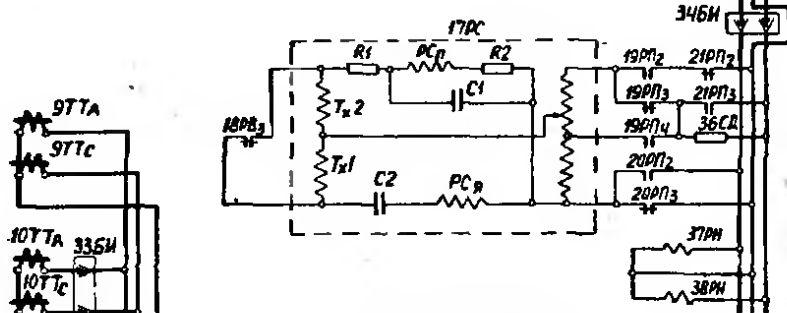
7. Так же как в схеме на рис. 21, в рассматриваемой схеме предусмотрены:

а) трансформаторы тока в цепи трансформатора собственных нужд, включаемые в схему дифференциальной защиты шин;

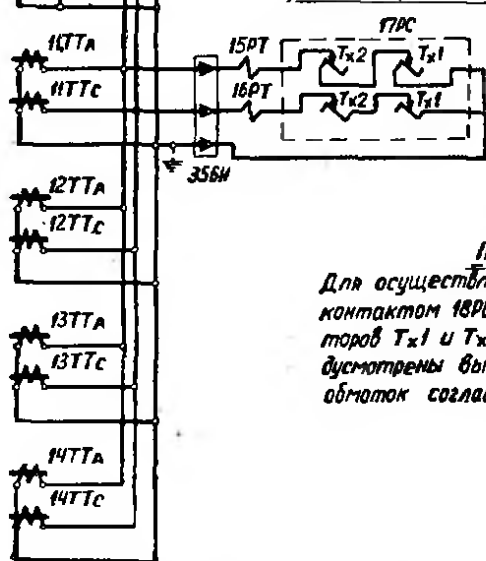
б) устройство, замедляющее отключение выключателей питающих элементов при опробовании одной из систем шин подачей напряжения через шиносоединительный выключатель, осуществляемое с помощью промежуточного реле 25РПВ.



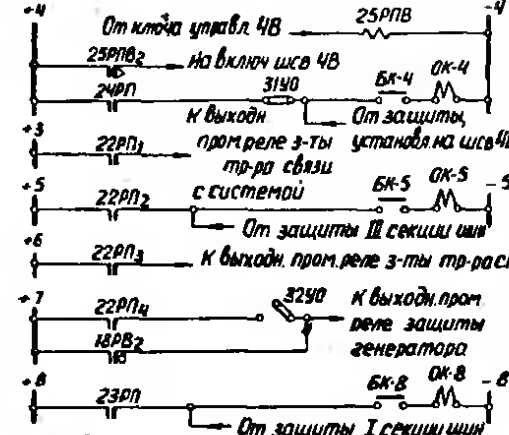
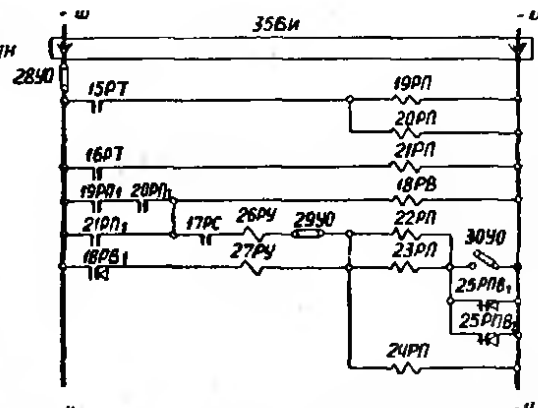
От тр-ра напряж рабочей или резервной системы шин



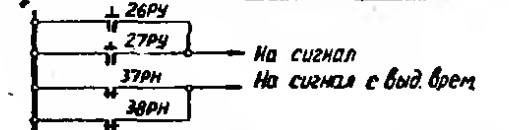
б) Схема цепей напряжения.



**Примечание**  
Для осуществления шунтирования контактом 18PB3 обмоток трансформаторов T<sub>x1</sub> и T<sub>x2</sub> должны быть предусмотрены выводы концов этих обмоток согласно рис. б.



в) Схема цепей постоянного тока.



г) Схема цепей сигнализации.

Цели дистанции-  
Цели, обеспечивающие  
отказ только шсв при  
работе одной из сект  
резервной з-т  
Цели отключения  
выключателей

а) Схема цепей переменного тока.

Рис. 26а. Развернутые схемы цепей переменного тока и напряжения и оперативного постоянного тока защиты по рис. 26.

8. Отключающие устройства, предусмотренные в схеме, выполняют те же функции, что и в схеме по рис. 21.

9. Выполнение цепей напряжения защиты дано в приложении III. В соответствии с изложенным в этом приложении для предотвращения неправильного срабатывания дистанционной защиты из-за неисправности цепей напряжения при возникновении повреждения вне зоны действия этой защиты в рассматриваемой схеме предусмотрен контроль наличия напряжения на защите, осуществленный с помощью специально предусмотренных минимальных реле напряжения 37PH и 38PH, включенных на междуфазные напряжения и действующих на сигнал с выдержкой времени.

**Схема неполной дифференциальной дистанционной защиты шин генераторного напряжения с резервной максимальной токовой защитой повышенной чувствительности (рис. 27 и 27а)**

1. Схема разработана для случаев, когда вторая ступень защиты, выполненная с реле тока, отстроенными от полного тока суммарной нагрузки секции с учетом самозапуска (гл. 6, разд. А), не обеспечивает необходимой чувствительности к повреждениям за линейным реактором.

Для увеличения чувствительности второй ступени

защиты трансформаторы тока нескольких и наиболее мощных питаемых линий включены в дифференциальную схему (через промежуточные трансформаторы тока).

2. В части выполнения резервной максимальной токовой защиты, осуществляемой с реле 19PT—22PT и 26PB, и выбора соответствующих параметров настоящей схема подобна приведенной на рис. 22 (гл. 2 и 3 особенностей выполнения схемы по рис. 22).

3. Во всем остальном схема совпадает с приведенной на рис. 26.

**Схема дистанционной защиты шин генераторного напряжения, устанавливаемой на секционном реакторе (рис. 28 и 28а)**

1. В схеме применен односистемный дистанционный орган, выполненный с реле сопротивления типа КРС-III (5PC), так же как в схеме по рис. 26 (гл. 1—5 особенностей выполнения схемы по рис. 26). В качестве пускового органа используются реле тока 3PT и 4PT, для переключений в цепях напряжения — промежуточные реле 9PI, 10PI и 11PI.

2. Реле сопротивления 5PC имеет смещение по оси реактивных сопротивлений<sup>1</sup>, выбираемое таким обра-

<sup>1</sup> См. статью В. А. Сатарова «Защита шин 6—10 кВ с применением омметра, обладающего смещенной характеристикой» (Труды ВЭИ, вып. 3, Госэнергоиздат, 1954).



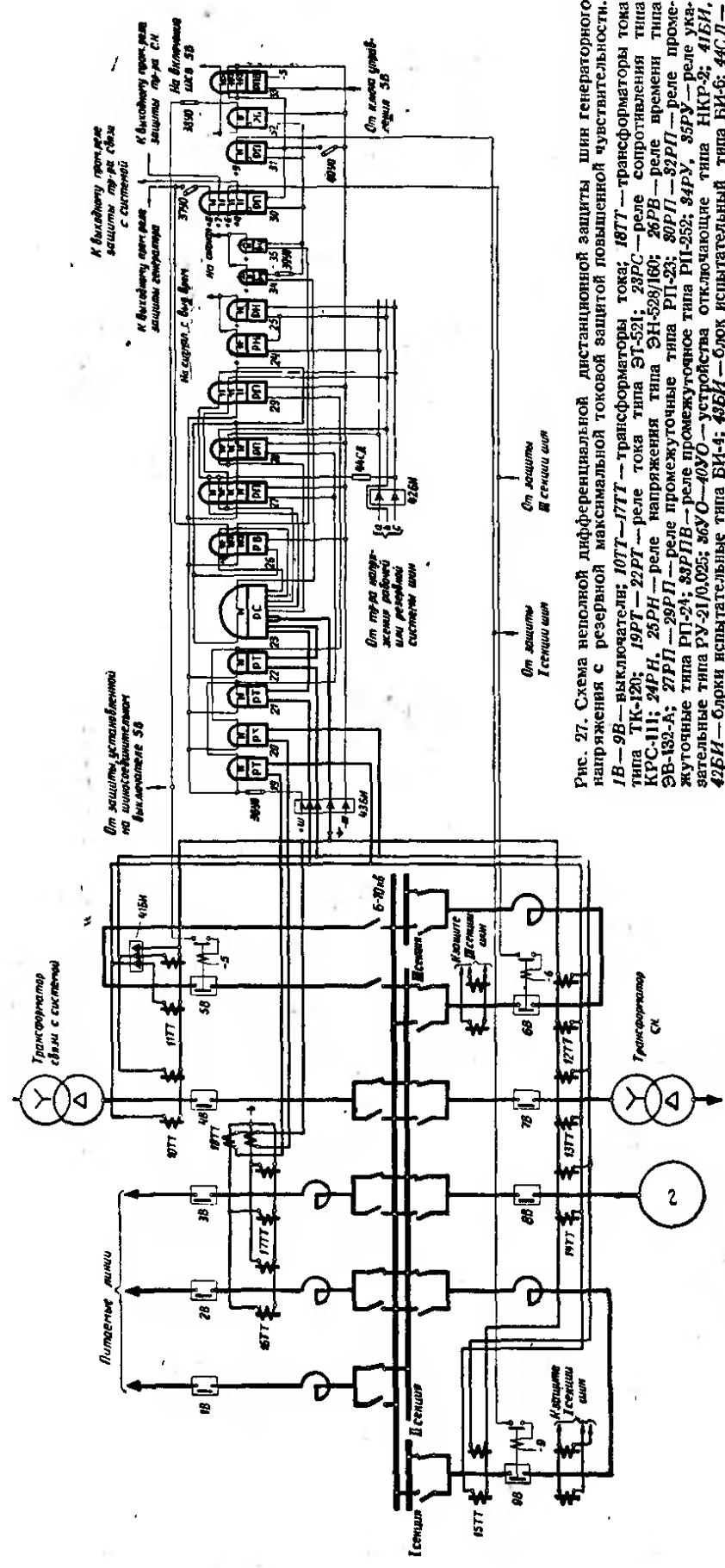
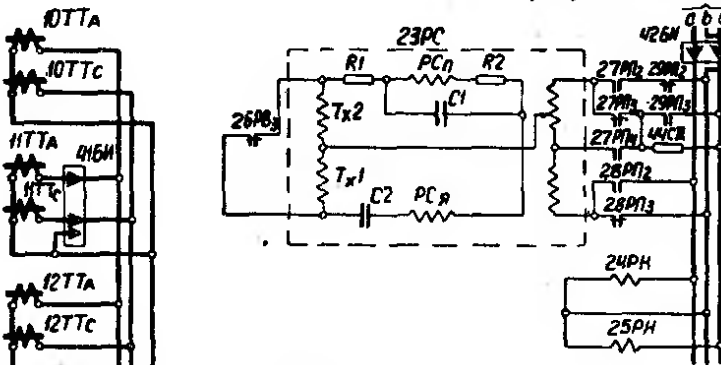
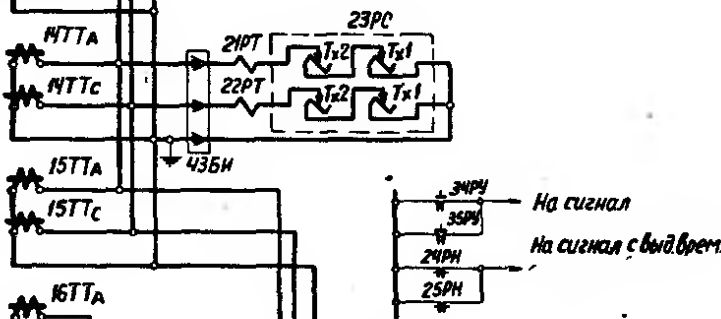


Рис. 27. Схема неполной дифференциальной дистанционной защиты шин генераторного напряжения с резервной максимальной токовой защитой повышенной чувствительности. 1В—9В—выключатели; 10ТТ—17ТТ—трансформаторы тока; 18ТТ—трансформаторы тока типа ТК-120; 19РТ—22РТ—реле тока типа ЭТ-521; 23РС—реле сопротивления типа КУС-111; 24РН, 25РН—реле напряжения типа ЭН-528/160; 26РВ—реле времени типа ЭВ-132-А; 27РП—29РП—реле промежуточные типа РП-23; 30РП—32РП—реле промежуточные типа РП-24; 33РПВ—реле промежуточное типа РП-252; 34РУ, 35РУ—реле ука-зательные типа РУ-21/0,025; 36УО—40УО—устройства отключающие типа НКР-2; 41БН, 42БН—блоки испытательные типа БИ-4; 43БН—блок испытательный типа БИ-6; 44СД—сопротивление добавочное.

От тр-ра напряж рабочей или резервной системы шин



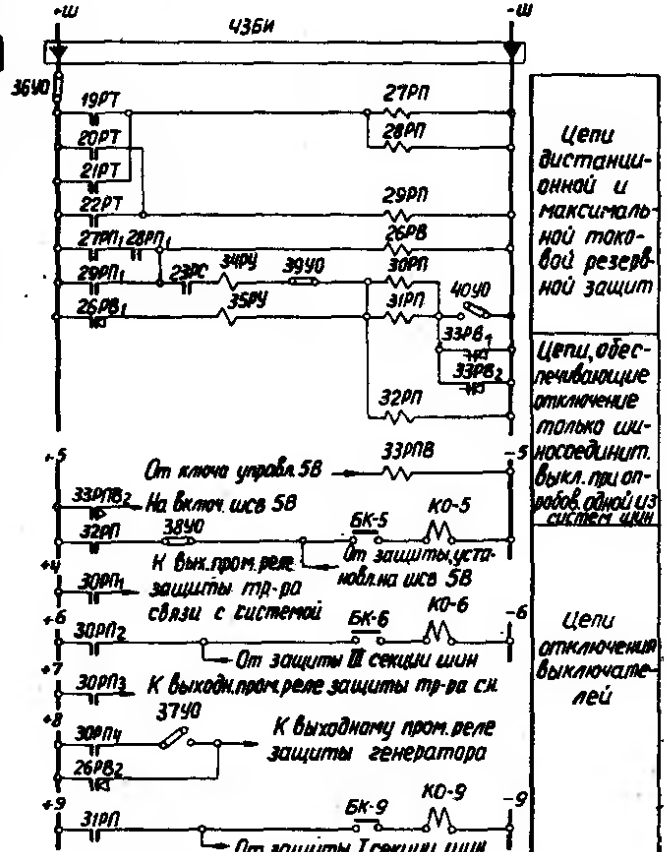
а) Схема цепей напряжения



б) Схема цепей сигнализации

**Примечание**  
Для осуществления шунтирования контактом 26PB3 обмоток трансформаторов Tx1 и Tx2 должны быть предусмотрены выводы концов этих обмоток согласно рис. 6

в) Схема цепей переменного тока



в) Схема цепей постоянного тока

Рис. 27а. Развернутые схемы цепей переменного тока и напряжения и оперативного постоянного тока защиты по рис. 27.

зом, чтобы защита, установленная на секционном реакторе, действовала при повреждениях на обеих секциях шин, связанных этим реактором (гл. 6, разд. Г).

3. В схеме предусмотрена фиксация начального значения сопротивления, осуществляемая с помощью промежуточного реле 12РП.

4. В схеме предусмотрен контроль наличия напряжения на защите, выполненный, так же как в схеме по рис. 26, с помощью минимальных реле напряжения 6РН и 7РН.

5. Защита выполнена с двумя выдержками времени: с первой выдержкой времени подается импульс на отключение выключателя в цепи секционного реактора, со второй выдержкой времени — на отключение других питающих элементов той секции шин, к которой подключена защита. Первая выдержка времени ( $t=0,5$  сек) предусмотрена для отстройки от действия защит без выдержки времени элементов, подключенных к шинам (генератора, трансформатора связи с системой, трансформатора собственных нужд, мощных нереактированных питаемых линий).

Действие защиты со второй выдержкой времени предусматривается на случай повреждения между секционным реактором и выключателем в цепи этого реак-

тора. Для правильного действия защиты после отключения выключателя в цепи секционного реактора при этом повреждении напряжение к защите, установленной на секционном реакторе, должно подаваться от той секции шин, к которой подключена рассматриваемая защита (секция II на рис. 28), а трансформаторы тока защиты должны устанавливаться между секционным реактором и соответствующей секцией шин.

Выходное промежуточное реле 14РП выполнено с самоудерживанием; необходимость этого поясняется в особенностях схемы по рис. 32.

6. Следует отметить, что рассматриваемая защита имеет ограниченное применение в связи с необходимостью отстройки пусковых реле тока от эксплуатационных перегрузок, допустимых для элемента, на котором установлена защита. Указанное необходимо в связи с тем, что реле типа КРС-111 термически неустойчиво при длительном подведении номинального напряжения.

7. Схема защиты, установленной на трансформаторе связи с системой, отличается от рассматриваемой отсутствием промежуточных реле 13РП, 14РП и указательного реле 15РУ, поскольку защита выполняется с одной выдержкой времени и действует только на отключение трансформатора связи.

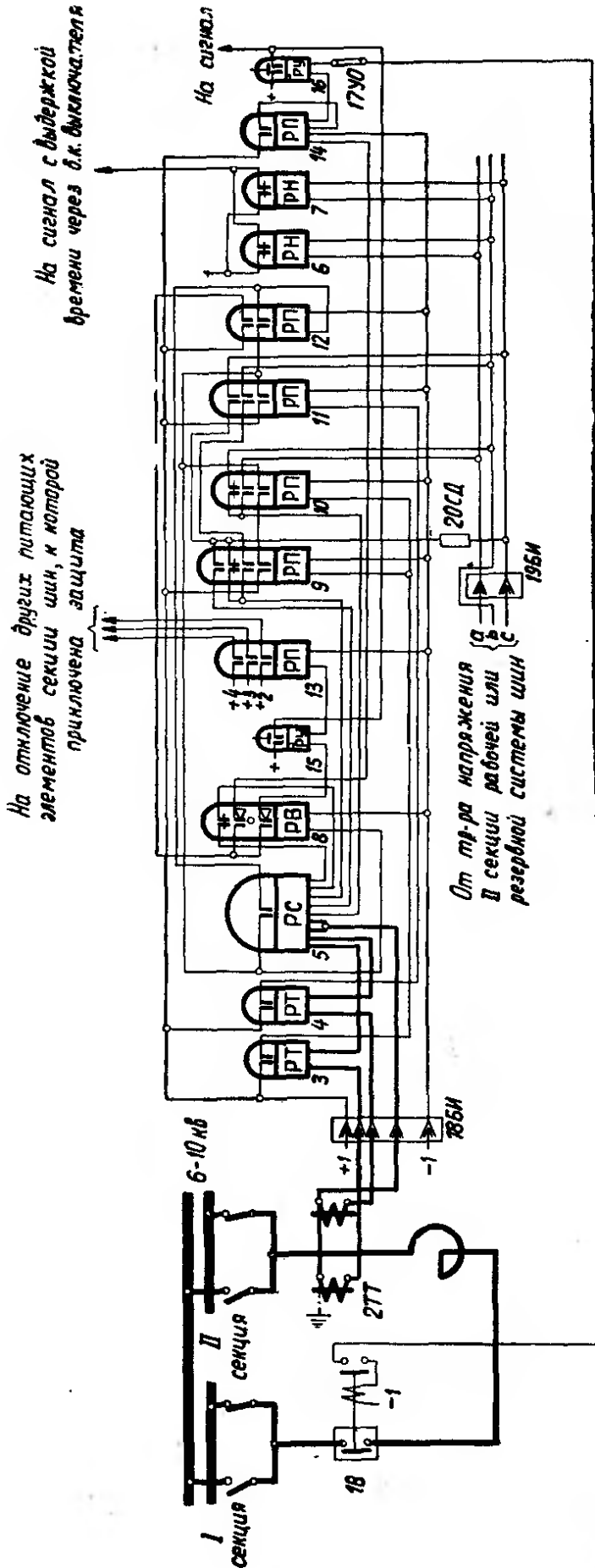


Рис. 28. Схема дистанционной защиты шин генераторного напряжения, устанавливаемой на секционном выключателе. 1В — выключатель; 2Т — трансформатор тока; 3РТ, 4РТ — реле тока типа ЭТ-521; 5РС — реле сопротивления типа КРС-111; 6РН, 7РН — реле напряжения типа ЭН-528/160; 8РВ — реле времени типа ЭВ-112-А; 9РП — реле промежуточные типа РП-23; 10РТ — реле промежуточные типа РП-23; 11РТ — реле промежуточные типа РП-23; 12РТ — реле промежуточные типа РП-23; 13РТ — реле промежуточные типа РП-23; 14РТ — реле промежуточные типа РП-23; 15РТ — реле промежуточные типа РП-23; 16РТ — реле промежуточные типа РП-23; 17УО — реле указательное типа РУ-21/0,015; 18РУ — реле указательное типа РУ-21/0,015; 19БН — блок испытательный типа БИ-6; 20СД — блок испытательный типа БИ-4; 21СД — блок испытательный типа БИ-4; 22СД — блок испытательный типа БИ-4; 23СД — блок испытательный типа БИ-4; 24СД — блок испытательный типа БИ-4; 25СД — блок испытательный типа БИ-4; 26СД — блок испытательный типа БИ-4; 27СД — блок испытательный типа БИ-4; 28СД — блок испытательный типа БИ-4; 29СД — блок испытательный типа БИ-4; 30СД — блок испытательный типа БИ-4; 31СД — блок испытательный типа БИ-4; 32СД — блок испытательный типа БИ-4; 33СД — блок испытательный типа БИ-4; 34СД — блок испытательный типа БИ-4; 35СД — блок испытательный типа БИ-4; 36СД — блок испытательный типа БИ-4; 37СД — блок испытательный типа БИ-4; 38СД — блок испытательный типа БИ-4; 39СД — блок испытательный типа БИ-4; 40СД — блок испытательный типа БИ-4; 41СД — блок испытательный типа БИ-4; 42СД — блок испытательный типа БИ-4; 43СД — блок испытательный типа БИ-4; 44СД — блок испытательный типа БИ-4; 45СД — блок испытательный типа БИ-4; 46СД — блок испытательный типа БИ-4; 47СД — блок испытательный типа БИ-4; 48СД — блок испытательный типа БИ-4; 49СД — блок испытательный типа БИ-4; 50СД — блок испытательный типа БИ-4; 51СД — блок испытательный типа БИ-4; 52СД — блок испытательный типа БИ-4; 53СД — блок испытательный типа БИ-4; 54СД — блок испытательный типа БИ-4; 55СД — блок испытательный типа БИ-4; 56СД — блок испытательный типа БИ-4; 57СД — блок испытательный типа БИ-4; 58СД — блок испытательный типа БИ-4; 59СД — блок испытательный типа БИ-4; 60СД — блок испытательный типа БИ-4; 61СД — блок испытательный типа БИ-4; 62СД — блок испытательный типа БИ-4; 63СД — блок испытательный типа БИ-4; 64СД — блок испытательный типа БИ-4; 65СД — блок испытательный типа БИ-4; 66СД — блок испытательный типа БИ-4; 67СД — блок испытательный типа БИ-4; 68СД — блок испытательный типа БИ-4; 69СД — блок испытательный типа БИ-4; 70СД — блок испытательный типа БИ-4; 71СД — блок испытательный типа БИ-4; 72СД — блок испытательный типа БИ-4; 73СД — блок испытательный типа БИ-4; 74СД — блок испытательный типа БИ-4; 75СД — блок испытательный типа БИ-4; 76СД — блок испытательный типа БИ-4; 77СД — блок испытательный типа БИ-4; 78СД — блок испытательный типа БИ-4; 79СД — блок испытательный типа БИ-4; 80СД — блок испытательный типа БИ-4; 81СД — блок испытательный типа БИ-4; 82СД — блок испытательный типа БИ-4; 83СД — блок испытательный типа БИ-4; 84СД — блок испытательный типа БИ-4; 85СД — блок испытательный типа БИ-4; 86СД — блок испытательный типа БИ-4; 87СД — блок испытательный типа БИ-4; 88СД — блок испытательный типа БИ-4; 89СД — блок испытательный типа БИ-4; 90СД — блок испытательный типа БИ-4; 91СД — блок испытательный типа БИ-4; 92СД — блок испытательный типа БИ-4; 93СД — блок испытательный типа БИ-4; 94СД — блок испытательный типа БИ-4; 95СД — блок испытательный типа БИ-4; 96СД — блок испытательный типа БИ-4; 97СД — блок испытательный типа БИ-4; 98СД — блок испытательный типа БИ-4; 99СД — блок испытательный типа БИ-4; 100СД — блок испытательный типа БИ-4.

Схема неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой а исполнении для фиксированного распределения элементов (рис. 29)

1. Рассматриваемая схема дана для случая постоянной работы элементов одной секции одновременно на рабочей и резервной системах шин, а именно когда на резервную систему выделены трансформатор связи и резервный трансформатор собственных нужд. Такое распределение элементов применяется в настоящее время для повышения надежности питания шин собственных нужд станций.

2. Рассматриваемая схема обеспечивает:  
 а) селективное отключение поврежденной системы шин при работе на двух системах с фиксированным распределением питающих элементов и трансформаторов собственных нужд; при переводе питаемых линий с одной системы шин на другую селективность защиты не нарушается;  
 б) отключение обеих систем шин (поврежденной и неповрежденной) в режимах работы на двух системах шин при нарушенной фиксации;

в) действие защиты при переводе всех питающих элементов на одну систему шин. Указанное в пп. б и в действие защиты при нарушении фиксации обеспечивается без каких-либо переключений в цепях трансформаторов тока.

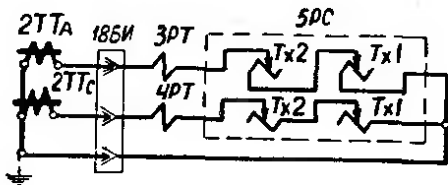
3. Защита содержит отдельные токовые избирательные органы для рабочей (реле 19РТ и 20РТ) и резервной (реле 17РТ и 18РТ) систем шин, представляющие собой чувствительные максимальные токовые защиты, и общий токовый пусковой орган. Токовый пусковой орган состоит из двух ступеней: первой — токовой отсечки, осуществляемой с реле 21РТ и 22РТ, и второй — максимальной токовой защиты, осуществляемой с реле 23РТ, 24РТ и 26РВ.

4. При нарушении фиксации распределения питающих элементов и трансформаторов собственных нужд, а также при переходе на работу на одной системе шин избирательные органы должны шунтироваться рубильником 44Р.

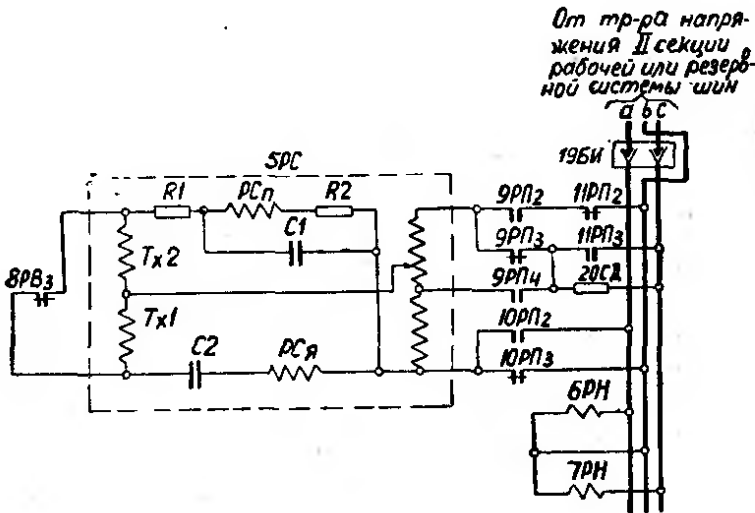
5. В схеме предусмотрено устройство (реле 25РТ, 27РВ и 36РУ), обеспечивающее отключение коротких замыканий между шинно-соединительным выключателем и трансформаторами тока в цепи этого выключателя, установленными с одной его стороны. Устройство выполнено подобно таковому в схеме защиты шин 110—220 кв по рис. 6. Однако вследствие того, что в рассматриваемой схеме реле тока устройства включено в цепи защиты шин, выполняемой двухфазной, схема включения этого реле отличается от принятой на рис. 6 (приложение II).

Выдержка времени рассматриваемого устройства должна быть больше времени отключения выключателя и может приниматься порядка 0,5 сек.

Указанное устройство необходимо в связи с тем, что при рассматриваемых коротких замыканиях, когда должны отключаться элементы обеих систем шин, избирательные органы



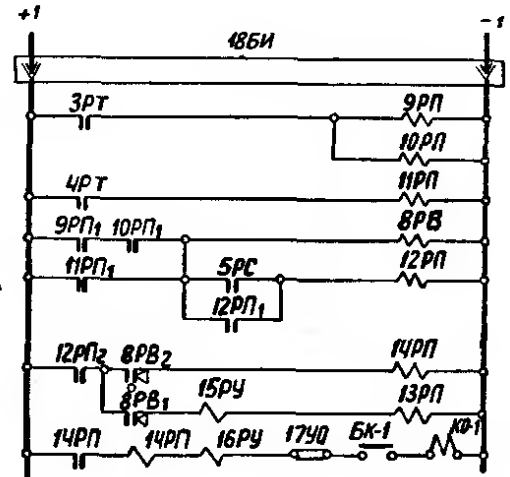
а) Схема цепей переменного тока.



б) Схема цепей напряжения.

Примечание

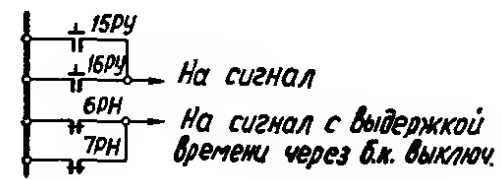
Для осуществления шунтирования контактом 8РВ3 обмоток трансформаторов Тх1 и Тх2 должны быть предусмотрены выводы концов этих обмоток согласно рис. б.



От тр-ра напряжения II секции рабочей или резервной системы шин

На отключение других питающих элементов секции шин, к которой приключена защита

в) Схема цепей постоянного тока.



г) Схема цепей сигнализации.

Рис. 28а. Развернутые схемы цепей переменного тока и напряжения и оперативного постоянного тока защиты по рис. 28.

резервной системы шин отказывают в действии, что при отсутствии рассматриваемого устройства может привести к отключению всей станции от соответствующих резервных защит.

Рассматриваемое устройство можно было бы не предусматривать при установке трансформаторов тока с обеих сторон шиносоединительного выключателя так же, как на секционном выключателе (п. А.13 настоящей главы). Однако ввиду того, что схема с фиксированным распределением элементов применяется относительно редко, установка 2 компл. трансформаторов тока в цепи шиносоединительного выключателя в качестве типового решения нецелесообразна.

6. По аналогии со схемой на рис. 21 в рассматриваемой схеме предусмотрены:

а) трансформаторы тока в цепи трансформатора собственных нужд, включаемые в схему дифференциальной защиты шин;

б) устройство, замедляющее отключение выключателей питающих элементов при опробовании одной из систем шин подачей напряжения через шиносоединительный выключатель; при этом обеспечивается отключение без выдержки времени шиносоединительного вы-

ключателя от пускового органа защиты через реле 30РП.

7. Отключающие устройства, предусмотренные в схеме, выполняют те же функции, что и в схеме на рис. 21: при замыкании отключающего устройства 40УО создается цепь на отключение генератора от основного комплекта защиты; при размыкании отключающего устройства 41УО снимается импульс на отключение шиносоединительного выключателя от защиты шин.

**Схема неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой повышенной чувствительности в исполнении для фиксированного распределения элементов (рис. 30)**

1. Схема дана для случая, когда избирательные органы и вторая ступень пускового органа защиты, выполненные так же, как в схеме на рис. 29, не обеспечивают необходимой чувствительности к повреждениям за линейным реактором.

2. Для увеличения чувствительности защиты транс-

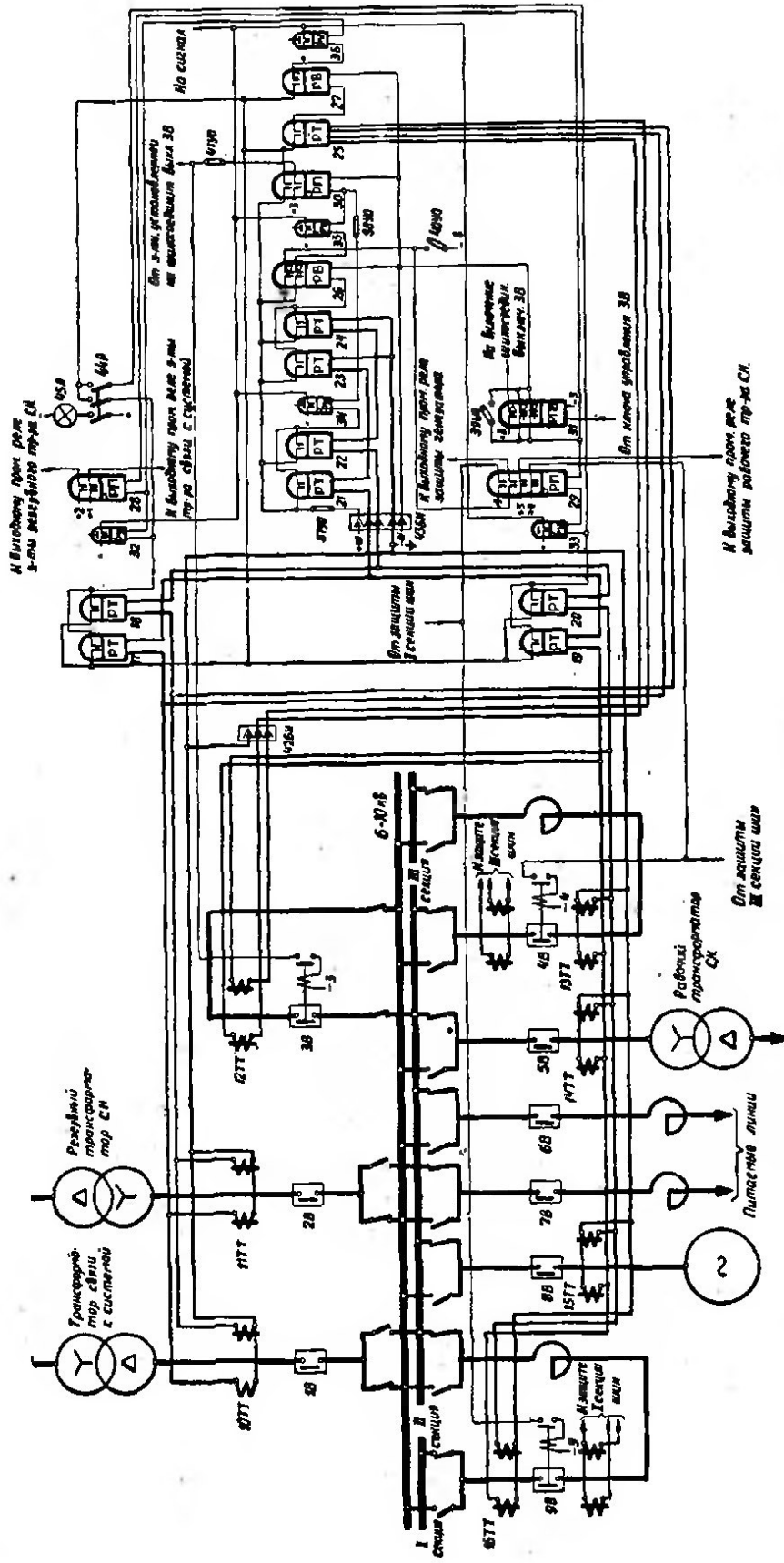


Рис. 29. Схема неполной дифференциальной токовой защиты шин трансформатора напряжения с токовой отсечкой № резервной максимальной токовой защитой в исполнении 1В—9В—выключатель; 10ТТ—трансформаторы тока; 17ТТ—24РТ—реле тока типа 9Т-521; 25РТ—реле тока типа 9Т-523Р; 26РВ—реле времени типа 9В-132-А; 27РВ—реле времени типа 9В-114-А; 28РП—80РП—реле промежуточные типа РП-24; 31РПВ—реле промежуточные типа РП-252; 32РУ—80РУ—реле указательные типа РУ-21,9,015; 33УО—41УО—устройство отключающее типа НКР-2; 42БИ—блок испытательный типа БИ-4; 43БИ—блок испытательный типа БИ-6; 44Р—рубильник трехполюсный; 45Л—лампа сигнальная.

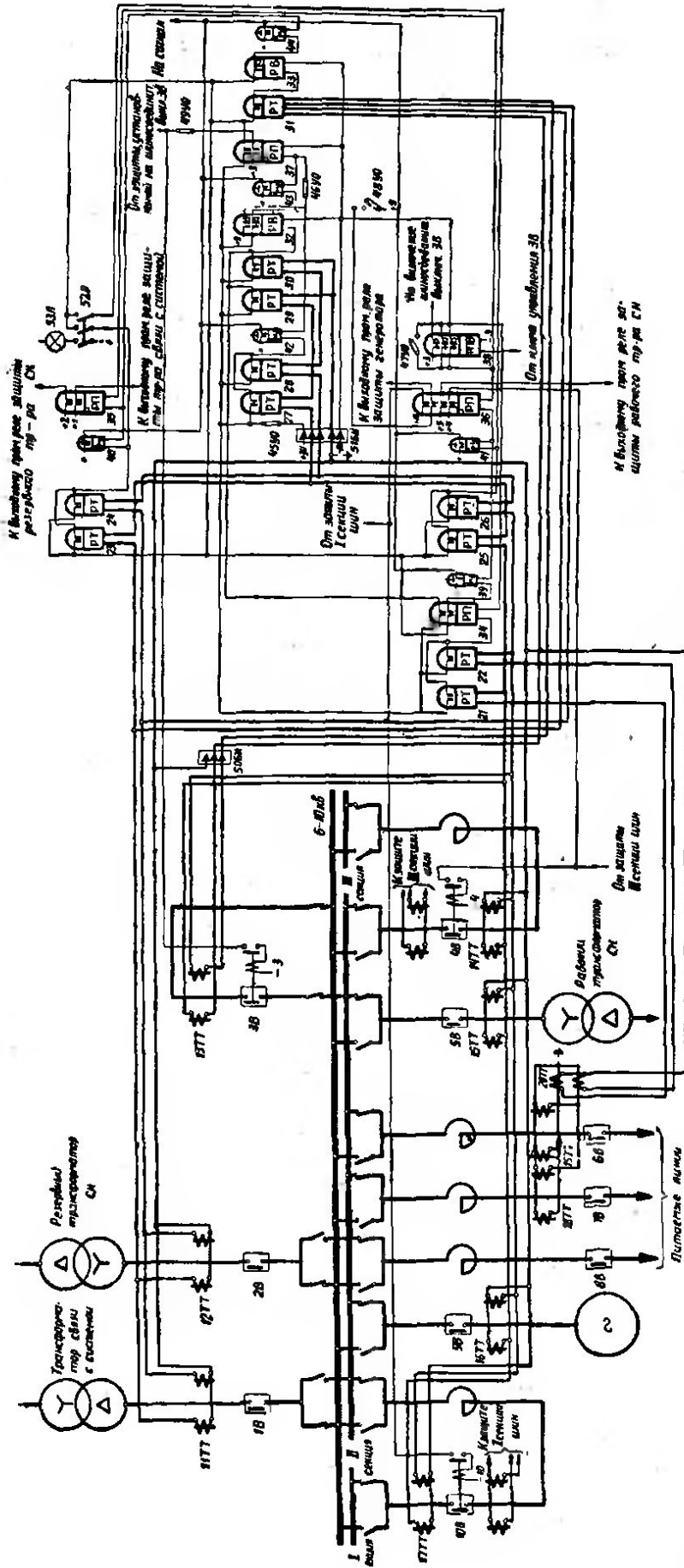


Рис. 30. Схема неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой повышенной чувствительности в исполнении для фиксированного распределенного элементов.

1В — 10В — выключатели; 1ТТ — 1ТТТ — трансформаторы тока; 20ТТ — трансформатор тока типа ТК-120; 21РТ — 30РТ — реле тока типа ЭТ-521; 31РТ — реле тока типа ЭТ-523/Р; 32РВ — реле времени типа ЭВ-132-А; 33РВ — реле времени типа ЭВ-114-А; 34РП — реле промежуточное типа РП-23; 35РП — реле промежуточное типа РП-24; 36РПВ — реле промежуточное типа РП-25; 39РУ — 44РУ — реле указательные типа РУ-21/0,015; 45УО — 49УО — устройства отключающие типа НКР-2; 50БН — блок испытательный типа БИ-4; 51СН — блок испытательный типа БИ-6; 52Р — рубильник трехполюсный; 53Л — лампа сигнальная.

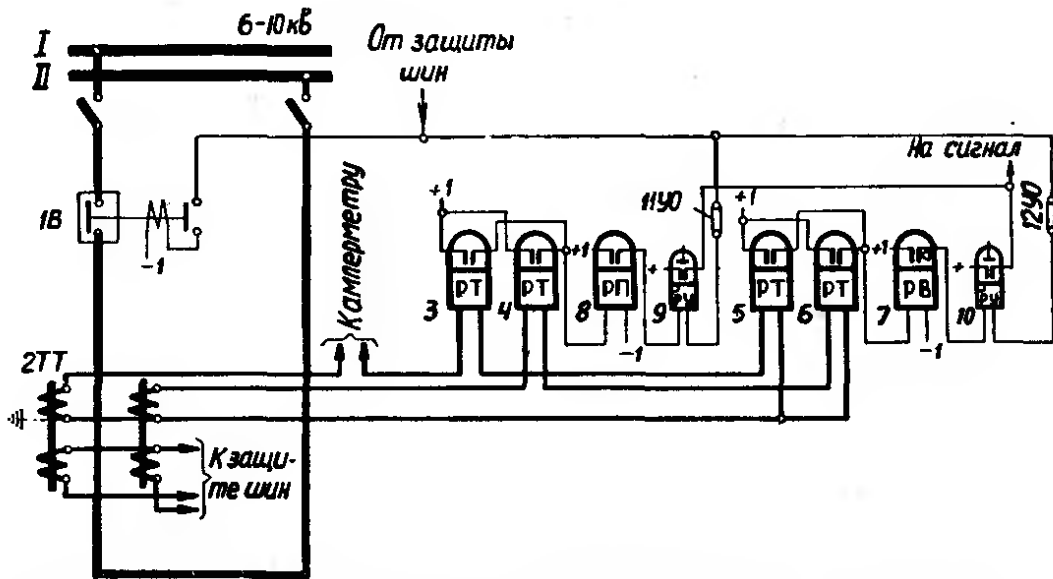


Рис. 31. Схема защиты на шинносоединительном выключателе шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой.

IB — выключатель; 2TT — трансформаторы тока; 3PT — 6PT — реле тока типа ЭТ-521; 7PB — реле времени типа ЭВ-133-А; 8PP — реле промежуточное типа РП-23; 9PY, 10PY — реле указательные типа РУ-21/1; 11YO — 12YO — устройства отключающие типа НКР-2.

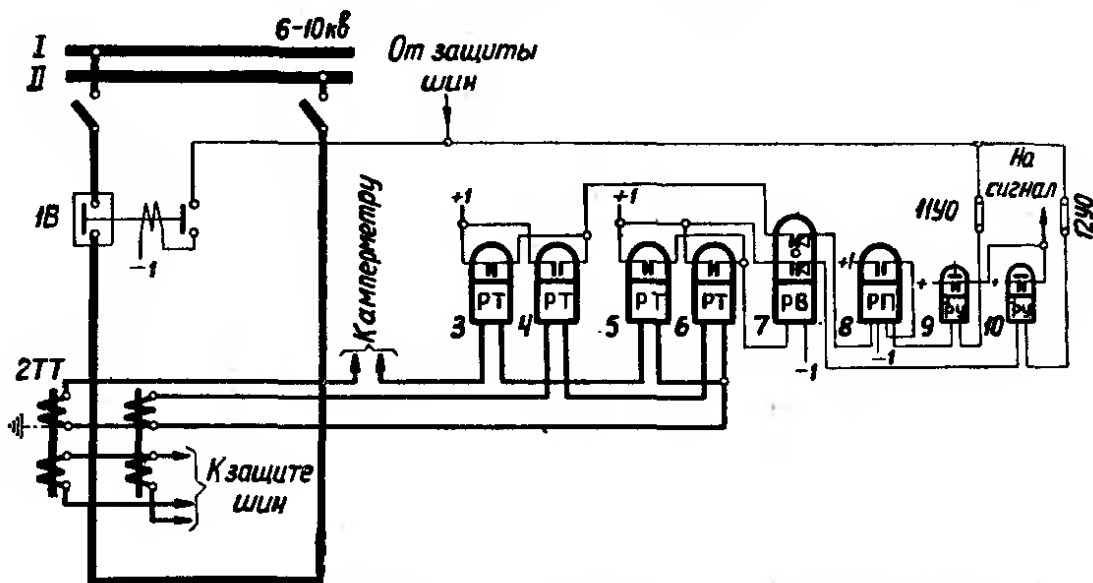


Рис. 32. Схема защиты на шинносоединительном выключателе шин генераторного напряжения с токовой отсечкой, имеющей выдержку времени, и резервной максимальной токовой защитой.

IB — выключатель; 2TT — трансформаторы тока; 3PT — 6PT — реле тока типа ЭТ-521; 7PB — реле времени типа ЭВ-132-А; 8PP — реле промежуточное типа РП-255; 9PY, 10PY — реле указательные типа РУ-21/1; 11YO, 12YO — устройства отключающие типа НКР-2.

форматоры тока нескольких наиболее мощных питаемых линий включены в дифференциальную схему (через промежуточные трансформаторы тока) подобно принятому в схеме на рис. 22. В целях резервирования защит питаемых линий, охваченных дифференциальной защитой, во второй ступени пускового органа защиты дополнительно предусмотрены два реле тока (21PT и 22PT), включенные во вторичную цепь промежуточных трансформаторов тока, и промежуточное реле 34PP.

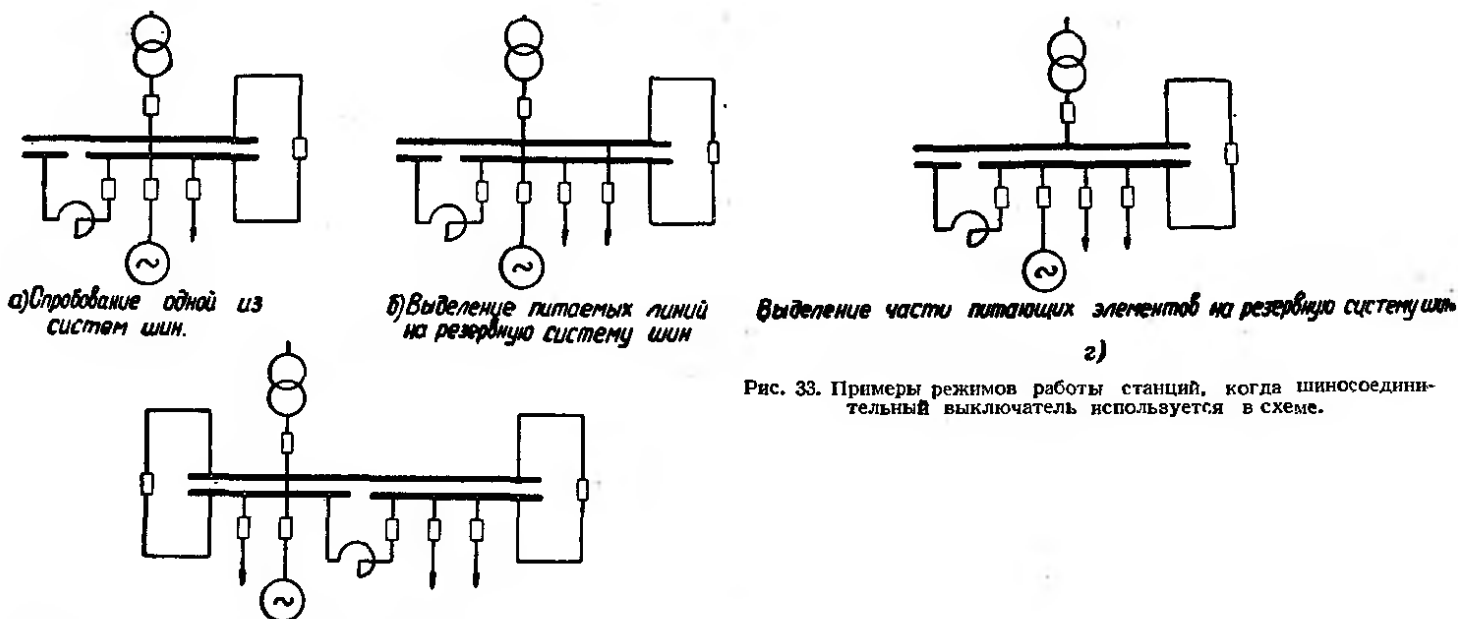
Следует отметить, что при переключении на резервную систему шин одной или нескольких питаемых линий, охваченных дифференциальной защитой, нарушается селективность действия защиты при повреждении на переключенных линиях (отключаются обе системы шин);

селективность действия защиты при повреждениях в других точках сохраняется.

3. Во всем остальном схема совпадает с приведенной на рис. 29.

#### Схема защиты на шинносоединительном выключателе шин генераторного напряжения с токовой отсечкой и резервной максимальной токовой защитой (рис. 31)

1. Рассматриваемая схема представляет собой двухступенчатую токовую защиту и содержит токовую отсечку без выдержки времени (реле 3PT, 4PT и 8PP) и резервную максимальную токовую защиту (реле 5PT, 6PT и 7PB).



а) Спробование одной из систем шин.

б) Выделение питаемых линий на резервную систему шин

в) Выделение части питающих элементов на резервную систему шин

в) Шунтирование секционного реактора шинно соединительными выключателями при отключении источников питания смежной секции.

Рис. 33. Примеры режимов работы станций, когда шинно соединительный выключатель используется в схеме.

2. Схема используется на станциях, на которых выключатели питаемых линий не рассчитаны на отключение коротких замыканий до реакторов этих линий.

**Схема токовой защиты на шинно соединительном выключателе шин генераторного напряжения с токовой отсечкой, имеющей выдержку времени, и резервной максимальной токовой защитой (рис. 32)**

1. Рассматриваемая схема представляет собой двухступенчатую токовую защиту и содержит токовую отсечку с выдержкой времени (реле  $3PT$  и  $4PT$ ) и резервную максимальную токовую защиту (реле  $5PT$  и  $6PT$ ).

Выдержка времени обеих ступеней осуществляется с помощью реле времени  $7PB$ .

2. Схема используется на станциях, на которых выключатели питаемых линий рассчитаны на отключение коротких замыканий до реакторов этих линий.

3. В схеме предусмотрено выходное промежуточное реле первой ступени  $8PIT$ , имеющее самоудерживание, поскольку для создания выдержки времени первой ступени в схеме используется временно замыкающий контакт реле времени  $7PB$ .

Учитывая, что выключатели могут быть медленно действующими (например, выключатели типа МГГ-229), а также что осуществление самоудерживания не требует установки промежуточного реле специально для этой цели, выполнение его в схеме целесообразно.

## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

### СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ШИН 6—10 кВ ПОДСТАНЦИИ

1. В настоящей главе рассмотрены схемы релейной защиты шин 6—10 кВ подстанций при отсутствии на них синхронных компенсаторов.

2. На рис. 34 дана схема неполной дифференциальной защиты для одиночной секционированной системы шин 6—10 кВ при параллельной работе секций, предназначенная для мощных ответственных подстанций с реактированными линиями. Защита по схеме на рис. 34 устанавливается в целях ускорения ликвидации повреждений и в ряде случаев обеспечивает большую чувствительность к повреждениям на шинах, чем защита, установленная на элементах.

Для подстанций средней и малой мощности, если допустимо отключение коротких замыканий на шинах с выдержкой времени, специальная защита шин не предусматривается. Отключение повреждений на шинах таких подстанций осуществляется установленной на трансформаторах максимальной токовой защитой и отдельной защитой на секционном выключателе, схема которой для подстанций с реактированными линиями дана на рис. 35.

3. Схемы на рис. 34 и 35 даны для подстанций, на которых выключатели, установленные на отходящих линиях, не рассчитаны на отключение коротких замыканий до реакторов этих линий. Токовая отсечка на этих линиях не предусматривается.

4. В схеме на рис. 34 показана установка выключателей до реакторов питаемых линий, но схема применима и в случае установки выключателей за реакторами.

5. Схемы на рис. 34 и 35 имеют двухфазное двухсистемное исполнение. Трансформаторы тока предусматриваются в фазах А и С в предположении, что в тех же фазах установлены трансформаторы тока для защиты отходящих линий.

6. Схемы содержат токовую отсечку и максимальную токовую защиту. Ток срабатывания токовой отсечки выбирается по условию отстройки от короткого замыкания за реактором питаемых линий, а максимальной токовой защиты — по условию отстройки от токов самозапуска двигателей после повторного включения секции шин.

7. В схемах предусмотрено ускорение защиты после включения выключателей.

8. Для возможности вывода защиты из работы предусмотрены отключающие устройства.

9. Для сигнализации действия защит в схемах предусмотрены указательные реле. В схеме на рис. 34 для контроля срабатывания выходного промежуточного реле последнее предусмотрено со встроенным указателем срабатывания (реле типа РП-24).

Типы указательных реле даны в схемах для напряжения постоянного оперативного тока 220 в.



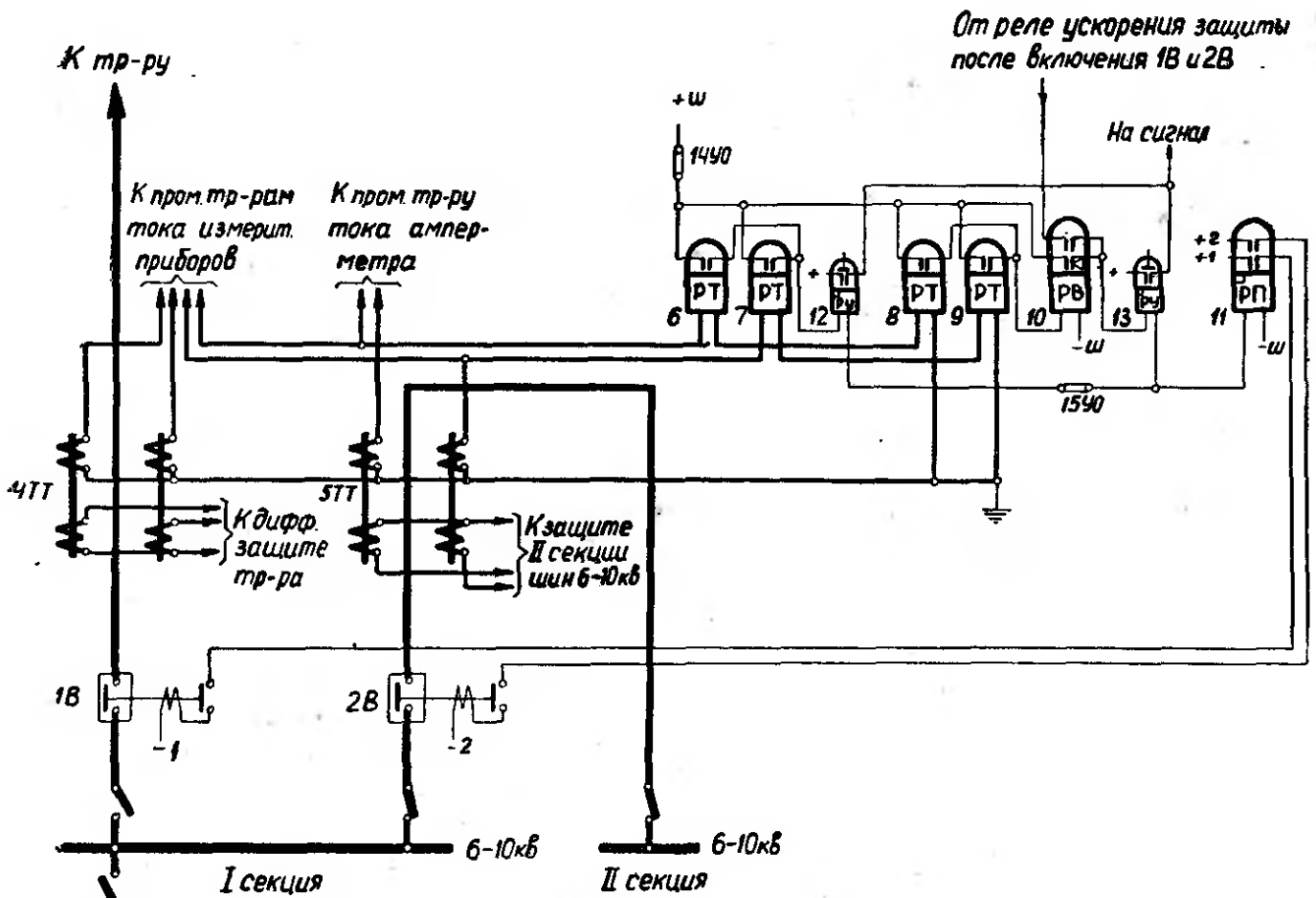


Рис. 34. Схема неполной дифференциальной токовой защиты одиночной системы шин 6—10 кВ пониженной подстанции (при параллельной работе секций).  
1В—3В—выключатели; 4ТТ, 5ТТ—трансформаторы тока; 6РТ—9РТ—реле (тока типа ЭТ-521; 10РВ—реле времени типа ЭВ-134-А; 11РП—реле промежуточное типа РП-24; 12РУ, 13РУ—реле указательные типа РУ-21/0,015; 14У0, 15У0—устройства отключающие типа НКР-2.

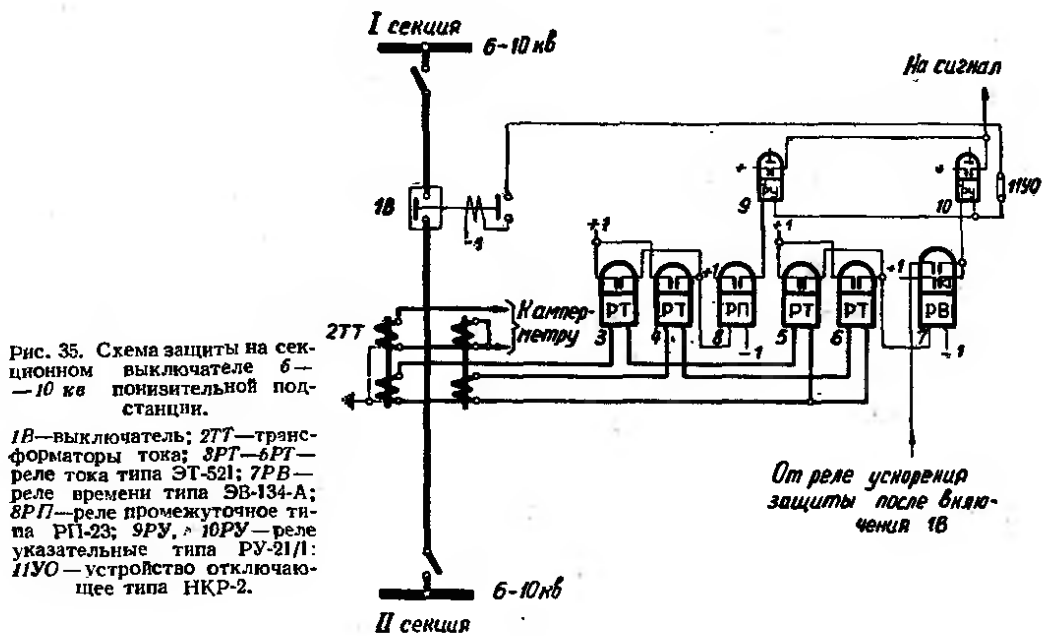


Рис. 35. Схема защиты на секционном выключателе 6—10 кВ пониженной подстанции.  
1В—выключатель; 2ТТ—трансформаторы тока; 3РТ—6РТ—реле тока типа ЭТ-521; 7РВ—реле времени типа ЭВ-134-А; 8РП—реле промежуточное типа РП-23; 9РУ, 10РУ—реле указательные типа РУ-21/1; 11У0—устройство отключающее типа НКР-2.

# ГЛАВА ПЯТАЯ

## РАСЧЕТ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ШИН

### 35—220 кВ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

#### А. ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ

1. Расчеты дифференциальных токовых защит шин (рис. 1—8) даны ниже для следующих случаев:

а) при использовании трансформаторов тока с одинаковыми коэффициентами трансформации (рис. 1, 2 и 4—8);

б) при использовании трансформаторов тока с разными коэффициентами трансформации в предположении, что вторичные цепи трансформаторов тока защиты частично собираются в распределительном устройстве частично на релейном щите (рис. 3).

2. Трансформаторы тока, используемые для защиты шин, должны удовлетворять кривым допустимых кратностей при 10% погрешности. Проверка по указанным кривым должна производиться для трансформатора тока элемента, обтекаемого наибольшим током при внешнем коротком замыкании.

В соответствии с ГОСТ 7746-55 на трансформаторы тока действительная кратность первичного тока, соответствующая 10% погрешности, может быть меньше на 20%, чем даваемая заводом. Указанное следует учитывать увеличением расчетной кратности, по которой в соответствии с кривыми кратности при 10% погрешности находится допустимое сопротивление вторичной цепи, в  $k$  раз, где  $k = \frac{1}{1 - 0,2}$  (см. ниже пример расчета).

3. Первичный ток срабатывания дифференциальной защиты  $I_{с.з}$  одиночной системы шин и двойной системы шин при нормальной работе на одной системе, а также пускового органа защиты двойной системы шин с фиксированным распределением элементов выбирается по двум условиям:

а) По условию отстройки от максимального тока небаланса при переходном режиме внешнего короткого замыкания, определяемого с учетом влияния насыщающегося трансформатора, имеющегося в реле типов РНТ-562 и РНТ-564:

$$I_{с.з} \geq k_n I_{нб.расч} \quad (1)$$

где  $k_n$  — коэффициент надежности, учитывающий ошибку реле и необходимый запас; может быть принят равным 1,5.

Расчетный ток небаланса  $I_{нб.расч}$  может быть определен следующим образом:

$$I_{нб.расч} = k_{пер} f_1 I_{к.з.макс} \quad (2)$$

где:  $k_{пер}$  — коэффициент, учитывающий переходный режим (наличие апериодической составляющей тока); при выполнении защиты с реле типов РНТ-562 и РНТ-564, имеющими встроенный насыщающийся трансформатор, может быть принят равным 1,0;

$f_1$  — относительная погрешность трансформаторов тока; принимается равной 0,1, поскольку трансформаторы тока выбираются по кривым допустимых кратностей при 10% погрешности;

$I_{к.з.макс}$  — периодическая слагающая (при  $t=0$ ) максимально возможного первичного тока короткого замыкания, проходящего при внешнем повреждении по трансформаторам тока элемента, являющегося расчетным (для схемы на рис. 3 — элемента с трансформаторами тока с  $n_{T1}$  или  $n_{T2}$ ).

б) По условию отстройки от максимального тока в защите при разрывах вторичных цепей защиты в нагрузочном режиме:

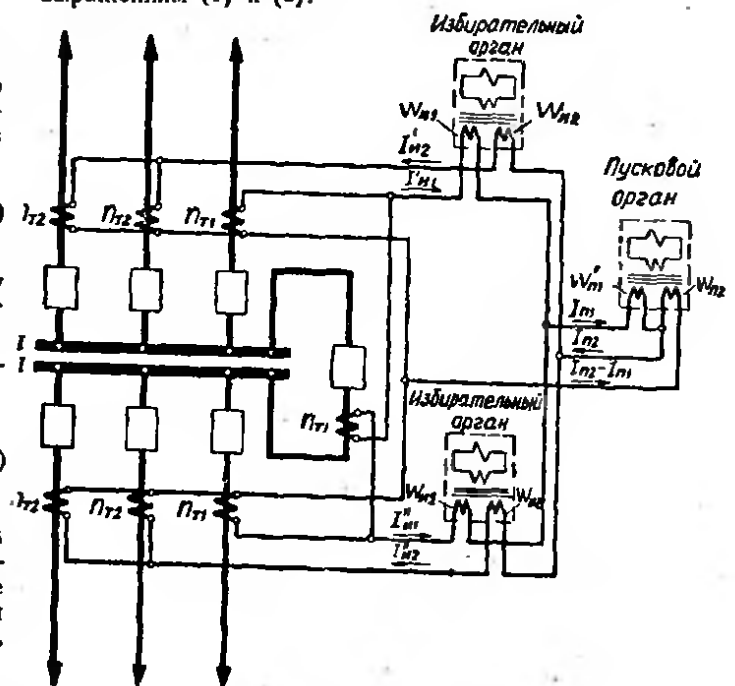
$$I_{с.з} \geq k_n I_{нагр.макс} \quad (3)$$

где  $k_n$  — коэффициент надежности, принимаемый равным 1,2.

Под  $I_{нагр.макс}$  для схем с трансформаторами тока с одинаковыми коэффициентами трансформации (рис. 1, 2 и 4—8) понимается первичный ток нагрузки наиболее мощного элемента в предположении возможности разрыва вторичной цепи трансформатора тока этого элемента.

Для схемы на рис. 3 под  $I_{нагр.макс}$  понимается максимальный первичный ток нагрузки группы элементов с трансформаторами тока с одинаковыми коэффициентами трансформации в предположении возможности разрыва одной из цепей избирательных органов (наибольший из токов  $I'_{н1}$  и  $I''_{н1}$ , а также из токов  $I'_{н2}$  и  $I''_{н2}$  на рис. 36, приведенный к первичной стороне трансформатора тока). Разрывы указанных цепей рассматриваются в предположении их значительной протяженности.

В качестве расчетного тока срабатывания защиты принимается больший из двух токов, определенных по выражениям (1) и (3).



**Примечание**  
 $n_{T1} > n_{T2} ; W_{n1} = W'_{n1} + W_{n2}$

Рис. 36. Распределение токов в схеме защиты с разными коэффициентами трансформации трансформаторов тока в нормальном нагрузочном режиме.

4. Первичный ток срабатывания избирательных органов дифференциальной защиты шин с фиксированным распределением элементов должен быть больше максимального тока небаланса при переходном режиме внешнего короткого замыкания на другой системе шин и может быть определен по выражению (1). При этом  $I_{нб. расч}$  определяется по выражению (2), в котором  $I_{н.з. макс}$  — периодическая слагающая (при  $t=0$ ) максимально возможного первичного тока короткого замыкания, проходящего по трансформаторам тока, установленным в цепи шиносоединительного выключателя, при повреждении на другой системе шин.

Практически ток срабатывания избирательных органов может быть принят равным току срабатывания пускового органа.

5. Ток срабатывания реле контроля исправности вторичных цепей трансформаторов тока защиты в схеме на рис. 1—8 должен быть больше тока небаланса при максимальном рабочем режиме. Однако в схемах на рис. 1, 2 и 4—8 определяющей при расчетах является термическая устойчивость реле при длительном прохождении по нему тока нагрузки наиболее мощного элемента в случае разрыва вторичных цепей его трансформатора тока.

Рекомендуется применять реле контроля типа ЭТ-521/2 с параллельным соединением обмоток и уставкой 1 а.

В связи с тем, что в схеме на рис. 3 предусмотрено промежуточное реле, шунтирующее реле тока устройства контроля исправности вторичных цепей трансформаторов тока защиты при разрывах, сопровождающихся большими токами, определяющей при выборе указанного реле тока является термическая устойчивость при прохождении по нему тока, соответствующего току срабатывания шунтирующего его обмотку промежуточного реле.

6. Для схемы на рис. 3 расчет чисел витков избирательных и пускового органов по выбранному току срабатывания  $I_{с.з.}$  производится с учетом следующих соотношений:

а) Для обеспечения равенства н. с. обеих обмоток избирательного органа в нормальном режиме и при внешнем коротком замыкании должно соблюдаться условие (рис. 3б):

$$\frac{\omega_{н1}}{\omega_{н2}} = \frac{I_{н2}}{I_{н1}} = \frac{n_{т1}}{n_{т2}}, \quad (4)$$

где:  $\omega_{н1}$  и  $\omega_{н2}$  — числа витков обмоток избирательных органов;

$I_{н1}$  и  $I_{н2}$  — токи в обмотках избирательных органов.

б) Для пускового органа соотношение чисел витков обеих обмоток реле определяется из следующего выражения, составленного по рис. 3б и справедливого для нормального режима и внешнего короткого замыкания:

$$I_{н1} \omega'_{н1} = (I_{н2} - I_{н1}) \omega_{н2} \cdot \cdot$$

$$I_{н1} (\omega'_{н1} + \omega_{н2}) = I_{н2} \omega_{н2} \cdot \quad (5)$$

где:  $\omega'_{н1}$  и  $\omega_{н2}$  — числа витков обмоток пускового органа;

$I_{н1}$  и  $(I_{н2} - I_{н1})$  — токи в обмотках пускового органа.

Принимая  $\omega_{н1} = \omega'_{н1} + \omega_{н2}$ , с учетом (4) получаем:

$$\frac{\omega_{н1}}{\omega_{н2}} = \frac{I_{н2}}{I_{н1}} = \frac{n_{т1}}{n_{т2}} \cdot \quad (6)$$

7. В случае, когда расчетным при выборе тока срабатывания  $I_{с.р.п}$  пускового органа в схеме на рис. 3 является условие п. 3,а, определение чисел витков пускового органа производится следующим образом:

а) Если максимальный первичный ток короткого замыкания  $I_{к.з. макс}$  имеет место на элементе с трансформаторами тока с  $n_{т1}$ , то ток небаланса проходит по обеим обмоткам пускового органа (рис. 37,а) и справедливо выражение

$$\omega_{п1} = \frac{F_{с.р}}{I_{с.р.п.} / n_{т1}} = \frac{F_{с.р}}{k_n I_{нб. расч} / n_{т1}} \quad (7)$$

б) Если максимальный первичный ток короткого замыкания  $I_{к.з. макс}$  имеет место на элементе с трансформаторами тока с  $n_{т2}$ , то ток небаланса проходит по одной обмотке пускового органа с числом витков  $\omega_{п2}$  (рис. 37,б) и справедливо выражение

$$\omega_{п2} = \frac{F_{с.р}}{I_{с.р.п.} / n_{т2}} = \frac{F_{с.р}}{k_n I_{нб. расч} / n_{т2}} \cdot \quad (8)$$

Необходимо отметить, что выражение (7) при учете (6) дает (8). Следовательно, для определения чисел витков пускового органа может быть использовано любое выражение [(7) или (8)] вне зависимости от того, является ли расчетным короткое замыкание на элементе с трансформаторами тока с  $n_{т1}$  или с  $n_{т2}$  (при подстановке в них наибольшего значения тока небаланса).

8. В случае, когда расчетным при выборе тока срабатывания  $I_{с.р.п}$  пускового органа в схеме на рис. 3 является условие п. 3,б, при выводе расчетных выражений для определения чисел витков удобно считать, что в цепи с разрывом приложен источник тока с током, равным по величине и противоположным по направлению току в рассматриваемой цепи до разрыва. От тока, проходящего при этом по обмоткам пускового органа, последний и должен быть отстроен.

Токораспределения при разрывах между точками М и N цепей избирательных органов с токами  $I'_{н1}$  и  $I'_{н2}$  даны соответственно на рис. 38,а и б.

Подобные токораспределения имеют место и при разрывах цепей с токами  $I''_{н1}$  и  $I''_{н2}$ .

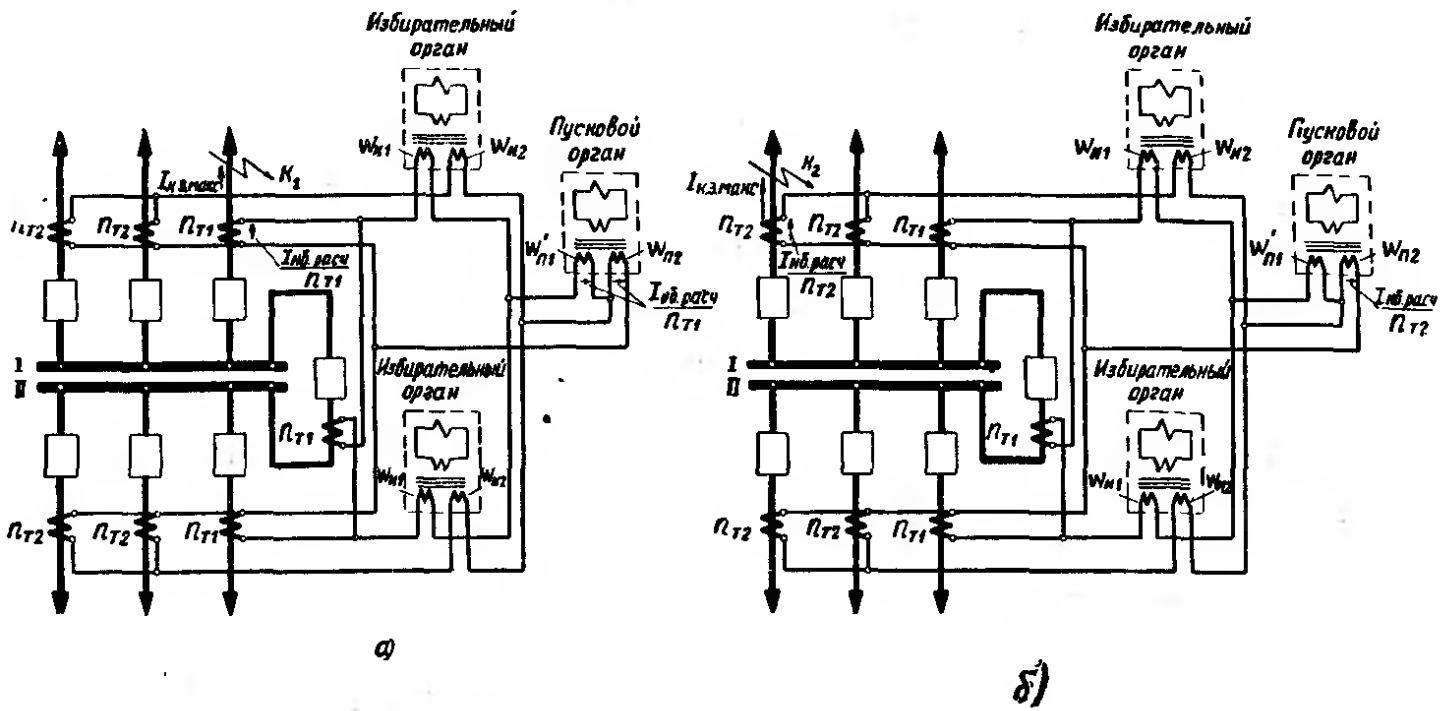
Из рис. 38 следует, что при разрыве цепи группы элементов с трансформаторами тока с  $n_{т1}$  ток, от которого должен быть отстроен пусковой орган, проходит по обеим его обмоткам, а при разрыве цепи группы элементов с трансформаторами тока с  $n_{т2}$  — по одной обмотке с числом витков  $\omega_{п2}$ .

При принятом включении трансформаторов тока цепи шиносоединительного выключателя по обмоткам пускового органа в схеме на рис. 38,а проходит часть

тока источника тока  $I'_{н1} = \frac{I_{нагр}}{n_{т1}}$  (в рассматриваемом случае  $\frac{I'_{н1}}{2} = \frac{I_{нагр}}{2n_{т1}}$ ), в то время как в схеме на

рис. 38,б весь ток  $I'_{н2} = \frac{I_{нагр}}{n_{т2}}$ .

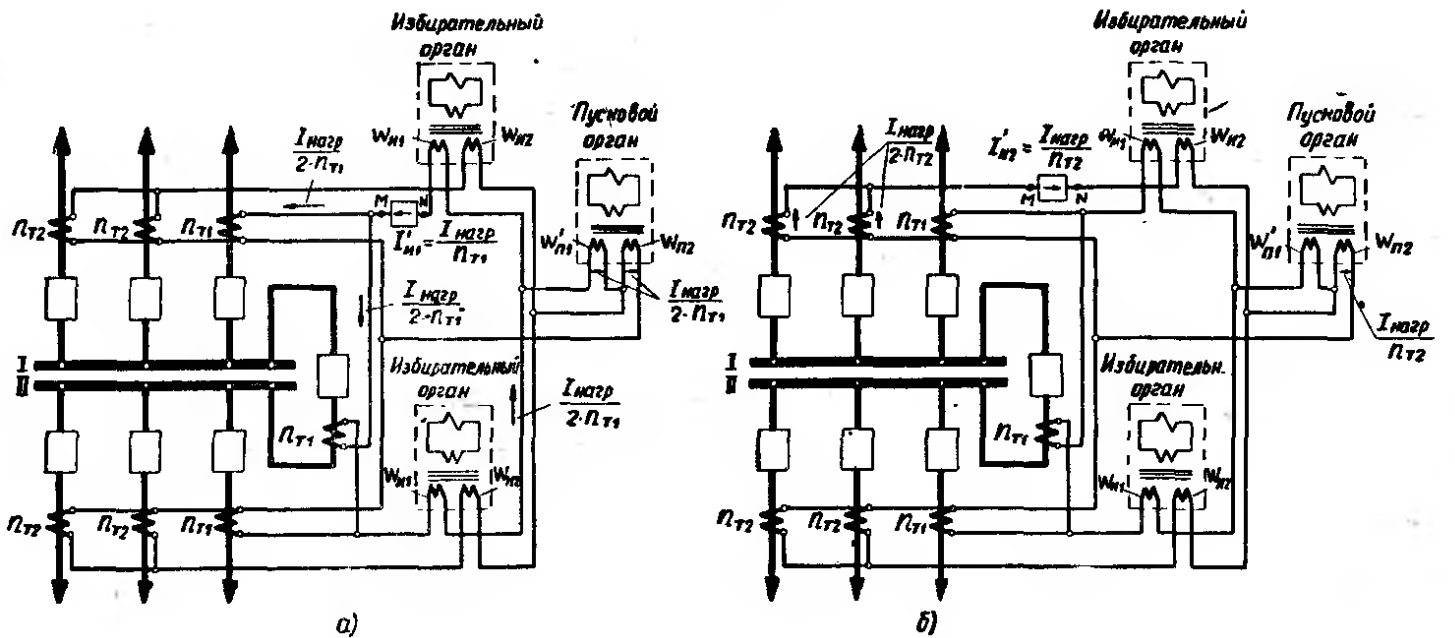
Из сравнения рис. 37 и 38 можно установить аналогию в распределении токов небаланса при внешних коротких замыканиях и токов при разрывах, заключающаяся в том, что в схемах на рис. 37,а и 38,а токн проходят по обеим обмоткам пускового органа (с числами



Примечание

$$R_{T1} > R_{T2}, W_{N1} = W'_{N1} + W_{N2}$$

Рис. 37. Распределение токов небаланса при коротком замыкании в точках  $K_1$  и  $K_2$  в схеме по рис. 36.



Примечание

$$R_{T1} > R_{T2}, W_{N2} = W'_{N2} + W_{N1}$$

Рис. 38. Распределение токов при разрывах цепей избирательного органа I системы шин в схеме по рис. 36.

витков  $w_{п1}$  и  $w_{п2}$ , а в схемах на рис. 37,б и 38,б — только по одной его обмотке (с числом витков  $w_{п2}$ ).

В связи с этим для случаев разрывов вторичных цепей защиты в схеме по рис. 3 справедливы те же выражения, что и для внешних коротких замыканий [(7) или (8)],

при замене в них  $I_{нб.расч}$  на  $\frac{I_{нагр.макс}}{2}$  в случае разрыва по рис. 38,а и на  $I_{нагр.макс}$  — в случае разрыва по рис. 38,б.

Очевидно, что расчетным является случай разрыва цепи группы элементов с трансформаторами тока с  $n_{т2}$  (по рис. 38,б); при этом

$$w_{п1} = \frac{F_{с.р}}{k_n I_{нагр.макс} / n_{т1}}; \quad (7)$$

$$w_{п2} = \frac{F_{с.р}}{k_n I_{нагр.макс} / n_{т2}} \quad (8)$$

Так, например, для схемы на рис. 12 в предположении, что расчетным при выборе тока срабатывания пускового органа защиты является условие п. 3,б, числа витков последнего определяются следующим образом. Учитывая, что  $F_{с.р} = 100$  а (в соответствии с предварительными данными завода по реле РНТ-564 с повышенной термической устойчивостью для защиты шин) и что расчетным для рис. 12 является случай разрыва цепи обмотки избирательного органа II системы шин, присоединенной к трансформаторам тока с  $n_{т2}$  ( $I_{нагр.макс} = 800$  а), получаем:

$$w_{п2} = \frac{F_{с.р}}{k_n I_{нагр.макс} / n_{т2}} = \frac{100 \cdot 40}{1,2 \cdot 800} = 4,15 \text{ витка.}$$

Принимаем  $w_{п2} = 4$  витка; тогда по выражению (6)

$$w_{п1} = w_{п2} \frac{n_{т1}}{n_{т2}} = 4 \cdot \frac{120}{40} = 12 \text{ витков.}$$

9. Следует отметить, что приведенные выше указания по расчету защиты шин на рис. 3 с использованием трансформаторов тока с разными коэффициентами трансформации относятся к случаю, когда числа витков пускового органа, вычисленные в соответствии с выражением (6), могут быть установлены на реле.

При несоблюдении последнего расчет отличается тем, что в выражении (2) необходимо учитывать дополнительную составляющую тока небаланса, обусловленную неточностью установки на реле расчетных чисел витков и вычисляемую по выражению

$$I_{нб.доп} = \frac{w_{п1 \text{ расч}} - w_{п1 \text{ уст}}}{w_{п1 \text{ расч}}} I'_{к.з.макс} \quad (9)$$

где:  $w_{п1 \text{ расч}}$  — расчетное число витков пускового органа;

$w_{п1 \text{ уст}}$  — фактически используемое число витков пускового органа;

$I'_{к.з.макс}$  — периодическая слагающая (при  $t = 0$ ) суммарного первичного тока, проходящего при расчетном внешнем повреждении по группе трансформаторов тока с коэффициентом трансформации  $n_{т1}$ .

10. Расчет чувствительности защит по рис. 1 — 8, выполненных с включением на фазные токи, может быть весьма просто произведен по первичным величинам токов короткого замыкания и срабатывания защиты.

Коэффициент чувствительности защиты

$$k_{ч} = \frac{I_{к.з.мин}}{I_{с.з}} \quad (10)$$

где  $I_{к.з.мин}$  — периодическая слагающая (при  $t = 0$ ) минимального первичного тока короткого замыкания на шинах.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок минимальный коэффициент чувствительности по выражению (10) допускается порядка 2,0.

Следует отметить, что в режиме подачи напряжения на поврежденные шины включением первой питающей линии от устройства АПВ (гл. 1, п. А,7) допустимо иметь сниженный коэффициент чувствительности защиты шин порядка 1,5. В случае, если последний не обеспечивается, а с точки зрения сохранения устойчивости системы недопустима ликвидация рассматриваемого короткого замыкания на шинах защитой с выдержкой времени питающей линии, необходимо предусмотреть дополнительно чувствительную защиту шин (рис. 2) или мероприятия, разрешающие отключать короткое замыкание основной защиты линии (например, снятие блокирующего импульса с высокочастотной защиты линии и др.).

#### Б. ПРИМЕР РАСЧЕТА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ШИН, ВЫПОЛНЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА С РАЗНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ ТРАНСФОРМАЦИИ

Ниже в качестве примера дан выбор параметров срабатывания дифференциальной токовой защиты двойной системы шин 110 кВ с фиксированным распределением элементов в предположении, что расчетным является условие отстройки от максимального тока небаланса при переходном режиме внешнего короткого замыкания [выражение (1)].

Исходная схема приведена на рис. 39.

Тип трансформаторов тока ТФНД 110-Д/Д/0,5; для защиты шин использован сердечник типа Д с большим сечением ( $D_1$ ).

На трансформаторах и в цепи шиносоединительного выключателя установлены трансформаторы тока с коэффициентом трансформации  $n_{т1} = 600/5$ , а на линиях  $n_{т2} = 400/5$ .

Длины вторичных цепей даны на рис. 39.

Предполагается, что сечение вторичных цепей задано ( $q = 6 \text{ мм}^2$ ) и требуется проверка трансформаторов тока по кривым допустимых кратностей при указанном сечении.

##### а) Проверка трансформаторов тока по кривым допустимых кратностей при 10% погрешности

При проверке трансформаторов тока следует рассматривать такой вид повреждения, при котором отношение напряжения к току на вторичной стороне трансформатора тока элемента, обтекаемого наибольшим током, максимально. При этом следует учитывать, что при одинаковых значениях токов короткого замыкания более тяжелым может оказаться трехфазное короткое замыкание, а именно в тех случаях, когда при однофазном коротком замыкании ток в нулевом проводе защиты противоположен току в фазном проводе (рис. 41,б). В рассматриваемом случае условно принято, что расчетным является случай однофазного короткого замыкания.

Расчетная схема защиты и токораспределение в ней для расчетного случая внешнего однофазного замыка-

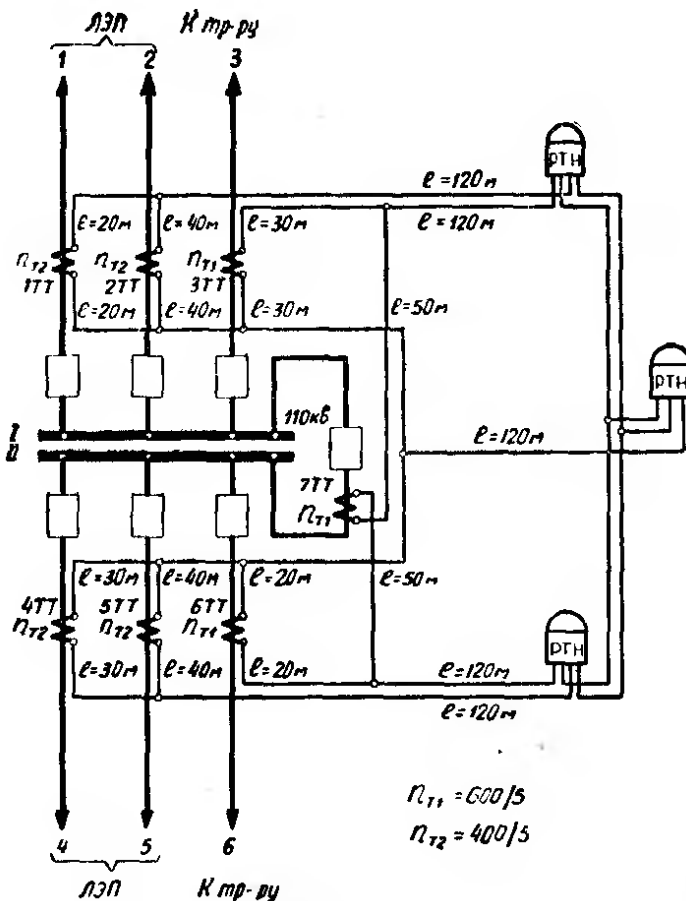


Рис. 39. Исходная схема для примера расчета.

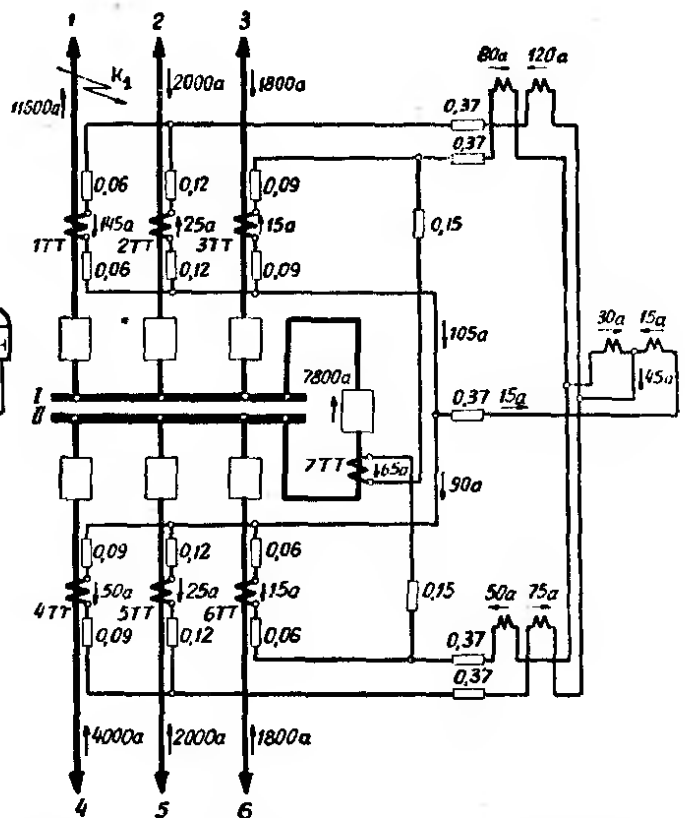


Рис. 40. Токораспределение в расчетной схеме при однофазном коротком замыкании в точке  $K_1$  в схеме по рис. 39.

ния па землю в точке  $K_1$  на элементе № 1 с  $n_{12}=400/5$  приведены на рис. 40.

Для наиболее нагруженного в режиме внешнего замыкания на землю трансформатора тока  $1TT$  определяются по данным рис. 40 расчетная кратность  $m_{расч}$  и расчетная нагрузка  $z_{расч}$ :

$$m_{расч} = k \frac{I_{к.з. макс}}{I_{ном. т}} = 1,25 \cdot \frac{11\,600}{400} = 36$$

( $k$  заимствуется из п. А, 2 настоящей главы);

$$z_{расч} = \frac{U}{I} = \frac{2 \cdot 0,06 \cdot 145 + 0,37 \cdot 120 + 0,37 \cdot 15}{145} = \frac{67,4}{145} \approx 0,46 \text{ ом.}$$

При определении  $z_{расч}$  сопротивлениями пускового и избирательного органов можно пренебречь.

Для полученного значения  $z_{расч}$  по кривым допустимых кратностей при 10% погрешности (приведенным в каталоге) определяется допустимая кратность тока:

$$m_{доп} = 37,$$

т. е.

$$m_{доп} > m_{расч}.$$

Для внешнего однофазного замыкания на землю в точке  $K_2$  на элементе № 3 с  $n_{11}=600/5$  расчетным является случай нарушения фиксации распределения элементов (например, при работе на одной системе шин). Указанное следует из сравнения схем на рис. 41,

а и б, на которых даны распределения токов для случаев нормальной и нарушенной фиксации распределения элементов (в схеме на рис. 41,а по цепи избирательного органа I системы шин проходит ток 33,3 а, а в схеме на рис. 41,б — ток 98,3 а). В связи с этим расчетная кратность и расчетная нагрузка при внешнем повреждении в точке  $K_2$  для трансформатора тока  $3TT$  определяются по схеме на рис. 41,б:

$$m_{расч} = k \frac{I_{к.з. макс}}{I_{ном. т}} = 1,25 \cdot \frac{11\,800}{600} = 25;$$

$$z_{расч} = \frac{U}{I} = \frac{2 \cdot 0,09 \cdot 98,3 + 0,37 \cdot 98,3 - 0,37 \cdot 41,7}{98,3} = \frac{38,9}{98,3} \approx 0,4 \text{ ом.}$$

Для полученного значения  $z_{расч}$  по кривым допустимых кратностей при 10% погрешности определяется допустимая кратность тока:

$$m_{доп} = 42,$$

т. е.

$$m_{доп} > m_{расч}.$$

### б) Выбор чисел витков пускового органа

Первичный ток срабатывания пускового органа определяется в соответствии с выражениями (1) и (2) по условию отстройки от максимального тока небаланса при переходном режиме внешнего короткого замыкания для случая, когда ток внешнего повреждения максимален (в рассматриваемом случае — при коротком замы-

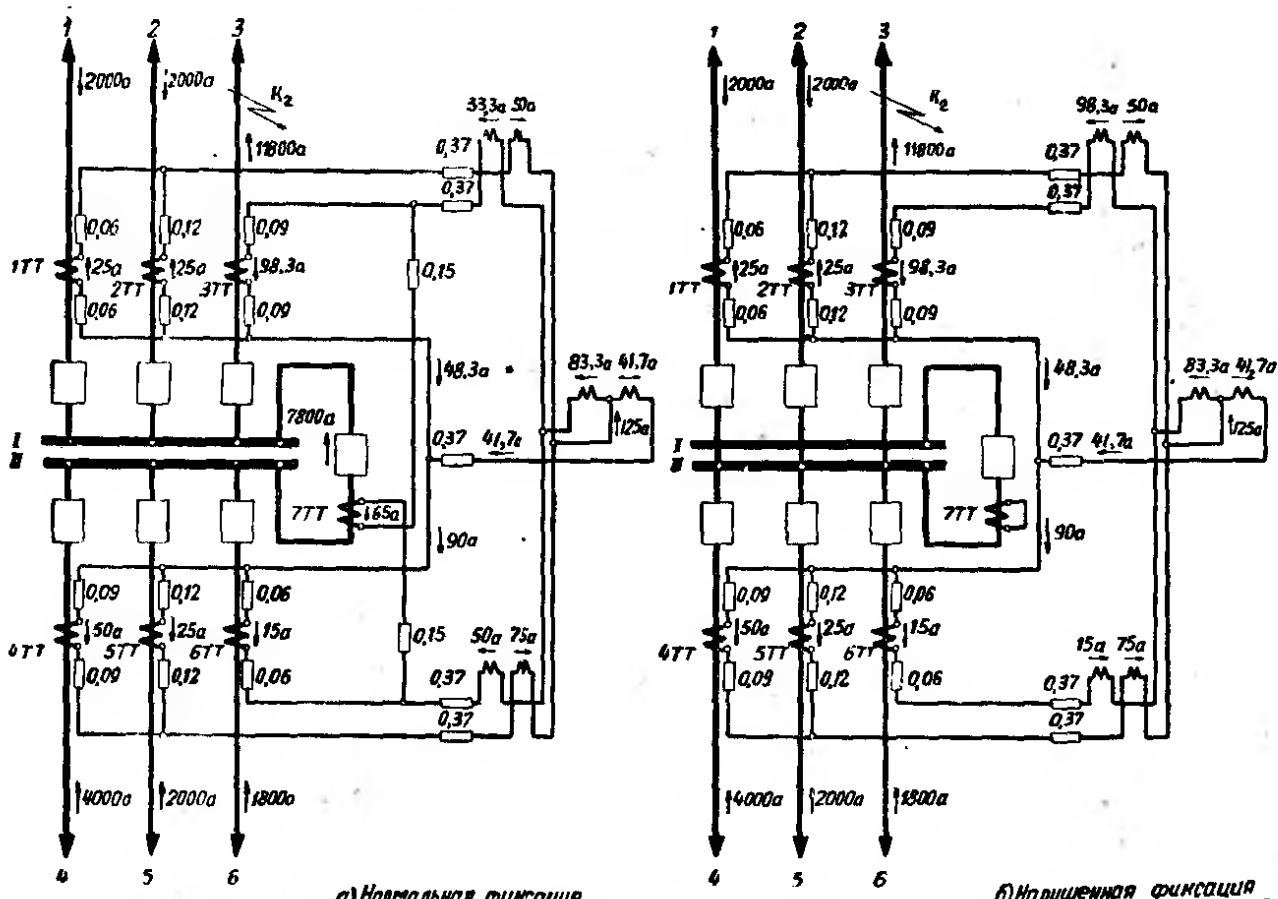


Рис. 41. Токораспределение в расчетной схеме при однофазном коротком замыкании в точке  $K_2$  в схеме по рис. 39.

кании в точке  $K_2$  с  $I_{K,3} = 11\,800\text{ а}$  на элементе № 3 с  $n_{T1} = 600/5$ , рис. 41 и 42).

$$I_{c.p.п} = k_n I_{нб.расч} = k_n k_{апер} f_t I_{к.з.макс} = 1,5 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 11\,800 = 1\,770\text{ а.}$$

В соответствии с выражением (8)

$$\omega_{п2} = \frac{F_{c.p.п}}{I_{c.p.п} / n_{T2}} = \frac{100 \cdot 80}{1\,770} = 4,5\text{ витка.}$$

Принимая  $\omega_{п2} = 4$  виткам, что соответствует увеличению тока срабатывания до  $I_{c.p.п} = 2\,000\text{ а}$ , с учетом выражения (6) получим:

$$\omega_{п1} = \omega_{п2} \frac{n_{T1}}{n_{T2}} = 4 \cdot \frac{120}{80} = 6\text{ витков.}$$

**в) Выбор чисел витков избирательных органов**

Как было отмечено выше, расчета тока срабатывания избирательных органов можно не производить и принимать его равным току срабатывания пускового органа защиты

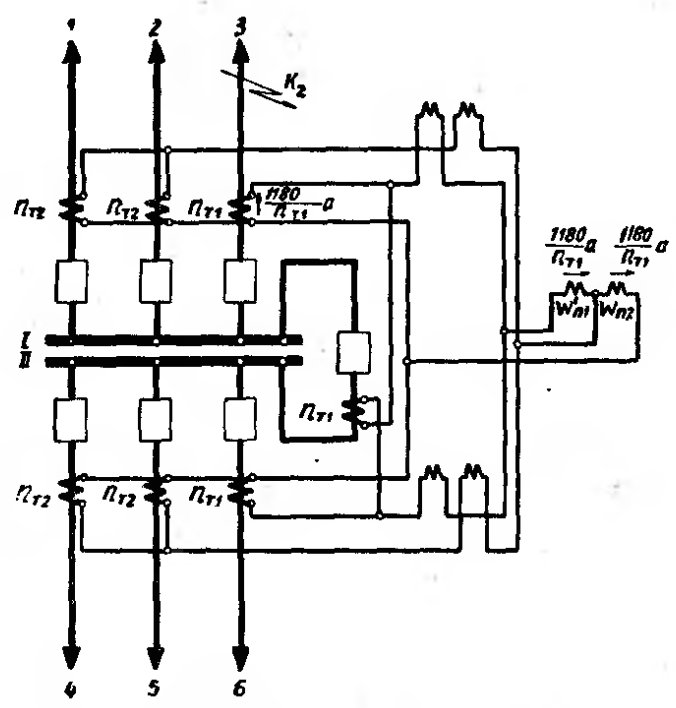
$$I_{c.p.и} = I_{c.p.п} = 2\,000\text{ а;}$$

при этом  $\omega_{п1} = 6$  витков и  $\omega_{п2} = 4$  витка.

**г) Определение коэффициента чувствительности защиты**

Предполагая, что при коротком замыкании на шинах в минимальном режиме  $I_{к.з.мин} = 10\,000\text{ а}$ , определяем в соответствии с выражением (10):

$$k_4 = \frac{I_{к.з.мин}}{I_{c.p.п}} = \frac{10\,000}{2\,000} = 5.$$



Примечание:  $n_{T1} > n_{T2}; W_{п1} = W'_{п1} + W_{п2}$

Рис. 42. Распределение тока небаланса при однофазном коротком замыкании в точке  $K_2$  в схеме по рис. 40.

Ниже в качестве примера дается также ход расчета чисел витков пускового органа по схеме на рис. 39 для случая, когда  $n_{T1} = 750/5$  и  $n_{T2} = 400/5$ .

Как было принято выше,  $I_{с.р.п} = 2000$  а и  $\omega_{п2} = 4$  витка.

Далее, по выражению (6) находим:

$$\omega_{п1 \text{ расч}} = \omega_{п2} \frac{n_{T1}}{n_{T2}} = 4 \frac{150}{80} = 7,5 \text{ витка.}$$

Принимаем  $\omega_{п1 \text{ уст}} = 7$  витков; при этом в соответствии с выражением (9)

$$I_{нб.доп} = \frac{\omega_{п1 \text{ расч}} - \omega_{п1 \text{ уст}}}{\omega_{п1 \text{ расч}}} I'_{к.з.макс} = \frac{7,5 - 7}{7,5} \cdot 10\,000 = 670 \text{ а.}$$

где  $I'_{к.з.макс} = 10\,000$  а — суммарный первичный ток, проходящий при коротком замыкании в точке  $K_2$  по группе трансформаторов тока с коэффициентом трансформации  $n_{T1}$  элементов 3 и 6 ( $I'_{к.з.макс} = 11\,800 - 1\,800 = 10\,000$  а, рис. 41,а).

Ток срабатывания пускового органа с учетом  $I_{нб.доп}$

$$I_{с.р.п} = k_H (k_{\text{апер}} I'_{к.з.макс} + I_{нб.доп}) = 1,5 (1,0 \cdot 11\,800 + 670) = 2\,780 \text{ а.}$$

При  $I_{с.р.п} = 2\,780$  а

$$\omega_{п2} = \frac{F_{с.р.п} n_{T2}}{I_{с.р.п}} = \frac{100 \cdot 80}{2\,780} = 2,9 \text{ витка.}$$

Принимаем  $\omega_{п2} = 3$  витка и получаем:

$$\omega_{п1 \text{ расч}} = 3 \cdot \frac{150}{80} = 5,64 \text{ витка.}$$

При  $\omega_{п1 \text{ уст}} = 6$  витков

$$I_{нб.доп} = \frac{5,64 - 6}{5,64} \cdot 10\,000 = 640 \text{ а,}$$

что соответствует

$$I_{с.р.п} = 1,5 (1,0 \cdot 11\,800 + 640) = 2\,730 \text{ а}$$

и

$$\omega_{п2} \approx 3 \text{ витка.}$$

Таким образом, принимается:  $\omega_{п1} = 6$  витков;  $\omega_{п2} = 3$  витка; при этом  $I_{с.р.п} = 2\,670$  а, что соответствует несколько сниженному коэффициенту надежности по выражению (1):

$$k_H = 1,5 \cdot \frac{2\,670}{2\,730} = 1,46.$$

## ГЛАВА ШЕСТАЯ

### РАСЧЕТ ЗАЩИТЫ ШИН ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Ниже даются расчеты первой и второй ступеней защит шин генераторного напряжения, выполненных по схемам на рис. 21—30.

#### А. НЕПОЛНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА ШИН ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ (рис. 21—24)

1. Защита содержит токовую отсечку (первая ступень) и максимальную токовую защиту (вторая ступень).

2. Ток срабатывания токовой отсечки определяется по условию отстройки от максимального тока, протекающего через защиту при коротком замыкании за реакторами питаемых линий (рис. 43,а). При этом учитывается увеличенный ток нагрузки защищаемой секции шин, имеющий место при отключении одной из секций и переключении (от АВР) всей или части нагрузки отключенной секции на защищаемую:

$$I_{с.з} = k_H [I_{к.з.макс} + k_{\text{нагр}} (I_H + I_{н.доп})], \quad (11)$$

где:  $I_{к.з.макс}$  — периодическая слагающая (при  $t = 0$ ) максимально возможного первичного тока короткого замыкания при повреждении за реактором расчетной питаемой линии (в точке  $K_1$  на рис. 43,а);

$I_H$  — суммарный ток нагрузки питаемых линий, присоединенных к защищаемой секции шин и не охваченных ее дифференциальной защитой при работе всех секций шин генераторного напряжения станции;

$I_{н.доп}$  — суммарный дополнительный ток нагрузки питаемых линий, присоединенных к защищаемой секции шин и не охваченных ее дифференциальной защитой, при отключении одной из секций;

$k_H$  — коэффициент надежности; принимается равным 1,2;

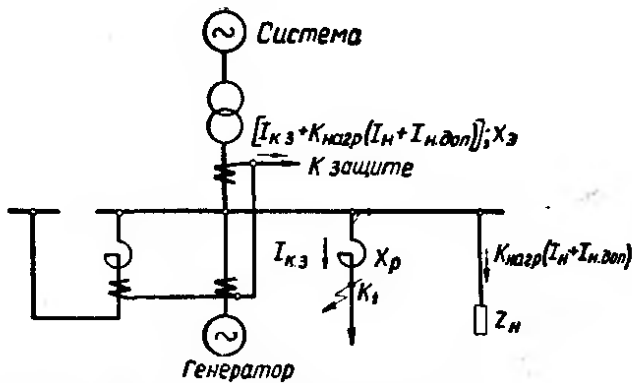
$k_{\text{нагр}}$  — коэффициент нагрузки.

Коэффициент нагрузки вводится в выражение (11) в связи с возможностью посадки напряжения на шинах при коротком замыкании за реактором расчетной питаемой линии, отключаемой с выдержкой времени, и увеличения при этом тока нагрузки остальных питаемых линий, присоединенных к защищаемой секции шин. Учитывая наличие в расчете допущений, увеличивающих фактический запас по селективности [например, арифметическое сложение токов  $I_{к.з.макс}$  и  $I_H$  в выражении (11)], коэффициент нагрузки ориентировочно может быть принят порядка  $k_{\text{нагр}} = 1,2—1,3$ .

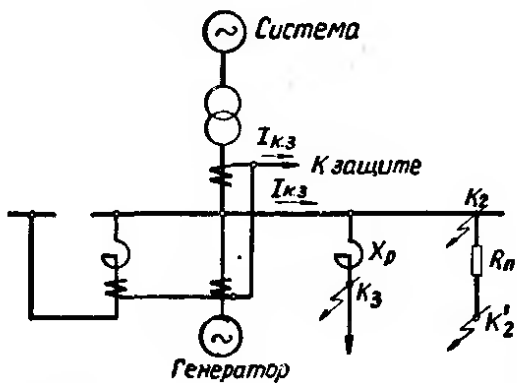
Следует отметить, что при выполнении защиты по схеме на рис. 24 ток срабатывания токовой отсечки должен быть также отстроен от коротких замыканий за трансформатором собственных нужд (на котором не установлены трансформаторы тока, включенные в неполную дифференциальную защиту шин). Однако это условие обычно не является расчетным ввиду значительно большего сопротивления этого трансформатора по сравнению с сопротивлением реакторов питаемых линий.

3. Ток срабатывания максимальной токовой защиты для схем по рис. 21, 23 и 24 определяется по условию отстройки от суммарного тока нагрузки всех питаемых линий, присоединенных к защищаемой секции шин и





а) Исходная схема для расчета селективности основного комплекта защиты.



б) Исходная схема для расчета чувствительности.

Рис. 43. Исходные схемы для расчета неполной дифференциальной защиты шин генераторного напряжения.

не охваченных ее дифференциальной защитой. При этом учитываются условия, когда имеет место повышенный ток нагрузки.

а) После отключения короткого замыкания за реактором одной из питаемых линий, присоединенных к защищаемой секции шин, в случае, когда защищаемая секция имела увеличенную нагрузку в результате отключения одной из других секций станции,

$$I_{с.з} \geq \frac{k_n k_{нагр}}{k_B} (I_n + I_{н.доп}). \quad (12)$$

б) В момент переключения от АВР приемных подстанций нагрузки отключеной секции на защищаемую секцию

$$I_{с.з} \geq k_n (I_n + k_{самозап} I_{н.доп}), \quad (13)$$

где  $k_B$  — коэффициент возврата;

$k_{самозап}$  — коэффициент самозапуска.

Остальные обозначения те же, что и в выражении (11).

Коэффициент нагрузки в выражении (12) во избежание недопустимого заглубления защиты ориентировочно может быть принят таким же, как в выражении (11), т. е. порядка

$$k_{нагр} = 1,2 - 1,3.$$

Коэффициент самозапуска вводится в выражение (13) в связи с тем, что при возникновении короткого замыкания на смежной секции скольжение питающихся от нее двигателей увеличивается и на защищаемую секцию переключается от АВР нагрузка, потребляющая увеличенный ток.

Коэффициент самозапуска в пределе может достигать  $k_{самозап} = 2,5 \div 3$  и должен уточняться для конкретных условий.

4. Ток срабатывания основных и дополнительных реле максимальной токовой защиты повышенной чувствительности для схемы по рис. 22 определяется также по выражениям (12) и (13), в которых под токами  $I_n$  и  $I_{н.доп}$  понимаются соответствующие токи нагрузки:

а) питаемых линий, не охваченных дифференциальной защитой шиной, — для основных реле максимальной токовой защиты (23РТ и 24РТ на рис. 22);

б) питаемых линий, трансформаторы тока которых включены в схему дифференциальной защиты шиной (через промежуточные трансформаторы тока), — для дополнительных реле максимальной токовой защиты (21РТ и 22РТ на рис. 22).

5. Чувствительность токовой отсечки характеризуется коэффициентом чувствительности  $k_{ч.м}$  при металлических коротких замыканиях на шинах (в точке  $K_2$ , рис. 43,б), определяемым по выражению:

$$k_{ч.м} = \frac{I_{к.з.мин}^{(2)}}{I_{с.з}}, \quad (14)$$

где:  $I_{к.з.мин}^{(2)}$  — периодическая слагающая (при  $t=0$ ) тока металлического короткого замыкания при замыкании между двумя фазами на шинах в минимальном режиме;

$I_{с.з}$  — ток срабатывания защиты.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок минимальный коэффициент чувствительности  $k_{ч.м}$  допускается порядка 1,5.

6. Чувствительность максимальной токовой защиты характеризуется коэффициентом чувствительности  $k_{ч.м}$  при металлических коротких замыканиях за реактором питаемой линии (в точке  $K_3$  на рис. 43,б), определяемым по выражению (14), где  $I_{к.з.мин}^{(2)}$  — периодическая слагающая (при  $t=0$ ) тока металлического короткого замыкания при замыкании между двумя фазами за реактором питаемой линии в минимальном режиме. Выражение (14) не учитывает влияния нагрузки, что упрощает расчеты и обуславливает дополнительный запас надежности.

В случаях, когда рассматриваемая защита имеет только резервные функции, в соответствии с Правилами устройства электроустановок, минимальный коэффициент чувствительности  $k_{ч.м}$  должен быть не менее 1,2.

Однако на станциях, на которых линейные выключатели установлены после линейных реакторов, рассматриваемая защита является единственной от повреждений между линейным реактором и выключателем. В связи с этим на таких станциях при указанных повреждениях должен обеспечиваться повышенный коэффициент чувствительности  $k_{ч.м}$  порядка 1,5 (как для основной защиты).

Ниже в качестве иллюстрации дан пример расчета рассмотренной неполной дифференциальной токовой защиты шин генераторного напряжения.

## Б. НЕПОЛНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА ШИН ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ С КОМБИНИРОВАННОЙ ОТСЕЧКОЙ ПО ТОКУ И НАПРЯЖЕНИЮ (рис. 25)

1. Защита содержит комбинированную отсечку по току и напряжению (первая ступень) и максимальную токовую защиту (вторая ступень).

2. Ток срабатывания токовых реле комбинированной отсечки определяется по условию обеспечения необходимой чувствительности к металлическим замыка-

ниями между двумя фазами на защищаемой секции шин в минимальном режиме:

$$I_{с.з} = \frac{I_{к.з.мин}^{(2)}}{k_{ч.м}}, \quad (15)$$

где:  $I_{к.з.мин}^{(2)}$  — периодическая слагающая (при  $t = 0$ ) тока металлического короткого замыкания при замыкании между двумя фазами на шинах в минимальном режиме;  
 $k_{ч.м}$  — коэффициент чувствительности при рассматриваемом повреждении; принимается равным 1,5.

Для предотвращения неправильного действия защиты от токов нагрузки при нарушении цепей напряжения ток срабатывания токовой отсечки должен быть также больше длительно допустимого максимального тока нагрузки секции ( $I_n + I_{н.доп}$ ).

Напряжение срабатывания реле напряжения комбинированной отсечки определяется по условию отстройки от минимального напряжения на защите при таком коротком замыкании за реакторами питаемых линий (в точке  $K_1$  на рис. 43,а), при котором ток в защите равен току срабатывания токовых реле отсечки:

$$U_{с.з} = \frac{\sqrt{3} I_{с.з} x_p}{k_n}, \quad (16)$$

где:  $I_{с.з}$  — ток срабатывания токовых реле комбинированной отсечки;  
 $x_p$  — сопротивление реактора расчетной питаемой линии;  
 $k_n$  — коэффициент надежности; принимается равным 1,3, поскольку он должен учитывать также уменьшение напряжения на защите за счет сопротивления нагрузки.

В выражении (16)  $\sqrt{3}$  введен в связи с тем, что при данном токе повреждения за реактором ( $I_{с.з}$ ) минимальное напряжение на защите будет иметь место при трехфазном металлическом коротком замыкании.

Кроме того, по условиям термической устойчивости реле типа ЭН-520 и отстройки от напряжения нагрузочного режима напряжение срабатывания должно удовлетворять также следующему дополнительному условию:

$$0,2U_{ном} \leq U_{с.з} \leq 0,7U_{ном}. \quad (17)$$

Если  $U_{с.з}$  получается меньше  $0,2U_{ном}$ , то защита невыполнима с реле типа ЭН-520; если  $U_{с.з}$  получается больше  $0,7U_{ном}$ , то следует принять его равным  $0,7U_{ном}$ , а ток срабатывания токовых реле  $I_{с.з}$  уменьшить в соответствии с выражением (16).

3. Чувствительность реле напряжения комбинированной отсечки характеризуется коэффициентом чувствительности  $k_{чR}$  при повреждениях через переходное сопротивление на защищаемой секции шин (в точке  $K_2$ , рис. 43,б), определяемым по выражению

$$k_{чR} = \frac{U_{с.з}}{U_R}. \quad (18)$$

где:

$U_{с.з}$  — напряжение срабатывания реле;

$U_R$  — максимально возможная величина напряжения (кв) на переходном сопротивлении при повреждении на шинах, которая может быть определена по выражению:

$$U_R = 1,05I, \quad (19)$$

<sup>1</sup> В. В. Бургсдорф, Открытые электрические дуги большой мощности, «Электричество», 1948, № 10.

где  $l$  — длина дуги, м; в момент возникновения дуги она равна расстоянию между токоведущими частями, но в дальнейшем может увеличиваться за счет раздувания дуги за 0,1 сек (защита без выдержки времени) примерно на 20—30%, за 0,5—1 сек — примерно в 2 раза.

Минимальный коэффициент чувствительности  $k_{чR}$  по выражению (18), учитывая ориентировочность определения  $U_R$  по выражению (19), допускается порядка 2,0.

4. Ток срабатывания и чувствительность максимальной токовой защиты определяются в соответствии с пп. А,3 и А,6 настоящей главы.

## В. НЕПОЛНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИСТАНЦИОННАЯ ЗАЩИТА ШИН ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ (рис. 26, 26а, 27 и 27а)

1. Защита содержит односистемную дистанционную с токовым пуском (первая ступень) и максимальную токовую (вторая ступень) защиты. В качестве реле сопротивления в защите используется реле типа КРС-111.

2. Первичное сопротивление срабатывания дистанционного органа защиты определяется по условию отстройки от коротких замыканий за реакторами с сопротивлением  $x_p$  питаемых линий (рис. 43,а):

$$z_{с.з} = \frac{x_0}{1 + \delta + \beta}, \quad (20)$$

где:  $x_0$  — сопротивление на защите (без учета тока нагрузки) при металлическом коротком замыкании за реактором расчетной питаемой линии (в точке  $K_1$  на рис. 43,а); при замыканиях между двумя и тремя фазами  $x_0 = x_p$ ;

$\delta$  — коэффициент, учитывающий запас и ошибки расчета, обусловленные возможной неточностью в определении сопротивления реактора, а также уменьшение сопротивления, подводного к защите, за счет тока нагрузки питаемых линий (рис. 44); принимается равным 0,25;

$\beta$  — коэффициент, учитывающий ошибки, обусловленные погрешностями реле и трансформаторов напряжения в сторону увеличения защищаемой зоны; принимается равным 0,05.

С учетом указанных коэффициентов сопротивление срабатывания дистанционного органа принимается равным:

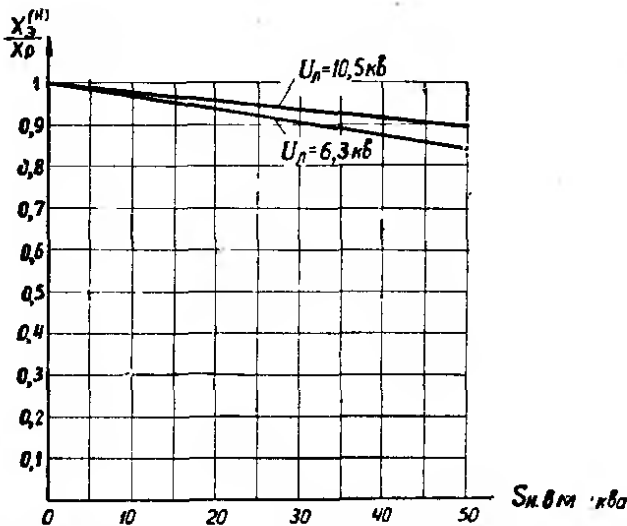
$$z_{с.з} \approx 0,8x_0. \quad (21)$$

Следует отметить, что при таких двойных замыканиях на землю, когда одно место повреждения находится на шинах, а другое — непосредственно за реактором одной из питаемых линий, сопротивление на защите примерно равно (рис. 45):

$$x_0 \approx \frac{x_p}{2}. \quad (22)$$

где  $x_p$  — сопротивление реактора поврежденной питаемой линии.

Таким образом, учет указанного двойного замыкания на землю приведет к уменьшению в 2 раза сопротивления срабатывания защиты, вычисленного по выражению (20) для замыканий между двумя и тремя фазами. Учитывая, однако, что двойные замыкания на землю являются весьма редким видом поврежде-



Примечания  
 1 Исходная схема для построения кривых  $\frac{X_3^{(H)}}{X_p} = f(S_H)$  приведена на рис. 42.  
 2 Величины сопротивлений определялись по выражениям:

а) Сопротивление нагрузки  

$$X_H = 1,2 \frac{U_n^2}{S_H}$$

где  $S_H$  — мощность нагрузки, питаемой от защищаемых шин, в МВА.

б) Сопротивление реактора расчетного элемента в омах (исходя из реактанса 0,5% на 0,1 на номинального тока элемента)

$$X_p = \frac{0,005 I_{ном} U_n^2}{0,1 S_{ном}} = 0,0288 U_n$$

где  $I_{ном}$  и  $S_{ном}$  — соответственно номинальные ток и мощность расчетного элемента.

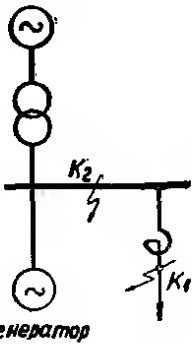
в) Суммарное сопротивление на зажимах реле

$$X_3^{(H)} = X_p \parallel X_H = \frac{X_p X_H}{1 + \frac{X_p X_H}{U_n^2}}$$

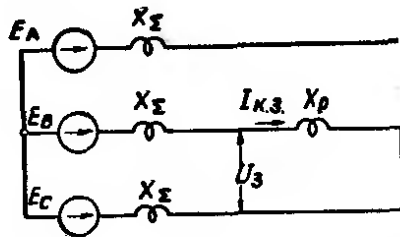
откуда: 
$$\frac{X_3^{(H)}}{X_p} = \frac{U_n}{U_n + 0,024 S_H}$$

Рис. 44. Снижение сопротивления на зажимах реле неполной дифференциальной защиты из-за влияния нагрузки при трехфазных коротких замыканиях.

Система



а) Исходная схема.



б) Схема замещения.

Рис. 45. Двойное замыкание на землю.

ния, а также, что в случаях, когда за линейным реактором повреждается фаза, на которой трансформатор тока не установлен, отключение повреждения возможно только от защиты шин; указанные двойные замыкания на землю допустимо не учитывать [т. е. в выражении (20) можно принимать  $X_0 = X_p$ ].

3. Чувствительность дистанционного органа защиты характеризуется коэффициентом чувствительности при повреждениях через переходное сопротивление на

защищаемой секции шин (в точке  $K_2'$ , рис. 43,б), определяемым по выражению:

$$k_{чR} = \frac{R_{с.з.}}{R_{п.}}, \quad (23)$$

где:  $R_{с.з.}$  — величина сопротивления срабатывания защиты по оси активных сопротивлений характеристики (рис. 46,а);

$R_{п.}$  — максимальная возможная величина переходного сопротивления (ом) при повреждении на шинах, которая может быть определена по выражению<sup>1</sup>:

$$R_{п.} = \frac{1,05I}{I_{к.з.}}, \quad (24)$$

где:  $I_{к.з.}$  — ток короткого замыкания (ка) при повреждении на шинах через рассматриваемое переходное сопротивление  $R_{п.}$  в минимальном режиме; в целях упрощения в расчетах принимается равным току при металлическом коротком замыкании на шинах;

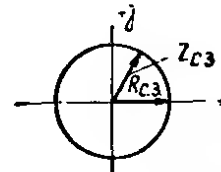
$I$  — то же, что и в выражении (19).

При использовании в защите реле полного сопротивления с центром характеристики срабатывания, расположенным в начале координат (рис. 46,а),

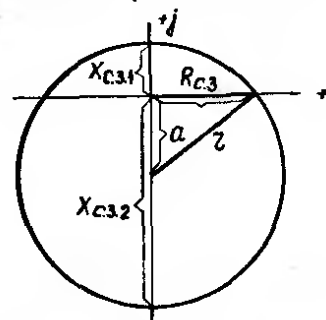
$$R_{с.з.} = z_{с.з.} \quad (25)$$

Минимальный коэффициент чувствительности  $k_{чR}$  по выражению (23), учитывая ориентировочность определения  $R_{п.}$  по выражению (24), допускается порядка 2,0.

<sup>1</sup> См. справку на стр. 57



а) Характеристика защиты с реле полного сопротивления



Параметры смещенной характеристики

$$\text{Радиус } z = \frac{X_{с.з.1} + X_{с.з.2}}{2}$$

$$\text{Смещение центра } a = X_{с.з.2} - z = X_{с.з.2} - \frac{X_{с.з.1} + X_{с.з.2}}{2} = \frac{X_{с.з.2} - X_{с.з.1}}{2}$$

Активное сопротивление, на которое реагирует защита

$$R_{с.з.} = \sqrt{z^2 - a^2} = \sqrt{\left(\frac{X_{с.з.1} + X_{с.з.2}}{2}\right)^2 - \left(\frac{X_{с.з.2} - X_{с.з.1}}{2}\right)^2} = \sqrt{X_{с.з.1} X_{с.з.2}}$$

б) Характеристика со смещением защиты с реле сопротивления

Рис. 46. Характеристика защиты, выполненной с реле сопротивления типа КРС-111.

В случаях, когда значение коэффициента чувствительности  $k_{чР}$  по выражению (23) для реле полного сопротивления получается ниже допустимого, целесообразно устанавливать на реле характеристику со смещением (рис. 46,б). Для этого необходимо увеличить уставку на трансреакторе  $Tx2$  (рис. 26а и 27а), определяющем сопротивление срабатывания защиты по оси реактивных сопротивлений характеристики в отрицательном направлении.

При смещенной характеристике (рис. 46,б) сопротивление срабатывания  $R_{с.з}$  может быть определено по выражению:

$$R_{с.з} = \sqrt{x_{с.з1} x_{с.з2}} \quad (26)$$

где:  $x_{с.з1}$  — сопротивление срабатывания защиты по оси реактивных сопротивлений в положительном направлении; определяется уставкой на трансреакторе  $Tx1$  (рис. 26а или 27а).

$x_{с.з2}$  — то же, но в отрицательном направлении; определяется уставкой на трансреакторе  $Tx2$ .

Вывод выражения (26) дан на рис. 46,б.

4. Ток срабатывания и чувствительность максимальной токовой защиты, выполняющей также роль токового пускового органа, определяются в соответствии с пп. А,3, А,4 и А,6 настоящей главы.

## Г. ДИСТАНЦИОННАЯ ЗАЩИТА ШИН ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ, УСТАНОВЛИВАЕМАЯ НА ТРАНСФОРМАТОРЕ СВЯЗИ С СИСТЕМОЙ И НА СЕКЦИОННОМ РЕАКТОРЕ (рис. 28 и 28а)

1. При установке на трансформаторе связи защита предназначается для действия при повреждениях на секции шин, к которой подключен указанный трансформатор связи, а при установке на секционном реакторе — для действия при повреждениях на обеих секциях шин, соединенных указанным секционным реактором. Защита выполнена односистемной дистанционной с токовым пуском; в качестве реле сопротивления в защите используется реле типа КРС-111.

2. Первичное сопротивление срабатывания дистанционного органа защиты определяется по условию отстройки от коротких замыканий за сосредоточенными сопротивлениями элементов, присоединенных к шинам (реакторы питаемых линий, секционные реакторы, трансформаторы собственных нужд станции, трансформатор связи с системой, рис. 47,а).

При повреждениях на разных сторонах элемента, на котором установлен рассматриваемый комплект защиты, сопротивления на защите имеют противоположные направления. Исходя из этого при выборе характеристики срабатывания защиты целесообразно производить отстройку раздельно по положительному и отрицательному направлениям оси реактивных сопротивлений. При такой отстройке характеристика защиты, как правило, получается смещенной (рис. 46,б), что обуславливает большую чувствительность защиты к замыканиям через переходные сопротивления, чем при характеристике с центром в начале координат.

В соответствии с указанным сопротивлением срабатывания определяются следующим образом.

а) Для комплекта защиты, установленного на трансформаторе связи с системой:

сопротивление срабатывания по положительному направлению оси реактивных сопротивлений  $x_{с.з1}$  (за положительное принимается направление токов к защищаемой секции шин) — по условию отстройки от коротких замыканий за реакторами питаемых линий, трансформатором собственных нужд и секционным реактором, присоединенными к защищаемой секции шин

(в точках  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  на рис. 47,а для защиты, установленной на трансформаторе секции I);

сопротивление срабатывания по отрицательному направлению оси реактивных сопротивлений  $x_{с.з2}$  — по условию отстройки от коротких замыканий за трансформатором связи с системой, на котором установлен рассматриваемый комплект защиты (в точках  $K_4$  и  $K_5$  на рис. 47,а для защиты, установленной на трансформаторе секции I).

б) Для комплекта защиты, установленного на секционном реакторе:

сопротивление срабатывания по положительному направлению оси реактивных сопротивлений  $x_{с.з1}$  (за положительное принимается направление токов к той секции шин, с которой подается напряжение на защиту секции I на рис. 47,а) — по условию отстройки от коротких замыканий за реакторами питаемых линий, секционным реактором (если эта секция не является крайней, как на рис. 47), трансформатором собственных нужд и трансформатором связи с системой, присоединенным к секции, с которой подается напряжение на защиту (в точках  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_4$  и  $K_5$  на рис. 47,а);

сопротивление срабатывания по отрицательному направлению оси реактивных сопротивлений  $x_{с.з2}$  — по условию отстройки от коротких замыканий за таким же элементом другой секции (секции II на рис. 47,а), связанной с секционным реактором, на котором установлен рассматриваемый комплект защиты (в точках  $K'_1$ ,  $K'_2$ ,  $K'_3$ ,  $K'_4$  и  $K'_5$  на рис. 47,а).

3. Отстройка от указанных в п. 2 коротких замыканий производится по выражению (20), в котором принимается:

при отстройке от коротких замыканий за реакторами  $\delta=0,25$ , как в расчете неполной дифференциальной дистанционной защиты шин;

при отстройке от коротких замыканий за трансформаторами собственных нужд  $\delta=0,3$ , поскольку он должен учитывать неточность принятого в расчете сопротивления трансформатора;

при отстройке от коротких замыканий за трансформаторами связи с системой  $\delta=0,3$  для комплекта, установленного на секционном реакторе, и  $\delta=0,2$  для комплекта, установленного на этом трансформаторе связи с системой; уменьшение коэффициента  $\delta$  во втором случае объясняется отсутствием снижающего влияния тока нагрузки на сопротивление, подводимое к защите (рис. 44).

Сопротивление на защите  $x_з$ , входящее в выражение (20), определяется для расчетных случаев коротких замыканий в режимах, в которых влияние подпитки минимально (поскольку меньшие подпитки соответствуют меньшим сопротивлениям на защите).

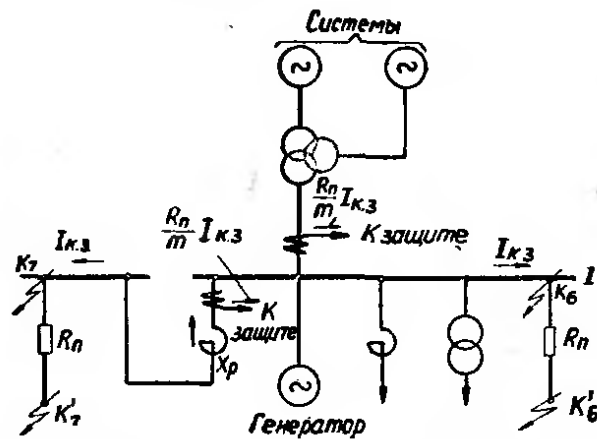
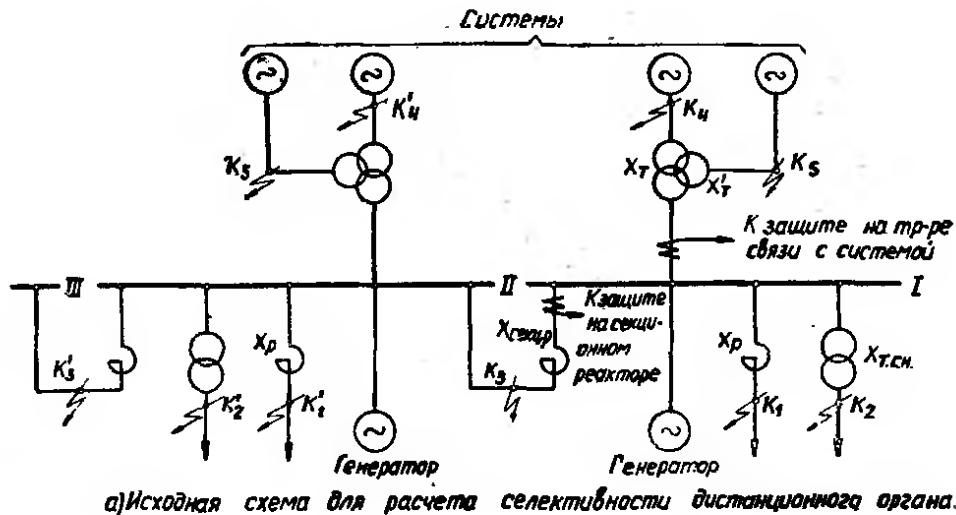
В дополнение к указанному следует учитывать, что при замыканиях между двумя фазами за трансформатором с соединением обмоток  $Y/\Delta-11$  из-за отказа пускового органа в одной из фаз может иметь место уменьшенный замер, в пределе равный:

$$x_з = \frac{1}{\sqrt{3}} x_{тр} \quad (27)$$

где  $x_{тр}$  — сопротивление трансформатора, за которым рассматривается повреждение.

Однако практически это снижение замера должно учитываться только в тех случаях, когда токи повреждения малы и отказ пускового органа в одной из фаз реально возможен.

Кроме того, как было отмечено выше (в расчете неполной дифференциальной защиты), при выборе сопротивления срабатывания допустимо не учитывать такие двойные замыкания на землю, когда одно место



Примечание  
В схемах а) и б) выключатели в цепи секционного реактора принимаются установленными со стороны секций II и III.

Рис. 47. Исходные схемы для расчета дистанционной защиты шин генераторного напряжения, устанавливаемой на секционном реакторе или на трансформаторе связи с системой.

повреждения находится на шинах, а другое — непосредственно за реактором одной из питаемых линий.

3. Ток срабатывания токового пускового органа определяется по условию отстройки от максимального тока, который может протекать в месте установки рассматриваемого комплекта защиты при допустимых перегрузках (гл. 3, разд. «Б» Особенности выполнения схемы по рис. 28):

$$I_{с.з} = \frac{k_R}{k_B} I_{н.макс} \quad (28)$$

где:  $I_{н.макс}$  — максимальный ток в месте установки защиты при допустимых перегрузках;

$k_R$  — коэффициент надежности; принимается равным 1,2;

$k_B$  — коэффициент возврата.

4. Чувствительность дистанционного органа для комплекта защиты, установленного на трансформаторе связи с системой, характеризуется величиной коэффициента чувствительности при повреждениях через переходное сопротивление на защищаемой секции шин (в точке  $K'_6$  на рис. 47,б), определяемого по выражению:

$$k_{чR} = \frac{R_{с.з}}{\frac{R_{п}}{m}} \quad (29)$$

где:  $R_{с.з}$  — величина сопротивления срабатывания защиты по оси активных сопротивлений, определяемая по выражению (26);

$R_{п}$  — максимально возможная величина переходного сопротивления при повреждении на шинах, определяемая по выражению (24);

$m$  — доля тока повреждения, протекающая по элементу, на котором установлен рассматриваемый комплект защиты.

Расчетным для определения чувствительности защиты является режим, когда включены все питающие элементы поврежденной секции шин, поскольку величина  $m$  для этого случая минимальна.

Для комплекта защиты, установленного на секционном реакторе, должна быть проверена чувствительность дистанционного органа к повреждениям через переходное сопротивление на той секции шин, с которой подается напряжение на защиту (в точке  $K'_6$  на рис. 47,б), по выражению (29), а также к повреждениям на другой секции, связанной с секционным реактором, на котором установлен рассматриваемый комплект защиты (в точке  $K'_7$  на рис. 47,б), по выражению:

$$k'_{чR} = \frac{z_{с.з}}{\left| \frac{R_{п}}{m} + jx_p \right|} \quad (30)$$

где:  $z_{с.з}$  — величина сопротивления срабатывания защиты по направлению вектора суммарного сопротив-

ления  $\left| \frac{R_{п}}{m} + jx_{р} \right|$  на зажимах защиты в расчетных условиях; определяется графически;

$x_{р}$  — сопротивление секционного реактора, на котором установлен рассматриваемый комплект защиты;

$R_{п}$  и  $m$  — как в выражении (29).

Минимальный коэффициент чувствительности по выражению (29) допускается порядка 2,0, а по выражению (30) — порядка 1,5, поскольку во втором случае ошибка при определении сопротивления  $R_{п}$  меньше влияет на расчет.

5. Чувствительность токового пускового органа защиты характеризуется коэффициентом чувствительности  $k_{ч.м}$  при металлических коротких замыканиях в следующих точках:

а) для комплекта защиты, установленного на трансформаторе связи с системой, — на защищаемой секции шин (в точке  $K_6$  на рис. 47,б);

б) для комплекта защиты, установленного на секционном реакторе, — на той секции шин, с которой подается напряжение на защиту (в точке  $K_6$  на рис. 47,б), а также на другой секции, связанной с секционным реактором, на котором установлен рассматриваемый комплект защиты (в точке  $K_7$  на рис. 47,б).

Во всех случаях коэффициент чувствительности  $k_{ч.м}$  определяется по выражению (14). Минимальное значение  $k_{ч.м}$  допускается порядка 1,5.

#### Д. НЕПОЛНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА ШИН ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СТАНЦИЙ С ФИКСИРОВАННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ (рис. 29 и 30)

1. Защита содержит:

а) пусковой орган, состоящий из токовой отсечки (первая ступень) и максимальной токовой защиты (вторая ступень);

б) два избирательных органа.

2. Выбор токов срабатывания и расчет чувствительности первой и второй ступеней пускового органа производятся так же, как для неполной дифференциальной токовой защиты шин по рис. 21—24.

3. Ток срабатывания избирательных органов практически можно принимать равным или несколько меньшим тока срабатывания второй ступеней пускового органа, учитывая, что токи нагрузки, протекающие через избирательные органы, равны или меньше протекающих через пусковой орган.

#### Е. ПРИМЕР РАСЧЕТА НЕПОЛНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ШИН ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

В настоящем примере дан расчет неполной дифференциальной токовой защиты средней секции шин станции с тремя секциями на генераторном напряжении и генерирующей мощностью по 50 Мвт на секцию (рис. 48). Связь с системой осуществляется двумя трансформаторами 121/10,5 кВ по 60 Мва, присоединенными к крайним секциям.

Линии, отходящие от шин генераторного напряжения станции, реактивированы, причем линейные выключатели установлены после реакторов. Сопрогнвление линейных реакторов выбирается из расчета 0,5% на каждые 100 а тока нагрузки линии.

Исходная схема станции в максимальном режиме

работы и схема замещения ее в прямой (обратной) последовательности приведены на рис. 48.

Пример рассчитан в именованных единицах, приведенных к ступени генераторного напряжения станции (10,5 кВ) как к базисной.

1. Случай, когда мощность нагрузки на секцию генераторного напряжения при работе всех секций станции примерно равна 0,67 мощности генератора

1. Определяется ток срабатывания токовой отсечки по условию отстройки от максимального тока, протекающего через защиту при коротком замыкании за линейным реактором (в точке  $K_1$  на рис. 48,а).

Эквивалентное сопротивление схемы замещения по рис. 48,б

$$x_s = 0,395 \text{ ом.}$$

Периодическая слагающая (при  $t = 0$ ) тока металлического трехфазного короткого замыкания за линейным реактором в максимальном режиме работы станции и системы

$$I_{к.з} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,395} = 15,32 \text{ ка.}$$

Суммарный ток нагрузки линий, питаемых от защищаемой секции шин в случае, когда все три секции шин генераторного напряжения станции находятся в работе,

$$I_{н} = \frac{50 \cdot 0,67}{0,85 \sqrt{3} \cdot 10,5} = 2,16 \text{ ка.}$$

Примем, что суммарный дополнительный ток нагрузки линий, питаемых от защищаемой секции шин, в случае, когда одна из крайних секций шин отключена:

$$I_{н.доп} = 0,5 I_{н} = 1,08 \text{ ка.}$$

Исходя из полученных токов повреждения за линейным реактором и токов нагрузки, по выражению (11) определяем ток срабатывания токовой отсечки:

$$I_{с.з} = k_{н} [I_{к.з} + k_{нагр} (I_{н} + I_{н.доп})] = 1,2 [15,32 + 1,3 (2,16 + 1,08)] = 23,4 \text{ ка.}$$

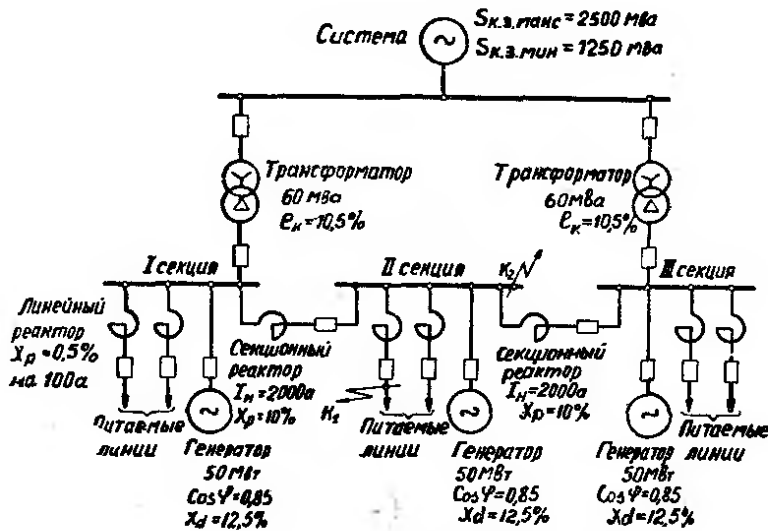
2. Чувствительность рассматриваемой токовой отсечки определяется по выражению (14) для металлического замыкания между двумя фазами на шинах (в точке  $K_2$  на рис. 48,а) в нормальном режиме работы станции, а также в режимах отключения некоторых питающих элементов (рис. 49) при минимальном режиме работы системы.

Результаты расчетов токов короткого замыкания и коэффициентов чувствительности приведены в табл. 2.

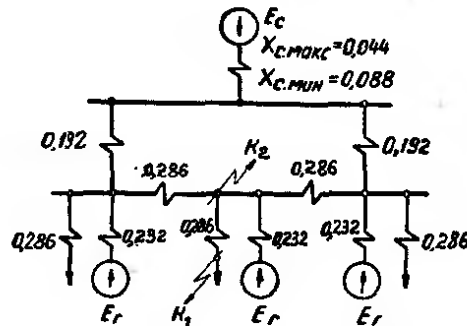
Из рассмотрения табл. 2 следует, что при металлических замыканиях между двумя фазами на защищаемой секции шин генераторного напряжения станции в режимах, когда включены все питающие элементы, а также когда отключен один из секционных реакторов, токовая отсечка обеспечивает требуемую чувствительность.

При отключенном генераторе защищаемой секции чувствительность рассматриваемой защиты к повреждениям на шинах недостаточна. Однако при длительной работе станции в рассматриваемом режиме один из секционных реакторов будет шунтирован, что приведет к увеличению чувствительности защиты.

При опробовании защищаемой секции через секционный реактор токовая отсечка нечувствительна к ио-



а) Исходная схема



б) Схема замещения прямой (обратной) последовательности

Примечания

1. Сопротивления схемы замещения даны в омах, приведенных к напряжению 10,5 кВ
2. В целях упрощения расчетов сопротивления обратной последовательности генераторов и системы приняты равными сопротивлениям прямой последовательности этих элементов

Рис. 48. Исходная схема и схема замещения прямой (обратной) последовательности для примера расчета защиты шин генераторного напряжения.

вреждениям на шинах. Эти повреждения будут отключаться максимальной токовой защитой шин.

3. Определяется ток срабатывания максимальной токовой защиты по условно отстройке от тока нагрузки секции с учетом самозапуска в режимах:

а) после отключения короткого замыкания за реактором одной из питаемых линий, присоединенных к защищаемой секции шин, в случае, когда защищаемая

секция имела увеличенную нагрузку в результате отключения другой секции, — по выражению (12):

$$I_{с.з} = \frac{k_n k_{нагр}}{k_B} (I_n + I_{н.доп}) = \frac{1,2 \cdot 1,3}{0,85} (2,16 + 1,08) = 5,95 \text{ ка};$$

б) в момент переключения от АВР на защищаемую секцию части нагрузки отключенной секции — по выражению (13):

$$I_{с.з} = k_n (I_n + k_{самозап} I_{н.доп}) = 1,2 (2,16 + 2,5 \cdot 1,08) = 5,84 \text{ ка}.$$

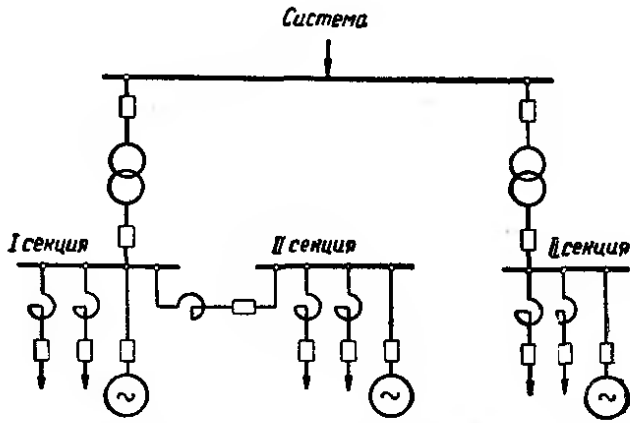
В выражениях (12) и (13) коэффициенты надежности, возврата, нагрузки и самозапуска соответственно приняты равными  $k_n = 1,2$ ;  $k_B = 0,85$ ;  $k_{нагр} = 1,3$  и  $k_{самозап} = 2,5$ .

4. Чувствительность максимальной токовой защиты определялась по выражению (14) для металлического замыкания между двумя фазами за реактором питаемой линии (в точке  $K_1$  на рис. 48,а) в тех же режимах, в которых определялась чувствительность токовой отсечки. В режиме опробования защищаемой секции через секционный реактор рассматривалось повреждение на шинах (в точке  $K_2$  на рис. 48,а).

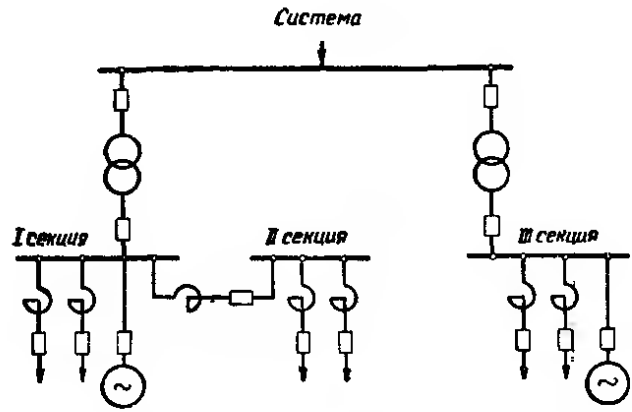
Результаты расчетов токов короткого замыкания и коэффициентов чувствительности приведены в табл. 3.

Таблица 2

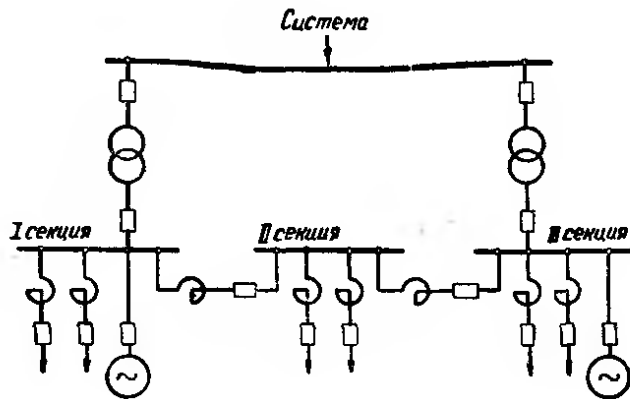
Режим работы станции	Эквивалентное сопротивление схемы замещения $X_{э}, \text{ом}$	Ток в защите $I_{к.з.}^{(2)}$ к. з. мин., ка	Коэффициент чувствительности $k_{ч,м}$
Все питающие элементы включены . . . . .	0,111	47,2	2,02
Отключен секционный реактор (рис. 49, а) . . . . .	0,148	35,4	1,51
Отключен генератор защищаемой секции (рис. 49, б) . . . . .	0,214	24,5	1,05
Опробование защищаемой секции через секционный реактор (рис. 49, в)	0,41	12,8	0,55



а) Отключен секционный реактор.



б) Опробование II секции через секционный реактор.



в) Отключен генератор II секции

В настоящем примере должен обеспечиваться повышенный коэффициент чувствительности максимальной токовой защиты ( $k_{ч.м} \geq 1,5$ ), поскольку на защищаемой станции линейные выключатели установлены после линейных реакторов, и, следовательно, рассматриваемая защита является единственной от повреждений между линейным реактором и выключателем.

Из табл. 3 следует, что при металлических замыканиях между двумя фазами за реактором питаемых линий в рассмотренных режимах работы станции и системы, а также при замыкании между двумя фазами

Рис. 49. Режимы работы станции по рис. 48, а с отключением некоторых питающих элементов для определения чувствительности защиты шин.

на защищаемой секции шин в режиме опробования ее через секционный реактор максимальная токовая защита шин генераторного напряжения имеет требуемую чувствительность ( $k_{ч} > 1,5$ ).

## II. Случай, когда мощность нагрузки на секцию генераторного напряжения при работе всех секций станций равна 1,2 мощности генератора

1. Определяется ток срабатывания токовой отсечки так же, как в п. 1,1 настоящего примера расчета.

Суммарный ток нагрузки линий, питаемых от защищаемой секции шин, в случае, когда все три секции шин генераторного напряжения станции находятся в работе,

$$I_n = \frac{50 \cdot 1,2}{0,85 \sqrt{3} \cdot 10,5} = 3,9 \text{ ка.}$$

Суммарный дополнительный ток нагрузки линий, питаемых от защищаемой секции шин, в случае, когда одна из крайних секций шин отключена,

$$I_{н.доп} = 0,5 I_n = 1,95 \text{ ка.}$$

Исходя из рассчитанных токов нагрузки и тока повреждения за линейным реактором, полученного в п. 1,1 настоящего примера расчета, по выражению (11) определяется ток срабатывания токовой отсечки:

$$I_{с.з} = k_n [I_{к.з} + k_{нагр} (I_n + I_{н.доп})] = 1,2 [15,32 + 1,3 (3,9 + 1,95)] = 27,5 \text{ ка.}$$

2. Определяется чувствительность токовой отсечки по выражению (14), исходя из токов повреждения, приведенных в табл. 2.

Результаты расчетов коэффициентов чувствительности приведены в табл. 4.

Из рассмотрения табл. 4 следует, что при металлическом замыкании между двумя фазами на защищаемой секции шин в режиме отключения секционного реактора и в других, более тяжелых режимах чувствительность рассматриваемой токовой отсечки недостаточна.

3. Определяется ток срабатывания максимальной токовой защиты так же, как в п. 1,3 настоящего примера расчета:

Таблица 3

Режим работы станции	Эквивалентное сопротивление замыкания $X_3, \text{ Ом}$	Ток в защите $I_{(2)}^{\text{к.з. мин.}}, \text{ ка}$	Коэффициент чувствительности $k_{ч.м}$
Все питающие элементы включены . . . . .	0,397	13,2	2,26
Отключен секционный реактор (рис. 49, а) . . . . .	0,434	12,1	2,07
Отключен генератор защищаемой секции (рис. 49, б) . . . . .	0,5	10,5	1,8
Опробование защищаемой секции через секционный реактор (рис. 49, в)	0,41	12,8	2,19



по выражению (12)

$$I_{с.з} = \frac{k_n k_{нагр}}{k_B} (I_n + I_{н.доп}) = \frac{1,2 \cdot 1,3}{0,85} (3,9 + 1,95) = 10,7 \text{ ка;}$$

по выражению (13)

$$I_{с.з} = k_n (I_n + k_{самоzap} I_{н.доп}) = 1,2 (3,9 + 2,5 \cdot 1,95) = 10,5 \text{ ка.}$$

Таблица 4

Режим работы станции	Коэффициент чувствительности $k_{ч.м}$
Все питающие элементы включены . . . . .	1,71
Отключен секционный реактор (рис. 49, а)	1,29
Отключен генератор защищаемой секции (рис. 49, б) . . . . .	0,89
Опробование защищаемой секции через секционный реактор (рис. 49, в) . . . . .	0,47

4. Определяется чувствительность максимальной токовой защиты по выражению (14), исходя из токов повреждения, приведенных в табл. 3.

Результаты расчетов чувствительности приведены в табл. 5.

Таблица 5

Режим работы станции	Коэффициент чувствительности $k_{ч.м}$
Все питающие элементы включены . . . . .	1,26
Отключен секционный реактор (рис. 49, а)	1,15
Отключен генератор защищаемой секции (рис. 49, б) . . . . .	1,0
Опробование защищаемой секции через секционный реактор (рис. 49, в) . . . . .	1,22

Из рассмотрения табл. 5 следует, что при металлческом замыкании между двумя фазами на защищаемой секции шин, даже в режиме, когда включены все питающие элементы, чувствительность рассматриваемой максимальной токовой защиты недостаточна.

5. В связи с недостаточной чувствительностью токовой отсечки и максимальной токовой защиты рассмотрим возможность повышения чувствительности этих защит путем включения части питаемых линий в схему дифференциальной защиты.

Примем, что в схему дифференциальной защиты включаются четыре линии с номинальным током  $I_{л.ном} = 600 \text{ а}$  и нормальной нагрузкой на каждую линию (при работе всех секций станции)  $400 \text{ а}$ .

Для резервирования отключения повреждений на этих линиях в максимальной токовой защите предусматриваются дополнительные токовые реле (рис. 22).

Произведем расчет рассматриваемой защиты повышенной чувствительности по аналогии с расчетами, приведенными выше.

Суммарный ток нагрузки линий, питаемых от защищаемой секции шин, в случае, когда все три секции шин генераторного напряжения станции находятся в работе,

для линий, охваченных дифференциальной защитой,

$$I'_n = 0,4 \cdot 4 = 1,6 \text{ ка;}$$

для линий, не охваченных дифференциальной защитой,

$$I_n = 3,9 - 1,6 = 2,3 \text{ ка.}$$

Суммарный дополнительный ток нагрузки линий, питаемых от защищаемой секции шин, в случае, когда одна из крайних секций шин отключена,

для линий, охваченных дифференциальной защитой,

$$I'_{н.доп} = 0,5 \cdot 1,6 = 0,8 \text{ ка,}$$

для линий, не охваченных дифференциальной защитой,

$$I_{н.доп} = 1,95 - 0,8 = 1,15 \text{ ка.}$$

По аналогии с приведенными выше расчетами определяются:

ток срабатывания токовой отсечки — по выражению (11)

$$I_{с.з} = k_n [I_{к.з} + k_{нагр} (I_n + I_{н.доп})] = 1,2 [15,32 + 1,3 (2,3 + 1,15)] = 23,8 \text{ ка;}$$

ток срабатывания основных реле максимальной токовой защиты — по выражению (12)

$$I_{с.з} = \frac{k_n k_{нагр}}{k_B} (I_n + I_{н.доп}) = \frac{1,2 \cdot 1,3}{0,85} (2,3 + 1,15) = 6,33 \text{ ка;}$$

ток срабатывания дополнительных реле максимальной токовой защиты — по выражению (12)

$$I_{с.з} = \frac{k_n k_{нагр}}{k_B} (I_n + I_{н.доп}) = \frac{1,2 \cdot 1,3}{0,85} (1,6 + 0,8) = 4,4 \text{ ка.}$$

Исходя из полученных токов срабатывания и токов повреждения, приведенных в табл. 2 и 3, определяется чувствительность рассматриваемой защиты.

Результаты расчетов чувствительности приведены в табл. 6.

Таблица 6

Режим работы станции	Коэффициент чувствительности $k_{ч}$		
	токовой отсечки	основных реле максимальной токовой защиты	дополнительных реле максимальной токовой защиты
Все питающие элементы включены . . . . .	2,0	2,08	3,0
Отключен секционный реактор (рис. 49, а) . . . . .	1,5	1,91	2,75
Отключен генератор защищаемой секции (рис. 49, б) . . . . .	1,03	1,61	2,38
Опробование защищаемой секции через секционный реактор (рис. 49, в) . . . . .	0,54	2,02	—

Из рассмотрения табл. 6 следует, что токовая отсечка в режиме, когда включены все питающие элементы, и в режиме, когда отключен один из секционных реакторов, а максимальная токовая защита — во всех рассматриваемых режимах работы станции обладают требуемой чувствительностью.

## ПРИЛОЖЕНИЕ I

### СПОСОБЫ ОПРОБОВАНИЯ СИСТЕМ ШИН

35—220 кВ

1. Ниже рассматриваются следующие два способа опробовании рабочей системы шин 35—220 кВ включением шинносоединительного выключателя:

с использованием дифференциальной токовой защиты шин (1-й вариант);

с использованием защиты на шинносоединительном выключателе (2-й вариант).

2. Последовательность необходимых операций при переводе всех элементов с I системы шин на II систему (рис. П-1):

1-й вариант: а) включение шинносоединительного выключателя 1В;

б) перевод разъединителей элементов с I на II систему шин.

2-й вариант: а) дешунтирование трансформаторов тока БТТ испытательным блоком 7БИ в целях исключения повреждения на опробуемой II системе шин из зоны действия защиты шин;

б) введение в работу защиты на шинносоединительном выключателе 1В;

в) включение шинносоединительного выключателя 1В;

г) закорачивание трансформаторов тока БТТ испытательным блоком 7БИ;

д) выведение из действия защиты на выключателе 1В;

е) перевод разъединителей элементов с I на II систему шин.

Выведение из действия защиты на выключателе 1В (по п. д) до производства операций по переводу разъединителей (по п. е) требуется в соответствии с Директивными материалами Технического отдела МЭС 1950 г. (разд. 2, п. 12) и необходимо в связи с тем, что в процессе переключений защита на шинносоединительном выключателе может сработать от токов нагрузки и отключить выключатель 1В; при этом

разъединителями элементов будет включаться и отключаться ток нагрузки, что недопустимо.

Короткое замыкание на шинах в режиме перевода разъединителей ликвидируется защитой шин, отключающей все питающие элементы.

Закорачивание трансформаторов тока БТТ испытательным блоком 7БИ (по п. г) необходимо для включения в зону действия защиты опробуемой системы шин до перевода на нее одного из питающих элементов.

В тех случаях, когда на II систему шин выделяется только один элемент, выключатель которого заменяется шинносоединительным, после перевода разъединителя этого элемента на II систему шин по 1-му и 2-му вариантам требуется дополнительно производство еще следующих операций:

введение защиты на шинносоединительном выключателе, осуществляющей защиту выделенного элемента (в предположении, что защита последнего выведена); отсоединение трансформаторов тока выделенного элемента от защиты шин;

дешунтирование трансформаторов тока БТТ для исключения из зоны действия защиты шин коротких замыканий на выделенном элементе.

Из указанного следует, что использование для отключения шинносоединительного выключателя при опробовании систем шин и переводе элементов с одной системы шин на другую установленной на этом выключателе защиты связано с производством персоналом в строго определенной последовательности значительно большего числа операций, и, в связи с этим, с вероятностью неправильных действий персонала, которые могут привести к отключению и включению разъединителями тока нагрузки.

Поэтому приведенные в работе схемы выполнены с использованием для отключения шинносоединительного выключателя при опробовании дифференциальной защиты шин.

## ПРИЛОЖЕНИЕ II

### ПРИМЕНЕНИЕ В СХЕМАХ ЗАЩИТЫ ШИН ТРЕХФАЗНОГО РЕЛЕ ТОКА ТИПА ЭТ-523/Р

1. В схемах защиты шин (рис. 6, 7, 29 и 30), а также в некоторых других случаях (например, в схемах устройства резервирования отказа выключателей) используется трехфазное реле тока типа ЭТ-523/Р.

2. Реле выполнено с насыщающимся трансформатором тока, имеющим три обмотки. Числа витков обмоток насыщающегося трансформатора соответствуют отношению  $w : w : 2w$ ; при этом первые два значения соответствуют разнополярным обмоткам. Ток срабатывания реле (при прохождении тока по одной обмотке с числом витков  $w$ ) составляет  $I_{с.р} = 0,325 \pm 0,65$  а для варианта с вторичным током трансформаторов тока 5 а и  $I_{с.р} = 0,065 \pm 0,13$  а для варианта с вторичным током трансформаторов тока 1 а; регулировка тока срабаты-

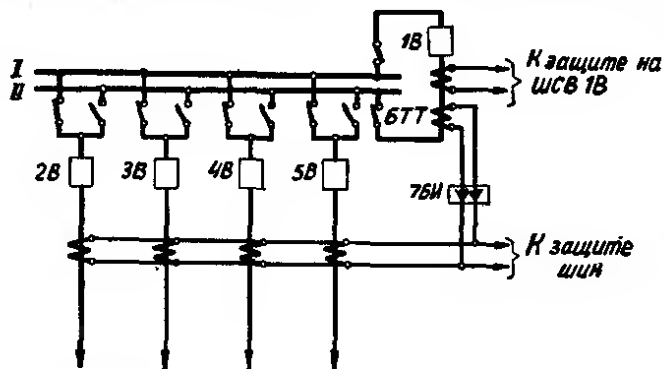


Рис. П-1. Перевод элемента с одной системы шин на другую.

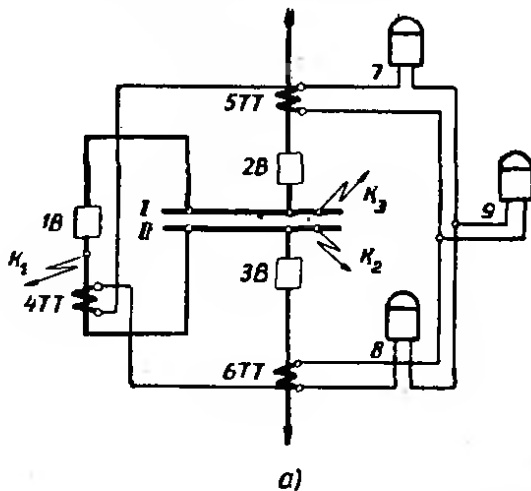
Намагничивающая сила обмоток насыщающегося трансформатора реле ЭТ-523/Р при различных видах повреждения

Всичасть замыкающей реле	Напряжение (кВ)		$F_{раб} = KI_{к.з} \cdot W$											
	110-220	35 и 6-10	Напряжение 6-220кВ			Напряжение 110-220кВ						Напряжение 35кВ и 6-10кВ		
			Замыкание между тремя фазами	Замыкание между двумя фазами			Замыкание на землю одной фазы			Замыкание на землю двух фаз			Двойное замыкание на землю	
			AB	BC	CA	A	B	C	AB	BC	CA	A и B	C и B	
a			$2,65I_{к.з}^{(3)}$	$2I_{к.з}^{(2)}$	$3I_{к.з}^{(2)}$	$I_{к.з}^{(2)}$	$I_{к.з}^{(1)}$	$I_{к.з}^{(1)}$	$2I_{к.з}^{(1)}$	$\sqrt{3}I_{к.з}^{(1)}$	$2,65I_{к.з}^{(1)}$	$\sqrt{3}I_{к.з}^{(1)}$	$2I_{к.з}^{(1)}$	$3I_{к.з}^{(1)}$
b			$\sqrt{3}I_{к.з}^{(3)}$	$I_{к.з}^{(2)}$	$I_{к.з}^{(2)}$	$2I_{к.з}^{(2)}$	$I_{к.з}^{(1)}$	$2I_{к.з}^{(1)}$	$3I_{к.з}^{(1)}$	$\sqrt{3}I_{к.з}^{(1)}$	$2,65I_{к.з}^{(1)}$	$2,65I_{к.з}^{(1)}$	$I_{к.з}^{(1)}$	$I_{к.з}^{(1)}$
в			$\sqrt{3}I_{к.з}^{(3)}$	$I_{к.з}^{(2)}$	$2I_{к.з}^{(2)}$	$I_{к.з}^{(2)}$	$2I_{к.з}^{(1)}$	$I_{к.з}^{(1)}$	$3I_{к.з}^{(1)}$	$\sqrt{3}I_{к.з}^{(1)}$	$2,65I_{к.з}^{(1)}$	$2,65I_{к.з}^{(1)}$	$I_{к.з}^{(1)}$	$2I_{к.з}^{(1)}$
г			$2,65I_{к.з}^{(3)}$	$I_{к.з}^{(2)}$	$2I_{к.з}^{(2)}$	$3I_{к.з}^{(2)}$	$2I_{к.з}^{(1)}$	$I_{к.з}^{(1)}$	$I_{к.з}^{(1)}$	$\sqrt{3}I_{к.з}^{(1)}$	$\sqrt{3}I_{к.з}^{(1)}$	$2,65I_{к.з}^{(1)}$	$I_{к.з}^{(1)}$	$2I_{к.з}^{(1)}$

вания производится изменением затяжки пружины. Реле имеет один замыкающий или размыкающий контакт. В табл. П-1 даны возможные варианты включения рассматриваемого трехфазного реле и результирующая н. с. обмоток насыщающегося трансформатора реле  $F_{раб} = KI_{к.з} \cdot W$  при различных видах повреждения. Значения  $F_{раб}$  при замыканиях на землю двух фаз даны для случая, когда токи поврежденных фаз сдвинуты на угол  $120^\circ$ , т. е. результирующие сопротивления схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей равны между собой.

Двойные замыкания на землю рассматриваются применительно к системе с малым током замыкания на землю (35 и 6-10 кВ).

На рис. П-2 рассмотрены различные случаи двойных замыканий на землю и действие защиты двойной



а)

N п/п	Повреждены фазы в точках			Работают реле	Отключается система шин
	К-1	К-2	К-3		
1	A C	C A	—	7, 8 и 9	I II
2	A C	—	C A	7 и 9	I
3	B B	A C	—	8 и 9	II
4	B B	—	A C	7 и 9	I
5	A C	B B	—	7 и 9	I
6	A C	—	B B	7 и 9	I

б)

Рис. П-2. Действие защиты двойной системы шин 35 и 6-10 кВ с фиксированным распределением элементов при двойных замыканиях на землю.

системы шин с фиксированным распределением элементов напряжением 35 кВ при использовании выносных трансформаторов тока (рис. 7) и 6—10 кВ (рис. 29 и 30), когда одно из мест повреждения находится на шинах (в точке  $K_2$  или  $K_3$ ), а второе — в зоне между шиносоединительным выключателем и трансформаторами тока ( $K_1$ ).

Из схемы и таблицы на рис. П-2 можно установить, что при замыканиях на землю фазы В на II системе шин в точке  $K_2$  и фазы А (или С) в точке  $K_1$  (п. 5 таблицы) после срабатывания защиты шин поврежденные не отключаются и требуется действие устройства для ликвидации повреждений в зоне между шиносоединительным выключателем и трансформаторами тока. В остальных случаях, рассмотренных в таблице на рис. П-2, повреждение ликвидируется защитой шин.

4. В схемах, приведенных на рис. 6 и 7, используется включение трехфазного реле тока по варианту а табл. П-1. В схемах на рис. 29 и 30, поскольку вследствие отсутствия обратного провода не может быть использовано включение по варианту а, принято включение по варианту г.

### ПРИЛОЖЕНИЕ III

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ЦЕПЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ЗАЩИТ, ПИТАЕМЫХ ОТ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ШИНАХ 6—220 кВ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

1. Принимается, что у трансформатора напряжения 110—220 кВ на стороне высшего напряжения отсутствуют предохранители, а у трансформаторов напряжения 35 и 6—10 кВ предохранители имеются.

На стороне низшего напряжения всех трансформаторов напряжения (110—220, 35 и 6—10 кВ) взамен предохранителей установлен автомат, при срабатывании которого в случае короткого замыкания в цепях напряжения последние разрываются главными контактами автомата, а от блок-контактов автомата подается сигнал «неисправность в цепях трансформатора напряжения». На рис. П-3 показаны два применяемых способа включения автоматов.

2. При двойной системе шин 110—220 кВ напряжение к защите каждого элемента подается от трансформатора напряжения одной из систем шин, как показано на рис. П-4 для случая включения автомата по схеме на рис. П-3, а, через контакты реле повторителей положения разъединителей (1РПР, 2РПР) этого элемента. В случае нарушения цепи реле повторителей от контактов этих реле подается сигнал «напряжение с защиты снято».

При двойной системе шин 35 кВ выполнение цепей напряжения подобно приведенному для шин 110—220 кВ.

При двойной системе шин 6—10 кВ в целях упрощения, а также учитывая большую надежность блок-контактов разъединителей, установленных в закрытом помещении, не предусматривается установка реле повторителей положения разъединителей, как в схеме на рис. П-4.

#### Элементы напряжения 110—220 кВ

В а р и а н т 1. На элементах, присоединенных к шинам 110—220 кВ, установлена дистанционная защита с блокировкой при качаниях типа КРБ-121 с пуском по напряжению обратной последовательности или без блокировки при качаниях (рис. 16), которая может непра-

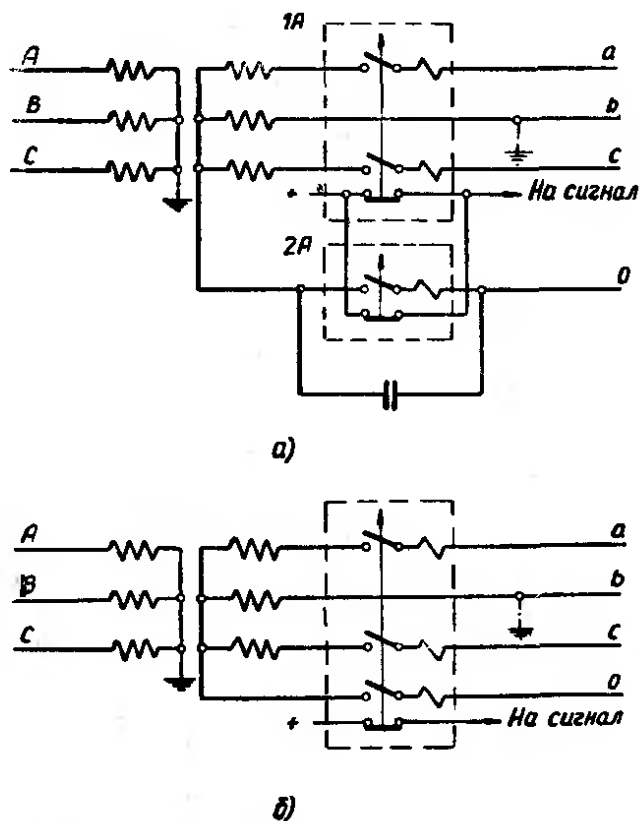


Рис. П-3. Варианты включения автоматов.

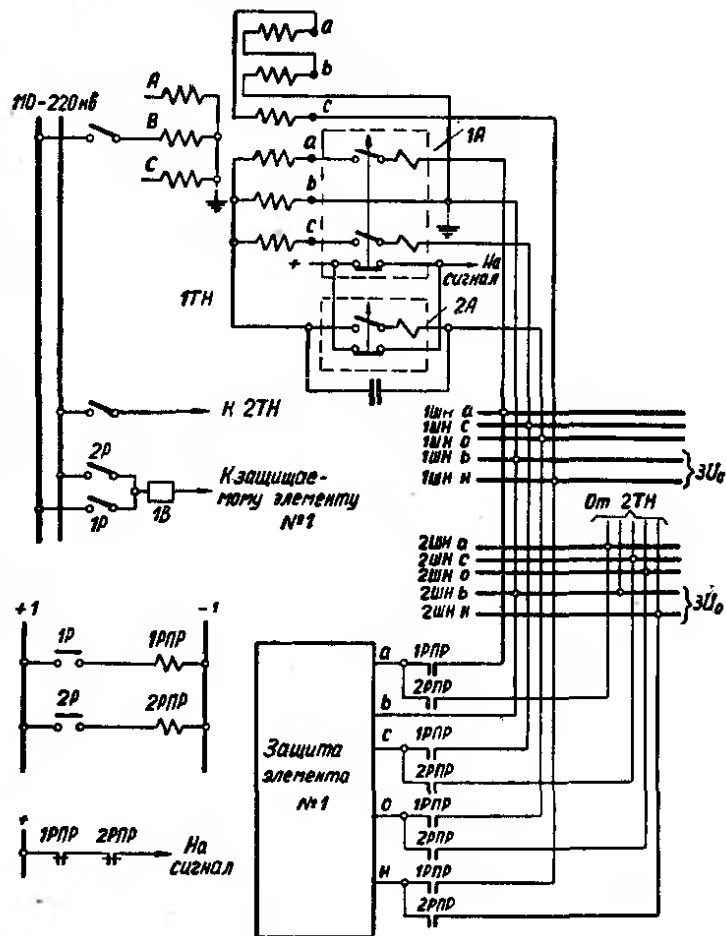


Рис. П-4. Цепи напряжения защиты элемента 110—220 кВ (напрямер, защиты на обходном выключателе по рис. 16).

вильно срабатывать в нормальном нагрузочном режиме при нарушениях цепей напряжения. Для предотвращения неправильного срабатывания защита снабжается блокировкой типа КРБ-11, выводящей защиту из действия при нарушениях цепей напряжения.

В рассматриваемом случае на вторичной стороне трансформатора напряжения для обеспечения работы блокировки КРБ-11 предусматриваются два отдельных автомата: один двухфазный в фазах *a* и *c* и второй однофазный в нулевом проводе (фаза *b* заземлена); кроме того, контакт автомата в нулевом проводе шунтируется емкостью порядка 3—5 мкф (рис. П-3,а). Такое выполнение схемы обеспечивает следующее:

а) При коротких замыканиях между тремя или двумя фазами действует только автомат 1А и к устройству КРБ-11 подводится напряжение  $U_{bo}$ .

б) При коротком замыкании между фазой *b* и нулевым проводом 0 действует только автомат 2А, однако в связи с наличием емкости, шунтирующей главный контакт автомата 2А, к устройству КРБ-11 подводится напряжения  $U_{ao}$  и  $U_{co}$ .

в) При коротких замыканиях между фазой *a* или *c* и нулевым проводом 0 действуют оба автомата: 1А и 2А; в связи с наличием упомянутой выше емкости к устройству КРБ-11 подводится напряжение  $U_{bo}$ .

Таким образом, во всех рассмотренных случаях устройство КРБ-11 срабатывает и выводит дистанционную защиту из действия.

Следует, однако, отметить, что принятое выполнение цепей напряжения не обеспечивает действия устройства КРБ-11 при коротких замыканиях двух и трех фаз на нулевой провод (*ab0*, *bc0* и *abc0*), а также при случайном отключении трансформатора напряжения трехфазным разъединителем со стороны высшего напряжения, что может привести к неправильному действию дистанционной защиты. Однако вероятность указанных нарушений цепей напряжения можно считать относительно редкой.

Необходимо также отметить, что устройство КРБ-11 отказывает в действии при нарушениях цепей реле повторителей положения разъединителей защищаемого элемента, поскольку при этом напряжение на защите отсутствует. Для предотвращения неправильного срабатывания дистанционной защиты в рассматриваемом случае оперативный ток к защите подводится через контакты реле повторителей (рис. 16).

**В а р и а н т 2.** На элементах, присоединенных к шинам 110—220 кВ, установлена максимальная токовая защита с минимальным пуском напряжения (рис. 15) или дистанционная защита, снабженная блокировкой при качаниях с пуском по току обратной последовательности типа КРБ-122 (рис. 17), которые не действуют неправильно при нарушениях цепей напряжения в нормальном нагрузочном режиме, но могут подействовать в этом случае неправильно при внешних коротких замыканиях.

В рассматриваемом случае на вторичной стороне трансформатора напряжения предусматривается один трехфазный автомат (рис. П-3,б) в фазах *a*, *c* и нулевым проводом 0 (фаза *b* заземлена).

При получении сигнала работы автомата персонал может своевременно принять меры по устранению повреждения и тем самым предотвратить неправильное действие защиты в случае возникновения внешних коротких замыканий.

#### Элементы напряжения 35 кВ

**В а р и а н т 1.** На элементах, присоединенных к шинам 35 кВ, установлена дистанционная защита с дистанционным пусковым органом, которая может срабатывать неправильно в нормальном нагрузочном режиме при нарушениях цепей напряжения. Для предотвраще-

ния неправильного срабатывания защита снабжается блокировкой типа КРБ-12, выводящей защиту из действия при нарушениях цепей напряжения.

В рассматриваемом случае, как и для элементов напряжения 110—220 кВ с защитой по варианту 1, для обеспечения выведения защиты из действия при нарушениях цепей напряжения на вторичной стороне трансформатора напряжения требуется установка двух отдельных автоматов и шунтирование контакта автомата в нулевом проводе емкостью (рис. П-3,а).

**В а р и а н т 2.** На элементах, присоединенных к шинам 35 кВ, установлена максимальная токовая защита с минимальным пуском напряжения или дистанционная защита с токовым пусковым органом, которые не действуют неправильно в нормальном нагрузочном режиме при нарушениях цепей напряжения.

В рассматриваемом случае, как и для элементов напряжения 110—220 кВ с защитой по варианту 2, на вторичной стороне трансформатора напряжения предусматривается один трехфазный автомат (рис. П-3,б).

Для сигнализации перегорания предохранителей, предусматриваемых на стороне высшего напряжения трансформатора напряжения, могут быть использованы индивидуальные устройства контроля (например, реле КРВ-12 при наличии такового в дистанционной защите) или общее устройство контроля, устанавливаемое на выводах вторичной обмотки трансформатора напряжения (при отсутствии индивидуальных устройств). В качестве типового решения принята установка общего устройства контроля, выполненного с помощью двух минимальных реле напряжения, включенных на междуфазные напряжения.

#### Элементы напряжения 6—10 кВ

Рассматривается случай, когда для защиты элементов генераторного напряжения станций предусмотрены: для трансформаторов — максимальная токовая защита с минимальным пуском напряжения,

для шин — дистанционная защита с токовым пусковым органом (рис. 26—28) или комбинированная отсечка по току и напряжению (рис. 25).

Указанные защиты не действуют неправильно в нормальном нагрузочном режиме при нарушениях цепей напряжения.

При этом, как и для элементов напряжения 110—220 кВ с защитой по варианту 2, на вторичной стороне трансформатора напряжения предусматривается один трехфазный автомат (рис. П-3,б).

Для сигнализации перегорания предохранителей, предусматриваемых на стороне высшего напряжения трансформатора напряжения, может быть принята установка индивидуальных устройств контроля в каждой из защит или общего устройства.

Учитывая отсутствие контроля исправности цепей напряжения на блок-контактах разъединителей, а также малое количество защит рассматриваемого типа, можно считать целесообразным установку индивидуальных устройств контроля.

### ПРИЛОЖЕНИЕ IV

#### ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ ДИСТАНЦИОННАЯ ЗАЩИТА НА ОБХОДНОМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕ 110—220 кВ (рис. 17)

1. Ниже рассмотрена схема двухступенчатой дистанционной защиты с устройством блокировки при качаниях, принятая для типовой комплектной панели, которая используется для защиты на обходном выключателе 110—220 кВ.

2. Двухступенчатая дистанционная защита осуществляется с помощью трех реле сопротивлений: 3-IPС, 4-IPС, 5-IPС типа КРС-131, переключаемых с первой ступени на вторую. В схеме предусмотрена возможность выполнения первой ступени защиты как без выдержки, так и с выдержкой времени; в последнем случае используется временно замыкающий контакт реле времени 13РВ<sub>2</sub> и снимается перемычка, шунтирующая этот контакт.

3. В схеме предусмотрено устройство блокировки при качаниях типа КРБ-122, которое контактом 6-2РП<sub>1</sub> блокирует первую и вторую ступени защиты, а также используется:

а) для управления промежуточными реле 18РПВ и 19РПВ, переключающими защиту с первой ступени на вторую (п. 5);

б) для осуществления резервной фильтровой токовой защиты (п. 4).

При отсутствии необходимости в блокировании второй ступени защиты оно может быть исключено установкой перемычки в цепи размыкающего контакта 18РПВ<sub>3</sub>.

Ввиду того что устройство блокировки при качаниях типа КРБ-122 по принципу своего действия вводит защиту в работу только при наличии в линии тока обратной последовательности, повреждения в цепях напряжения защиты, а также отключение трансформатора напряжения не вызывают неправильной работы защиты.

4. В схеме предусмотрена возможность использования пускового органа устройства блокировки при качаниях в качестве резервной фильтровой токовой защиты, включенной на ток  $I_2$  (или  $I_2 + kI_0$ ).

Для этого в заводскую схему устройства блокировки при качаниях внесены следующие изменения:

а) Контакт 6-1ПР<sub>2</sub> поляризованного реле 6-1ПР замыкает цепь обмотки реле времени 14РВ фильтровой защиты.

б) Для шунтирования обмотки реле 6-3РПВ взамен контакта 6-1ПР<sub>2</sub> используется контакт 14РВ<sub>2</sub> реле времени 14РВ фильтровой защиты.

Следует отметить, что в рассматриваемой схеме реле времени 14РВ термически неустойчиво, а потому оно может выйти из строя, если защита окажется в длительном несимметричном режиме, при котором срабатывает устройство блокировки при качаниях.

5. Переключение реле сопротивления 3-IPС, 4-IPС, 5-IPС с первой ступени на вторую осуществляется промежуточными реле 18РПВ и 19РПВ, управляемыми контактами 6-2РП<sub>2</sub> и 6-3РПВ<sub>2</sub> реле устройства блокировки при качаниях. Для обеспечения возможности действия первой ступени защиты при выполнении ее без выдержки времени реле 18РПВ и 19РПВ должны при возврате в начальное положение иметь задержку порядка 0,2 сек. Такая задержка достигается применением реле типа РП-252 и их регулировкой.

Контакты реле 18РПВ и 19РПВ, используемые для переключения цепей напряжения реле сопротивления 3-IPС, 4-IPС, 5-IPС, должны быть переходного типа, т. е. производить переключение цепи без ее размыкания, что должно быть обеспечено соответствующей регулировкой этих контактов. Указанное необходимо для того, чтобы при переключении реле сопротивления с первой ступени на вторую избежать кратковременного обесточения цепей напряжения реле, а следовательно, и возможного «клевок» реле сопротивления. В случае, если указанная регулировка контактов не может быть осуществлена, для предупреждения неселективного действия защиты из-за «клевок» реле сопротивления при выборе уставки срабатывания второй ступени защиты следует дополнительно учитывать коэффициент возврата этого реле.

Последовательное включение двух указанных выше

контактов 6-2РП<sub>2</sub> и 6-3РПВ<sub>2</sub> в цепи обмоток реле 18РПВ и 19РПВ обусловлено необходимостью длительного замыкания этой цепи с момента срабатывания устройства блокировки при качаниях и до момента его возврата в исходное положение. (Следует отметить, что имеющиеся в схеме замыкающие контакты 6-2РП<sub>2</sub> и 6-3РПВ<sub>2</sub> предусматриваются взамен соответствующих размыкающих контактов устройства блокировки при качаниях).

Дополнительное сопротивление 20СД, включенное в цепь обмоток реле 18РПВ и 19РПВ, предназначено для предупреждения возврата этих реле в начальное положение (после срабатывания устройства блокировки при качаниях) и переключения защиты на вторую зону, если короткое замыкание произошло в первой зоне защиты и реле сопротивления сработали. В соответствии с указанным сопротивлением 20СД должно обеспечивать ток в реле 18РПВ и 19РПВ в пределах, ограниченных токами срабатывания и токами возврата этих реле.

6. В схеме предусмотрена возможность ускорения действия защиты (после включения выключателя) как во второй, так и в первой ее ступенях (когда первая ступень защиты выполнена с выдержкой времени). В этих случаях реле 18РПВ и 19РПВ (переключающие цепи напряжения реле сопротивления) должны быть обесточены при ускорении защиты во второй ступени и находиться под напряжением при ускорении ее в первой ступени.

Поскольку в период цикла АПВ положение контактов 6-2РП<sub>2</sub> и 6-3РПВ<sub>2</sub> зависит от способа возврата устройства блокировки при качаниях, управление реле 18РПВ и 19РПВ во всех случаях включения выключателя осуществляется контактами реле ускорения, а именно при ускорении защиты:

а) во второй ступени — размыкающим контактом 11РПВ<sub>3</sub>;

б) в первой ступени — замыкающим контактом 11РПВ<sub>4</sub> и включением перемычки в цепи этого контакта.

В обоих случаях для исключения выдержки времени защиты используется контакт 11РПВ<sub>1</sub>.

## ПРИЛОЖЕНИЕ V

### ПРОВЕРКА НАГРУЗКИ НА ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА ПИТАЕМЫХ ЛИНИЙ И НА ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА, ВКЛЮЧЕННЫЕ В СХЕМУ НЕПОЛНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ШИН ГЕНЕРАТОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

В настоящем приложении производится проверка нагрузки на трансформаторы тока питаемых линий и промежуточные трансформаторы тока, включаемые в схему неполной дифференциальной защиты шин 6—10 кв (рис. 22 и 27).

Рассматриваемые трансформаторы тока должны удовлетворять кривым допустимых кратностей при 10% погрешности в условиях, когда на одной из линий, охваченных дифференциальной защитой шин, имеется короткое замыкание с током, равным току срабатывания дополнительных реле тока второй ступени защиты шин. Это необходимо для обеспечения надежного действия рассматриваемых реле в указанных условиях.

Настоящее приложение выполнено применительно к случаю, когда трансформаторы тока всех питаемых линий, охваченных дифференциальной защитой шин, имеют одинаковый коэффициент трансформации и включаются в дифференциальную защиту шин через один общий промежуточный трансформатор.

### Проверка трансформаторов тока, установленных на питаемых линиях

Расчетная кратность первичного тока рассматриваемых трансформаторов тока, при которой они должны проверяться по кривым допустимых кратностей при 10% погрешности, может быть определена по следующему выражению:

$$m_{л.расч} = k'_H \frac{I_{с.з}}{I_{т.л.ном}}, \quad (П-1)$$

где  $I_{с.з}$  — первичный ток срабатывания дополнительных реле второй ступени защиты шин;

$I_{т.л.ном}$  — номинальный ток трансформаторов тока питаемой линии;

$k'_H$  — коэффициент надежности, вводимый в связи с тем, что ток срабатывания, устанавливаемый на реле, определяется по первичному току срабатывания  $I_{с.з}$  без учета погрешностей трансформаторов тока поврежденной линии, промежуточных трансформаторов тока, а также отсосов в трансформаторы тока других линий, охваченных дифференциальной защитой; может быть принят равным 1,2.

Первичный ток срабатывания дополнительных реле второй ступени защиты  $I_{с.з}$  может быть определен по выражениям (12) и (13), приведенным выше в гл. 6 „Расчет защиты шин генераторного напряжения“, в которых под  $I_H$  и  $I_{н.доп}$  следует понимать соответствующие суммарные токи нагрузки питаемых линий, охваченных дифференциальной защитой.

Сравнение выражений (12) и (13) показало, что если для входящих в них коэффициентов принять предельные значения ( $k_{нагр} = 1,3$ ;  $k_B = 0,85$  и  $k_{самозап} = 3$ ), то при

$$\frac{I_{н.доп}}{I_H + I_{н.доп}} = a > 0,266 \quad (П-2)$$

расчетным является выражение (13).

В настоящем приложении рассматриваются случаи, когда  $a \geq 0,3$ , поскольку это соответствует более тяжелым условиям работы трансформаторов тока. В связи с этим для определения тока  $I_{с.з}$  ниже используется выражение (13).

Исходя из выражения (13), первичный ток срабатывания дополнительных реле второй ступени защиты может быть представлен следующим образом:

$$I_{с.з} = k_H (I_H + I_{н.доп}) (1 - a + k_{самозап} a) = k'_H I_{л.ном} n_{л} [1 + (k_{самозап} - 1) a], \quad (П-3)$$

где:  $I_{л.ном}$  — номинальный ток одной линии;

$n_{л}$  — число питаемых линий, охваченных дифференциальной защитой;

$k_H$  — коэффициент надежности, принимаемый равным 1,2;

$k_{самозап}$  — коэффициент самозапуска, принимаемый равным 3;

$a$  — отношение дополнительного тока нагрузки питаемых линий, включенных в схему дифференциальной защиты, при отключении одной из секций станции к полному току нагрузки этих линий в рассматриваемом режиме.

Из выражения (П-1) с учетом выражения (П-3) и после подстановки числовых значений коэффициентов

$k'_H \cdot k_H$  и  $k_{самозап}$ , а также принимая, что  $I_{т.л.ном} = I_{л.ном}$ , можно получить:

$$m_{л.расч} = k'_H k_H n_{л} [1 + (k_{самозап} - 1) a] = 1,44 (1 + 2a) n_{л}. \quad (П-4)$$

Из выражения (П-4) следует, что кратность первичного тока трансформатора тока, соответствующая току срабатывания защиты, тем больше, чем больше число линий  $n_{л}$ , охваченных дифференциальной защитой шин, и чем больше увеличивается нагрузка линий в результате действия АВР (чем больше  $a$ ).

По выражению (П-4) были определены расчетные кратности  $m_{л.расч}$  при числе линий  $n_{л} = 1-5$  и при значениях отношения  $a$ , равных 0,3 и 0,5. Результаты расчетов приведены в табл. П-2.

Таблица П-2

Значение коэффициента $a$	Расчетная кратность первичного тока $m_{л.расч}$ при числе линий $n_{л}$				
	1	2	3	4	5
0,3	2,3	4,6	6,9	9,2	11,5
0,5	2,9	5,8	8,6	11,5	14,4

По кривым допустимых кратностей при 10% погрешности для трансформаторов тока типов ТКЛ и ТПЛ 100/5 — 400/5 и ТПОЛ 600/5 определена допустимая нагрузка, соответствующая кратностям, приведенным в табл. П-2.

Результаты расчетов приведены в табл. П-3.

Таблица П-3

Тип трансформатора тока	Увеличение нагрузки линий при АВР ( $a$ )	Допустимая нагрузка (ам) при числе линий				
		1	2	3	4	5
ТКЛ ТПЛ (100/5 — 400/5)	0,3	5,2	2,4	1,6	1,2	0,9
	0,5	4,2	2,0	1,3	0,9	0,6
ТПОЛ 600/5	0,3	5,5	2,7	2,0	1,4	1,2
	0,5	4,6	2,2	1,5	1,2	0,9

Возможные нагрузки на трансформаторы тока линий определяются для случая установки промежуточного трансформатора тока на панели защиты. В этом случае основной нагрузкой на эти трансформаторы тока являются сопротивление вспомогательных проводов; сопротивления реле и промежуточного трансформатора тока ввиду их малой величины (по отношению к сопротивлению вспомогательных проводов) можно пренебречь.

Расчетным видом повреждения для определения максимально возможной нагрузки является короткое замыкание между фазой, в которой установлена защита, и фазой, в которой защита не установлена (между фазами А и В или В и С для схем на рис. 22 и 27). Для рассматриваемого случая повреждения следует учитывать сопротивления как фазных проводов, так и обратного провода защиты. Длина вспомогательных про-

водов от распределительного устройства до панели защиты может быть ориентировочно принята равной  $I_k = 70 \div 120$  м.

Сопротивление вспомогательных проводов (ом) с учетом сказанного выше подсчитывалось по выражению

$$z_{всп.пр} = \frac{2l_k}{\gamma_{уд} S}, \quad (\text{П-5})$$

где  $l_k$  — длина вспомогательных проводов, м;  
 $\gamma_{уд}$  — удельная проводимость, равная  $57$  м/мм<sup>2</sup>·ом;  
 $S$  — сечение вспомогательного провода, мм<sup>2</sup>.  
 Результаты расчетов приведены в табл. П-4.

Таблица П-4

Сечение вспомогательного провода, мм <sup>2</sup>	Сопротивление (ом) при длине вспомогательного провода, м	
	70	120
2,5	0,98	1,7
4	0,61	1,05
6	0,41	0,7

Из рассмотрения табл. П-3 и П-4 следует, что при сечении вспомогательного провода  $S = 6$  мм<sup>2</sup> в большинстве случаев нагрузка на трансформаторы тока, установленные на линиях, не будет превышать допустимую по условиям 10% погрешности.

При больших длинах вспомогательных проводов, а также при большом числе линий ( $n_l > 5$ ), охваченных дифференциальной защитой, возможны случаи, когда трансформаторы тока не удовлетворяют кривым допустимых кратностей при 10% погрешности. В этих случаях следует рассмотреть возможность увеличения сечения вспомогательных проводов или переноса промежуточных трансформаторов тока со щита управления в распределительное устройство.

В случае установки промежуточных трансформаторов тока в распределительном устройстве нагрузка на трансформаторы тока линий будет значительно меньше указанной в табл. П-4.

#### Проверка промежуточных трансформаторов тока

Коэффициент трансформации промежуточного трансформатора тока принимается равным или меньшим вычисленного по следующему выражению:

$$n_{т.пр} = \frac{n_{т.пит}}{n_{т.л}}, \quad (\text{П-6})$$

где:  $n_{т.пит}$  — коэффициент трансформации трансформаторов тока, установленных на питающих элементах;

$n_{т.л}$  — коэффициент трансформации трансформаторов тока, установленных на линиях, охваченных неполной дифференциальной защитой шин.

Расчетная кратность первичного тока промежуточных трансформаторов тока, при которой они должны проверяться по кривым допустимых кратностей при 10% погрешности, может быть определена по следующему выражению:

$$m_{пр.расч} = k'_n \frac{I_{с.з}}{I_{т.л.ном} n_{т.пр}} = k'_n \frac{I_{с.з}}{I_{т.л.ном} n_{т.пр}}, \quad (\text{П-7})$$

где:  $I_{с.з}$  — первичный ток срабатывания дополнительных реле тока второй ступени защиты шин;

$I_{т.л.ном}$  и  $n_{т.л}$  — первичный номинальный ток и коэффициент трансформации трансформаторов тока, установленных на питаемых линиях и включенных в дифференциальную защиту шин;

$I_{т.пр.ном}$  и  $n_{т.пр}$  — первичный номинальный ток и коэффициент трансформации промежуточного трансформатора тока;

$k'_n$  — коэффициент надежности, аналогичный таковому в выражении (П-1) и учитывающий погрешность промежуточного трансформатора тока; с запасом может быть принят равным 1,1.

Подставляя в выражение (П-7)  $I_{с.з}$  из выражения (П-3) и числовые значения коэффициентов  $k'_n = 1,1$ ;  $k_n = 1,2$  и  $k_{самоzap} = 3$  и принимая  $I_{т.л.ном} = I_{л.ном}$ , можно получить:

$$m_{пр.расч} = 1,32 (1 + 2\alpha) \frac{n_l}{n_{т.пр}}. \quad (\text{П-8})$$

Обозначив через  $q$  долю тока нагрузки питаемых линий, охваченных дифференциальной защитой шин, при отключении одной из секций станции (в действии АВР) по отношению к номинальному току генератора ( $I_{г.ном}$ ) и принимая номинальные токи генератора и питаемых линий равными первичным номинальным токам установленных на них трансформаторов тока, можно получить:

$$q = \frac{I_{л.ном} n_l}{I_{г.ном}} = \frac{n_{т.л} n_l}{n_{т.пит}}. \quad (\text{П-9})$$

Выражение (П-9) вытекает из того, что вторичные токи трансформаторов тока, установленных на питаемых линиях и питающих элементах, равны между собой (равны  $5$  а) и, следовательно,

$$\frac{I_{т.л.ном}}{n_{т.л}} = \frac{I_{т.пит.ном}}{n_{т.пит}}, \quad (\text{П-10})$$

где  $I_{т.пит.ном}$  и  $n_{т.пит}$  — первичный номинальный ток и коэффициент трансформации трансформаторов тока, установленных на питающих элементах, в частности на генераторах.

С учетом соотношения между коэффициентами трансформации трансформаторов тока по выражению (П-6) выражение (П-9) приобретает вид:

$$q = \frac{n_{т.л} n_l}{n_{т.л} n_{т.пр}} = \frac{n_l}{n_{т.пр}}. \quad (\text{П-11})$$

Подставляя выражение (П-11) в выражение (П-8), для расчетной кратности первичного тока промежуточных трансформаторов тока окончательно получаем;

$$m_{пр.расч} = 1,32 (1 + 2\alpha) q. \quad (\text{П-12})$$

В пределе значение  $q$  может быть равно 1,0. Этот маловероятный в практике случай может иметь место для станции с двумя секциями, когда нагрузка на секцию при работе обеих секций равна генераторной мощности, а при отключении одной из секций вся нагрузка отключенной секции в результате АВР переводится на работающую.



По выражению (П-12) были подсчитаны расчетные кратности  $m_{пр. расч.}$ . Результаты расчетов приведены в табл. П-5.

Таблица П-5

Значение коэффициента $\alpha$	Расчетная кратность первичного тока $m_{пр. расч.}$ при значениях $q$				
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0
0,3	0,63	1,06	1,27	1,69	2,12
0,5	0,79	1,32	1,58	2,11	2,64

В случае установки промежуточных трансформаторов тока на релейном щите нагрузка на них ориентировочно с запасом может быть принята  $z=0,1$  ом. При такой нагрузке и кратностях первичного тока, приведенных в табл. П-5, токовая погрешность трансформаторов тока типа ТК-120, которые используются в схемах на рис. 22 и 27, не превысит нескольких процентов.

В случае установки промежуточных трансформато-

ров тока в распределительном устройстве нагрузка на них увеличивается в соответствии с табл. П-4.

Однако при нагрузках, соответствующих сечениям вспомогательного провода 4 и 6 мм<sup>2</sup> (табл. П-4), и при кратностях первичного тока  $m_{пр. расч.}$ , приведенных в табл. П-5, трансформаторы тока типа ТК-120 удовлетворяют кривым допустимых кратностей при 10% погрешности и в этом случае.

При выводе выражения (П-12) в настоящем приложении принималось, что номинальный ток генератора и первичные номинальные токи установленных на нем трансформаторов тока, а также номинальные токи питаемых линий и первичные номинальные токи установленных на них трансформаторов тока соответственно равны. Если первичный ток трансформаторов тока питающих элементов больше номинального тока генератора, то, как показал анализ, фактическая величина  $m_{пр. расч.}$  будет меньше, чем подсчитанная по выражению (П-12), а если первичный номинальный ток трансформаторов тока, установленных на питаемых линиях, больше номинальных токов этих линий, то фактическая величина  $m_{пр. расч.}$  будет равна подсчитанной по выражению (П-12).

Цена 48 коп.