МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

Техническое управление по эксплуатации энергосистем

ИНСТРУКЦИЯ ПО НАЛАДКЕ, ПРОВЕРКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАЩИТ ТИПА ДЗ-400 (ДЗ-500)

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

Техническое управление по эксплуатации энергосистем

ИНСТРУКЦИЯ ПО НАЛАДКЕ, ПРОВЕРКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАЩИТ ТИПА ДЗ-400 (ДЗ-500)

«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1967

УДК 621.316.925.45.004.5(083.96)

Составлено Бюро технической информации ОРГРЭС

Авторы инженеры **В. С. Гусев, В. А. Семенов**
Редактор инж. **М. Я. Ирлахман**

ВВЕДЕНИЕ

Разработка дистанционных защит серии ДЗ-400 была проведена институтом Энергосетьпроект в связи с сооружением в Советском Союзе линий электропередачи 400—500 *кв*. Специфические особенности дальних электропередач, работающих в режиме высоких нагрузок на пределе устойчивости, определили требования, положенные в основу разработки этих защит.

Первые панели релейной защиты типа ДЗ-400М для магистральных линий электропередачи и ДЗ-400К для кольцевых линий были изготовлены Чебоксарским электроаппаратным заводом для линий электропередачи 400 *кв* Волжская ГЭС им. В. И. Ленина — Москва. В дальнейшем завод продолжал выпускать аналогичные панели защиты под названием ДЗ-401 для длинных магистральных и ДЗ-402 для сравнительно коротких линий.

В условиях эксплуатации в эти защиты были внесены некоторые изменения, способствовавшие повышению надежности их работы.

В 1963 г. Энергосетьпроект разработал новую схему защиты, в которой учтены усовершенствования, внесенные за годы эксплуатации панелей ДЗ-401 и ДЗ-402. Эта модификация защиты под названием ДЗ-502 выпускается в настоящее время Чебоксарским электроаппаратным заводом.

Настоящая инструкция составлена на основании опыта эксплуатации дистанционных защит на электропередачах Волжская ГЭС им. В. И. Ленина — Москва, Волжская ГЭС им. XXII съезда КПСС — Москва и Волжская ГЭС им. В. И. Ленина — Урал.

Техн. редактор *Т. Г. Усачева* Корректор *Е. В. Кузнецова*

Сдано в набор 29/VIII 1966 г. Подписано к печати 31/XII 1966 г.
Бумага типографская № 2 Формат 70×108¹/₁₆ Т-16857
Усл. печ. л. 4,9 Уч.-изд. л. 5,19
Тираж 15 440 Цена 26 коп. Заказ 2588

Издательство „Энергия",
Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. начальника Технического управления по эксплуатации энергосистем, главный специалист-электрик *П. Устинов*

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОПИСАНИЕ ЗАЩИТЫ

1. ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Схема цепей переменного тока защиты типа ДЗ-402 (ДЗ-400К) приведена на рис. 1-1. Защита ДЗ-401 (ДЗ-400М), предназначенная для линий большой длины, отличается от ДЗ-402 только схемой и параметрами реле сопротивления второй ступени (рис. 1-2). Во всем остальном цепи переменного тока обеих модификаций защиты аналогичны. Аналогичную схему цепей переменного тока имеет и защита ДЗ-500.

Для получения максимального быстродействия в схеме использовано шесть омметров, которые не имеют переключений в цепях напряжения и обеспечивают двухступенчатую дистанционную защиту от всех видов междуфазных коротких замыканий.

Защиты снабжены устройствами блокировки при качаниях и при повреждениях в цепях напряжения.

а) Реле сопротивления первой зоны

Направленные реле сопротивления первой зоны в защитах ДЗ-401 и ДЗ-402 (ДЗ-501 и ДЗ-502) имеют характеристику, проходящую через начало координат (рис. 1-3), которая определяется двумя параметрами: сопротивлением срабатывания $z_{уст}$ при угле максимальной чувствительности и углом максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч}$. Зная эти две величины, можно определить сопротивление срабатывания реле при любом угле φ между током и напряжением по следующей формуле:

$$z_{\varphi} = z_{уст}\cos(\varphi_{м.ч} - \varphi). \qquad (1\text{-}1)$$

Имеются два способа изменения уставок реле (диаметра окружности): грубый — переключением отпаек на первичной обмотке трансреактора (при этом уставка реле изменяется прямо пропорционально количеству включенных витков регулируемой обмотки трансреактора) и более плавный — переключением отпаек в цепях напряжения на автотрансформаторе $T_и$ (при этом уставка реле изменяется обратно пропорционально количеству включенных витков обмотки автотрансформатора).

Угол максимальной чувствительности реле сопротивления изменяется путем изменения сопротивления R_2, подключенного к части витков вторичной обмотки трансреактора.

Одним из основных параметров, определяющих работу реле сопротивления, является ток точной работы. Этот параметр характеризует степень зависимости сопротивления срабатывания реле при определенной уставке от величины тока короткого замыкания. Кривые зависимости тока точной работы $I_{точ}$ реле сопротивления от его уставки показаны на рис. 1-4.

Для любой уставки ток точной работы реле может быть определен по следующему выражению:

$$I_{точ} = I_{точ.н}\frac{\sqrt{w_н}}{w_т}, \qquad (1\text{-}2)$$

где $I_{точ.н}$ — ток точной работы при включении всех витков автотрансформатора $T_и$ и трансреактора $T_х$, определяемый по паспорту реле;

$w_н$, $w_т$ — отношения количества включенных витков автотрансформатора и трансреактора соответственно к общему количеству их витков.

Поскольку характеристика реле сопротивления первой зоны проходит через начало координат, при коротком замыкании вблизи места установки реле (в «мертвой» зоне) вращающий момент на подвижной системе реле будет равен нулю. Для того чтобы реле срабатывало при коротких замыканиях в «мертвой» зоне, предусмотрены следующие мероприятия.

Для обеспечения действия реле при двухфазном коротком замыкании в «мертвой» зоне выполнена подпитка поляризующей обмотки реле от напряжения третьей неповрежденной фазы через большое сопротивление R_5. Ток $I_п$, проходящий при этом в поляризующей обмотке, расположен примерно под тем же углом, что и ток, проходящий в этой обмотке при удаленном коротком замыкании (рис. 1-5). Величина тока достаточна для надежного срабатывания реле при двухфазном коротком замыкании в «мертвой» зоне.

При трехфазном коротком замыкании вблизи места установки реле его действие обеспечивается так называемым «контуром

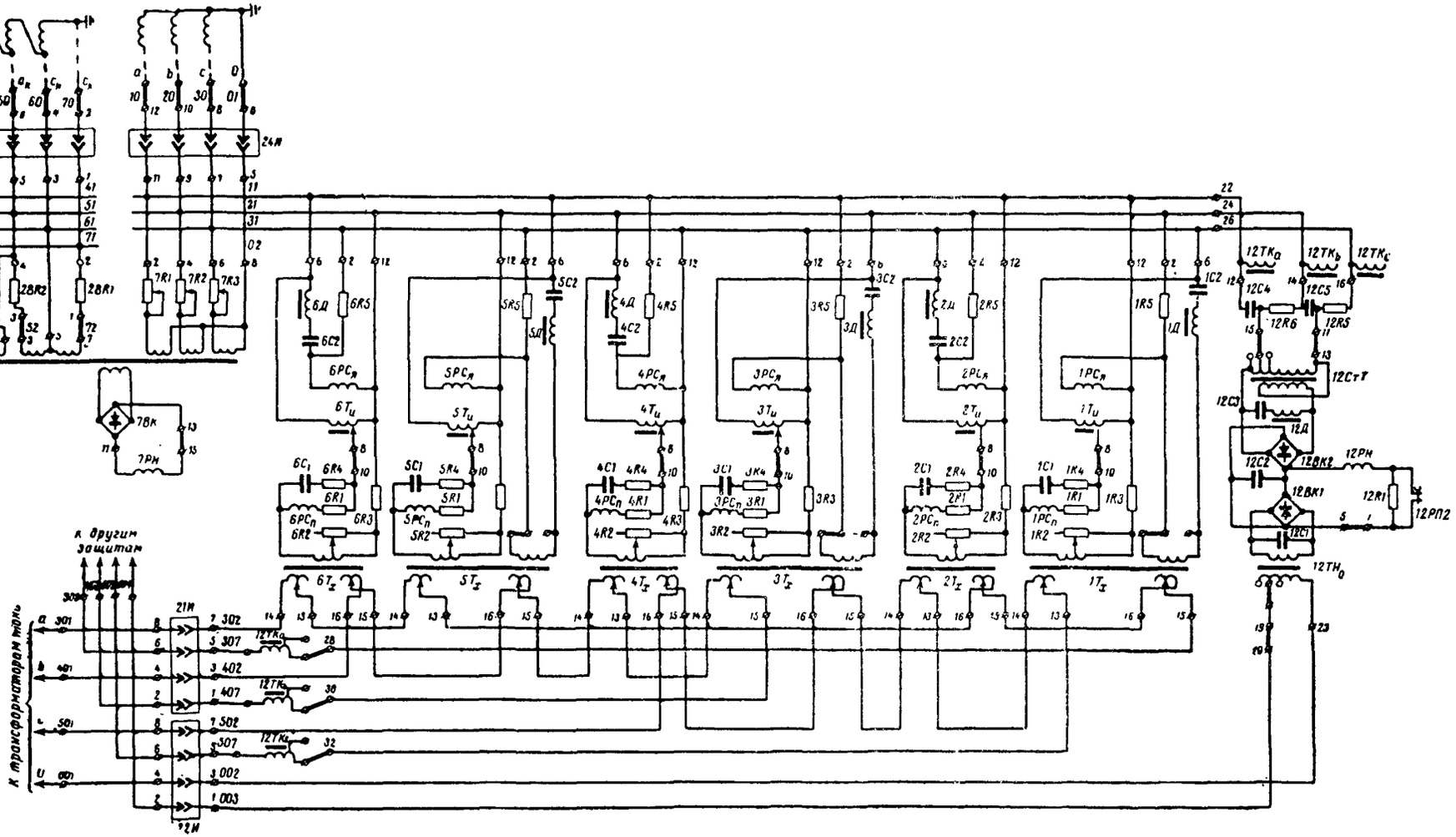


Рис. I-1. Схема цепей переменного тока и напряжения защиты ДЗ-402 (ДЗ-502).

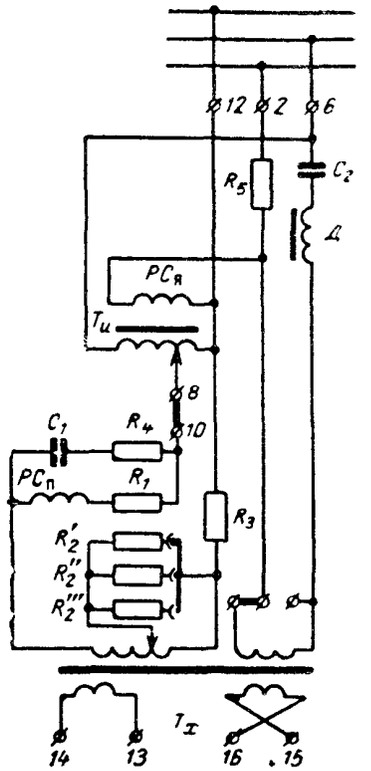


Рис. I-2. Схема цепей переменного тока и напряжения реле сопротивления второй зоны защиты ДЗ-401 (ДЗ-501).

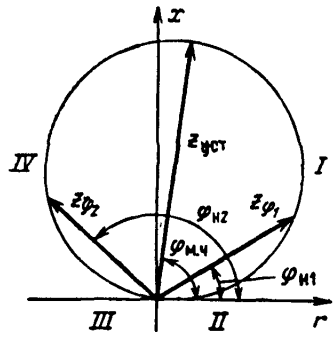


Рис. 1-3. Характеристика направленного реле сопротивления.

Сопротивление R_4, включенное последовательно с конденсатором C_1, уменьшает постоянную времени резонансного контура и, следовательно, ускоряет протекание переходных процессов.

Общий вид реле сопротивления первой зоны защит ДЗ-501 и ДЗ-502 показан на рис. 1-6, а монтажная схема на рис. 1-7.

б) Реле сопротивления второй зоны

В характеристику реле сопротивления второй зоны может быть введено нерегулируемое смещение за шины защищаемой подстанции (рис. 1-8). Благодаря такому смещению обеспечивается действие второй зоны с выдержкой времени при коротких замыканиях в «мертвой» зоне реле сопротивления.

Смещение достигается с помощью введения в цепь поляризующей обмотки дополнительной подпитки от вторичной обмотки трансреактора T_x (см. рис. 1-2).

В схеме реле сопротивления второй зоны защиты ДЗ-401 (ДЗ-501) предусмотрена возможность изменения угла макси-

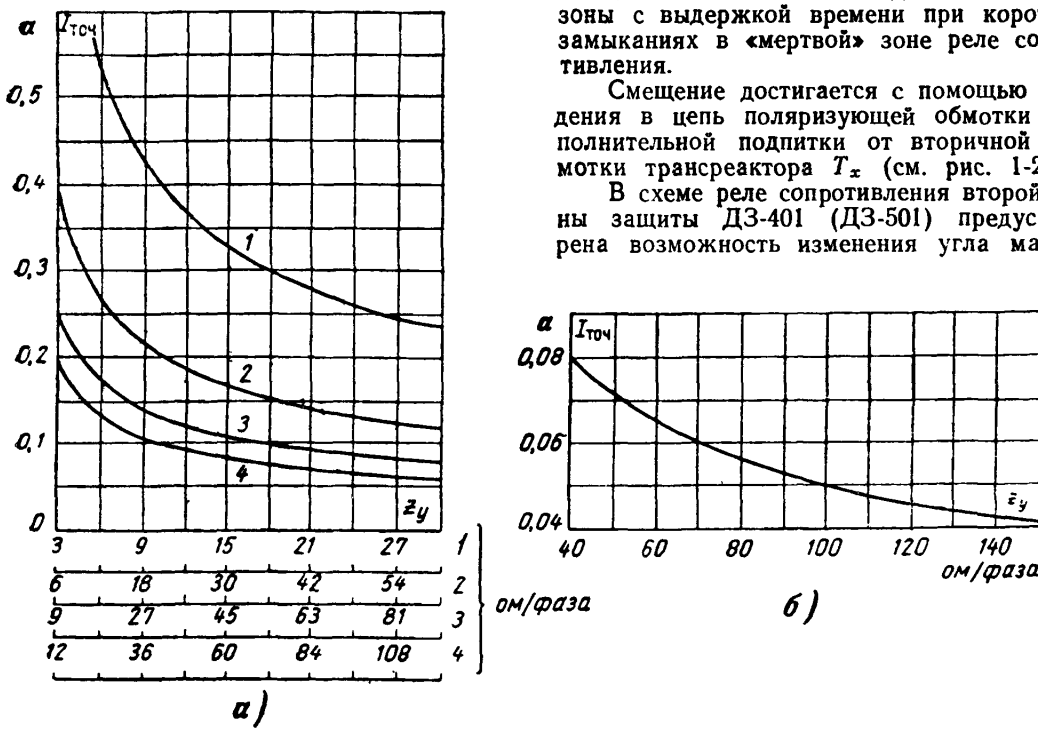


Рис. 1-4. Зависимость тока точной работы реле сопротивления от уставки.

а — реле первой зоны защиты ДЗ-401 (ДЗ-501) и реле первой и второй зон защиты ДЗ-402 (ДЗ-502). Номера кривых и шкал соответствуют ступеням регулирования уставок в цепях тока; *б* — реле второй зоны защиты ДЗ-401 (ДЗ-501).

памяти» в цепи поляризующей обмотки реле (конденсатор C_2 и дроссель $Д$). Благодаря тому, что контур поляризующей обмотки настроен на резонанс напряжений при частоте 50 *гц* с медленным затуханием, ток, проходящий в поляризующей обмотке реле, при снижении напряжения до нуля исчезает не сразу, а затухает с определенной постоянной времени. У дросселя, включенного в контур «памяти», предусмотрена регулировка индуктивного сопротивления с помощью магнитного шунта, изменяющего воздушный зазор.

Для того чтобы обеспечить постоянный знак момента на подвижной системе реле при переходных процессах и исключить его пульсацию под влиянием свободных токов, контур цепи рабочей обмотки настроен на резонанс токов с частотой свободных колебаний порядка 62—65 *гц*.

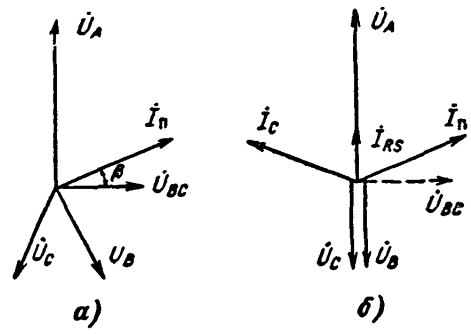


Рис. 1-5. Векторные диаграммы, поясняющие действие подпитки цепей напряжения от неповрежденной фазы.

а — удаленное двухфазное короткое замыкание *B—C*; *б* — двухфазное короткое замыкание в «мертвой» зоне.

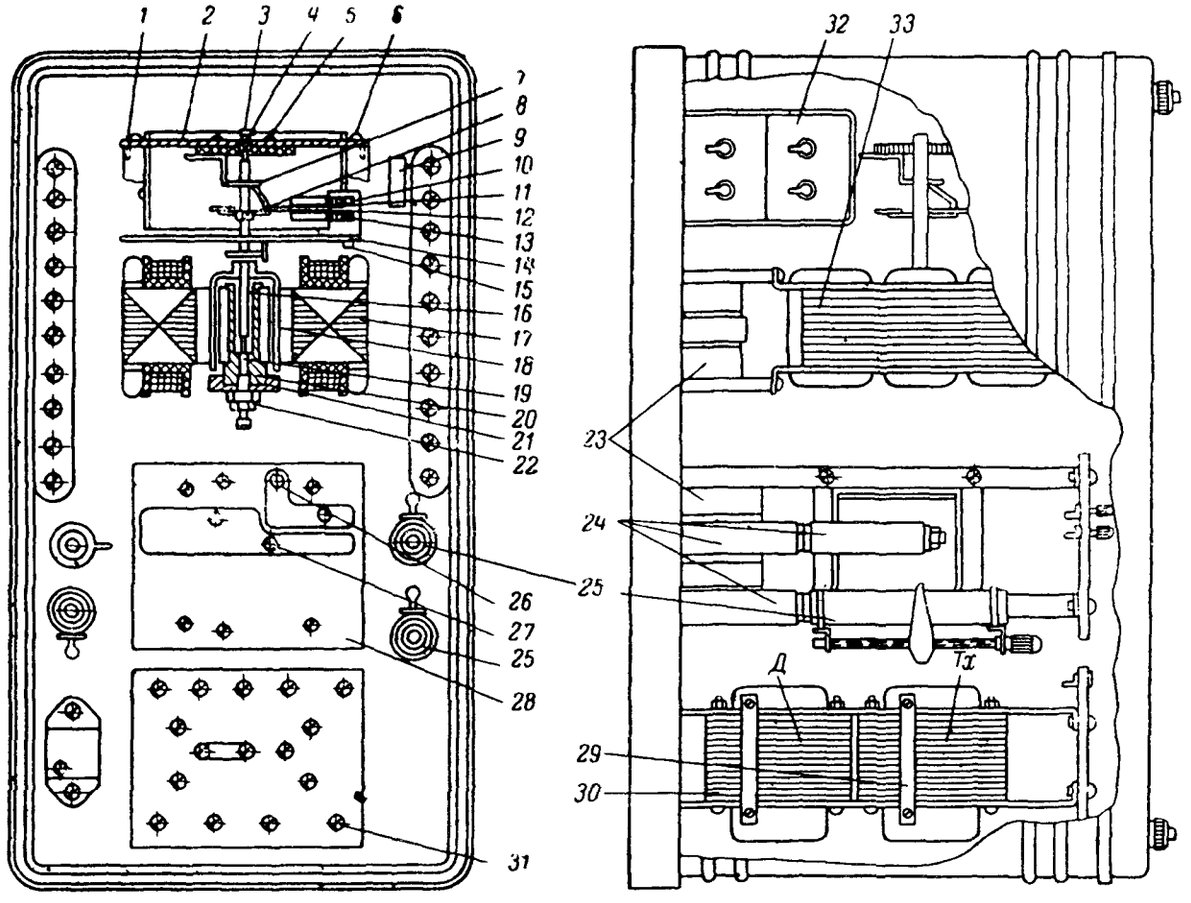


Рис. 1-6. Общий вид реле сопротивления первой зоны защиты типов ДЗ-501 и ДЗ-502.

1 — штифт; *2* — пластинка верхняя; *3* — стопорный винт; *4* — подшипник верхний; *5—6* — винты; *7* — пружина спиральная; *8* — контактодержатель; *9* — сопротивление *R5*; *10* — пластинка контактная; *11* — рычаг; *12* — колодка контактная; *13* — пластинка контактная; *14* — плата; *15* — винт; *16* — ось; *17* — магнитопровод; *18* — стаканчик; *19* — подшипник нижний; *20* — сердечник; *21* — опорная пластинка; *22* — гайка; *23* — конденсатор *C2*; *24* — сопротивления *R1*, *R3*, *R4*; *25* — сопротивление *R2*; *26*, *27* — шайбы пружинные; *28* — автотрансформатор T_u; *29* — трансреактор T_x; *30* — дроссель *Д*; *31* — винт; *32* — конденсатор *C1*; *33* — реле сопротивления *РС*.

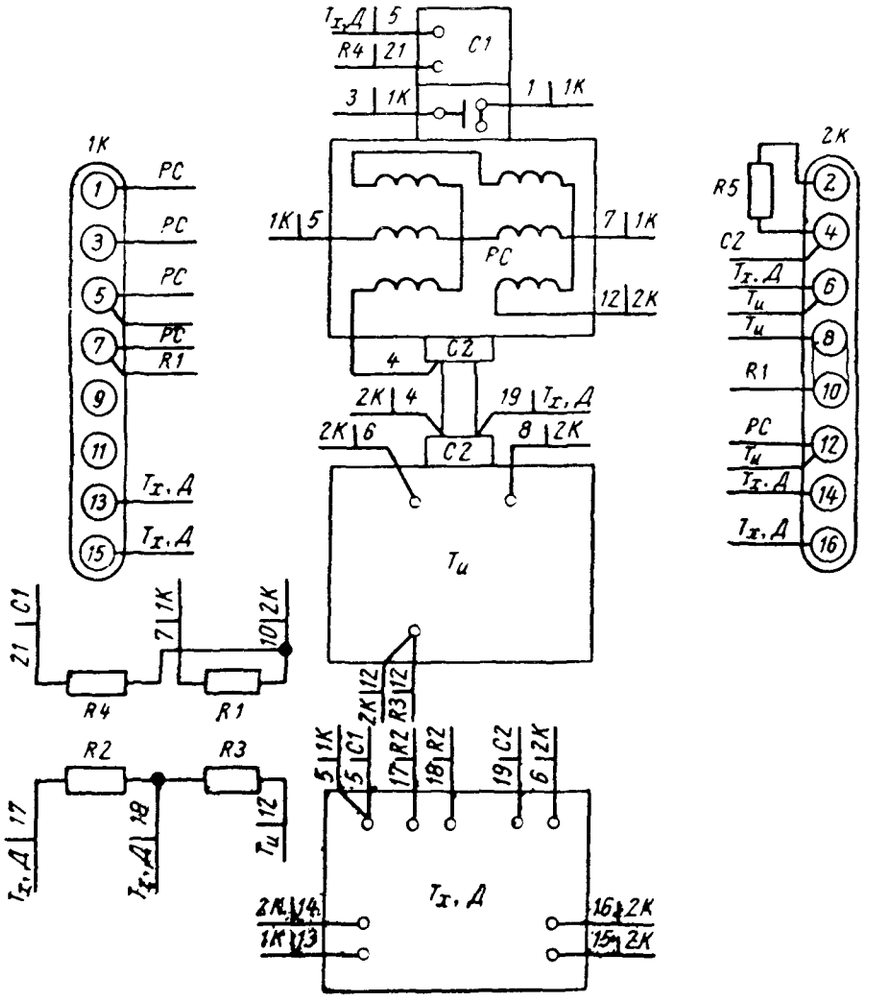


Рис. 1-7. Монтажная схема реле сопротивления первой зоны защиты ДЗ-501 и ДЗ-502.

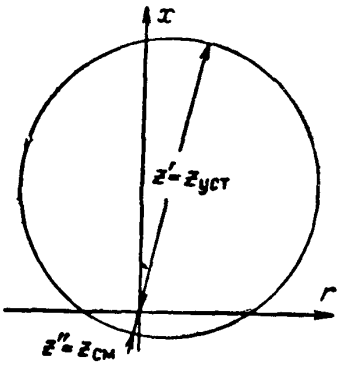


Рис. 1-8. Характеристика реле сопротивления второй зоны.

мальной чувствительности ступенями путем подключения одного из трех сопротивлений R'_2, R''_2, R'''_2 к отпайке вторичной обмотки трансреактора.

У реле отсутствует возможность изменения уставок срабатывания переключением отпаек на первичных обмотках трансреактора.

Реле сопротивления второй зоны ДЗ-402 (ДЗ-502) имеет регулировку уставки в цепях обмоток трансреактора и возможность смещения характеристики реле сопротивления и не имеет регулировки угла максимальной чувствительности. Во всем остальном реле сопротивления второй зоны ДЗ-402 (ДЗ-502) аналогично рассмотренным выше реле первой зоны и реле второй зоны защиты ДЗ-401 (ДЗ-501).

Общий вид реле сопротивления второй зоны защиты типа ДЗ-501 показан на рис. 1-9, а монтажные схемы реле защит ДЗ-501 и ДЗ-502 — на рис. 1-10 и 1-11.

в) Блокировка при нарушении цепей напряжения

Принцип действия блокировки основан на сравнении одноименных фазных напряжений на вторичных обмотках трансформаторов напряжения, соединенных в «звезду» и в «разомкнутый треугольник», производимом с помощью семиобмоточного трансформатора *7ТБ*, к вторичной обмотке которого через выпрямитель *В* подключено поляризованное реле *7РН*.

В нормальном режиме, а также при коротких замыканиях в первичной сети суммарный магнитный поток, создаваемый тремя обмотками *7ТБ*, подключенными к обмоткам трансформаторов напряжения, соединенным в «звезду», уравновешивается магнитными потоками, создаваемыми обмотками *7ТБ*, подключенными пофазно к обмоткам, соединенным в «разомкнутый треугольник». Реле *7РН* при этом обесто-

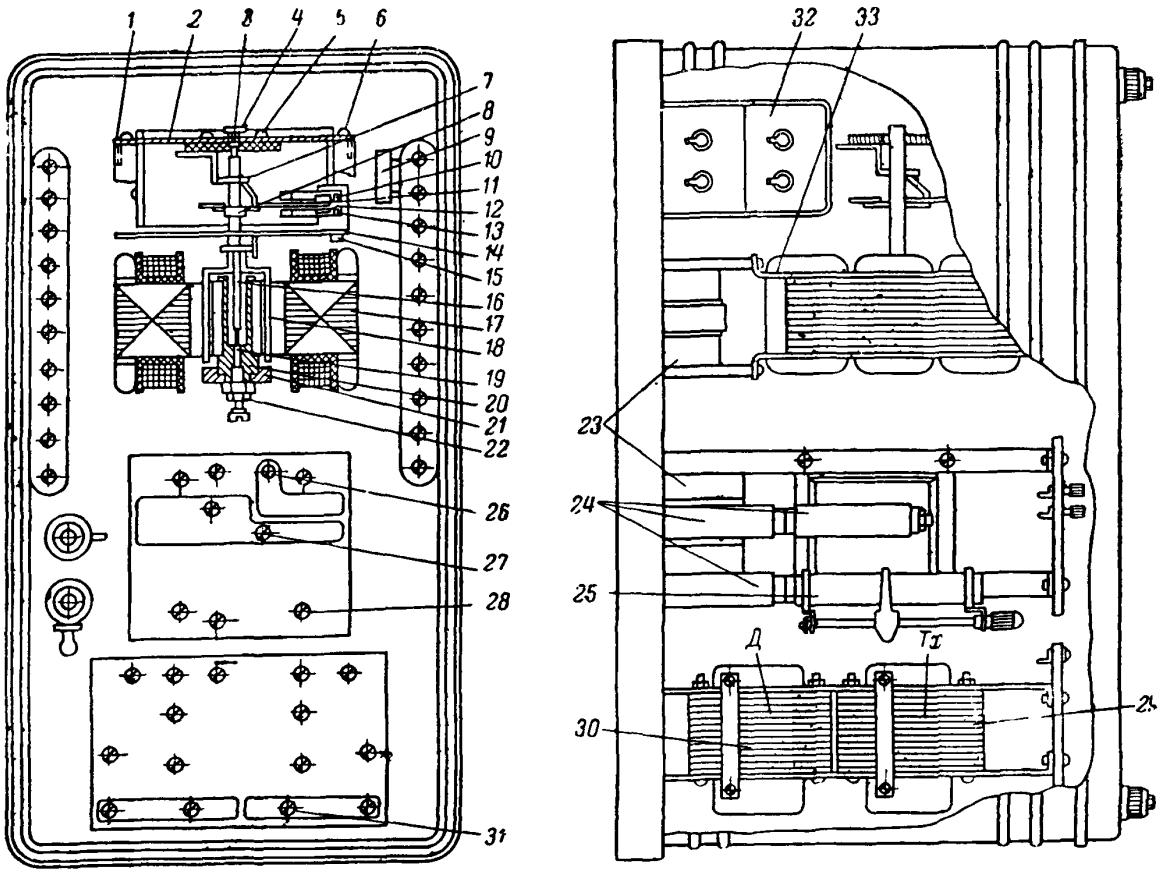


Рис. 1-9. Общий вид реле сопротивления второй зоны защиты ДЗ-501.

1 — штифт; *2* — пластинка верхняя; *3* — стопорный винт; *4* — подшипник верхний; *5, 6* — винты; *7* — пружина спиральная; *8* — контактодержатель; *9* — сопротивление *R5*; *10* — пластинка контактная; *11* — рычаг; *12* — колодка контактная; *13* — пластинка контактная; *14* — плата; *15* — винт; *16* — ось; *17* — магнитопровод; *18* — стаканчик; *19* — подшипник нижний; *20* — сердечник; *21* — опорная пластинка; *22* — гайка; *23* — конденсатор *С2*; *24* — сопротивления *R1, R3, R4*; *25* — сопротивления R'_2; R''_2; R'''_2; *26, 27* — шайбы пружинные; *28* — автотрансформатор T_u; *29* — трансреактор T_x; *30* — дроссель *Д*; *31* — винт; *32* — конденсатор *С1*; *33* — реле сопротивления *РС*.

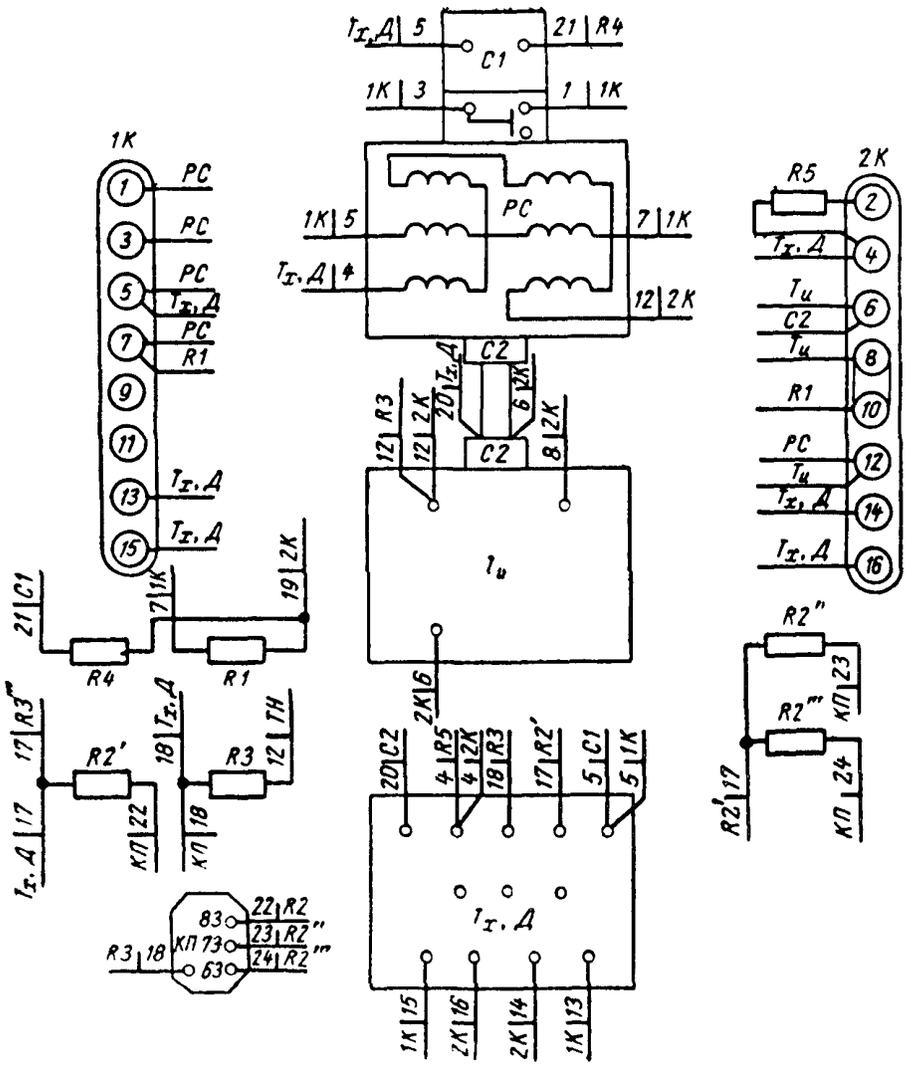


Рис. 1-10. Монтажная схема реле сопротивления второй зоны защиты ДЗ-501.

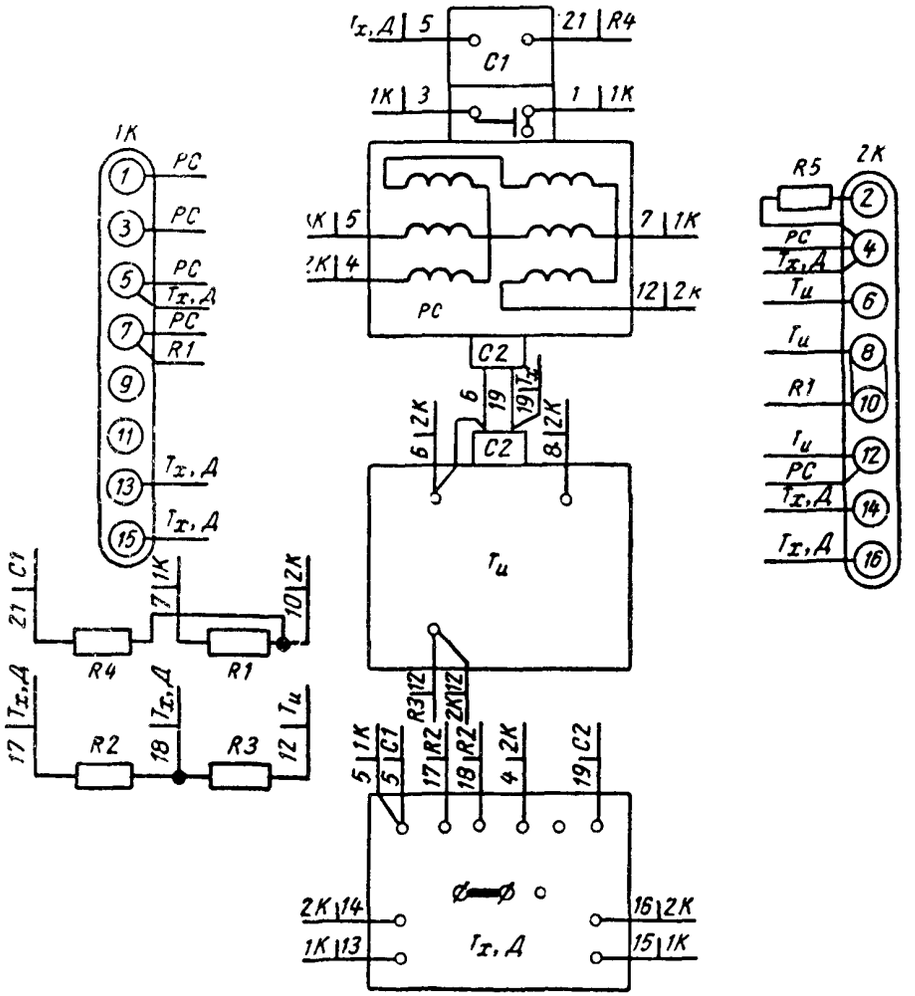


Рис. 1-11. Монтажная схема реле сопротивления второй зоны защиты ДЗ-502.

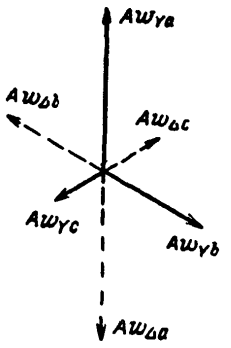


Рис. 1-12. Диаграмма, поясняющая принцип действия блокировки от нарушения цепей напряжения.

чено и держит свой контакт в цепи защиты замкнутым.

При нарушении цепей напряжения, например, вследствие отключения автоматических выключателей в цепях напряжения обмоток трансформаторов напряжения, соединенных в «звезду», равенство магнитных потоков в магнитопроводе *7ТБ* нарушается и реле *7РН* срабатывает, выводя защиту из действия.

Для того чтобы обеспечить срабатывание реле блокировки при снятии всех трех фаз напряжения со стороны одной из вторичных обмоток трансформаторов, напряжения обмотки *7ТБ*, подключенные к разным фазам, должны иметь различное количество витков:

$$w_A : w_B : w_C = 3 : 2 : 1. \qquad (1\text{-}3)$$

Векторная диаграмма намагничивающих сил трансформатора *7ТБ* приведена на рис. 1-12.

Поскольку номинальные фазные напряжения вторичных обмоток трансформаторов напряжения имеют разную величину (100 *в* при соединении в «разомкнутый треугольник» и $100/\sqrt{3}$ *в* при соединении в «звезду») для выравнивания намагничивающих сил по фазам, в трансформаторе *7ТБ* установлены регулируемые сопротивления *28R1*, *28R2* и *28R3* (см. рис. 1-1).

Время срабатывания реле *7РН* при нарушении цепей напряжения составляет примерно 10 *мсек*.

Достоинством рассматриваемой блокировки является то, что она срабатывает при любом нарушении цепей напряжения: при обрыве одной, двух или трех фаз. Блокировка не работает при отключении трансформатора напряжения или при снятии напряжения с его первичной стороны. При некоторых видах коротких замыканий в цепях напряжения блокировка срабатывает только после отключения автоматических выключателей, установленных в цепях напряжения. Поэтому применение в дистанционной защите блокировки от нарушения цепей напряжения с семиобмоточным трансформатором не исключает необходимости установки в цепях напряжения быстродействующих однофазных автоматических выключателей с временем срабатывания 5—10 *мсек*. Общий вид устройства блокировки показан на рис. 1-13, а монтажная схема на рис. 1-14.

г) Блокировка при качаниях

В качестве пускового органа блокировки при качаниях (см. рис. 1-1) используется поляризованное реле *12РН*, подключенное через выпрямители *12ВК1* и *12ВК2* на напряжение обратной последовательности U_2 и ток нулевой последовательности $3I_0$ соответственно. Трансформатор $12TH_0$, в первичной обмотке которого проходит ток $3I_0$, — насыщающийся, чем обеспечивается ограничение вторичного напряжения на выпрямителе *12ВК1*, предотвращающее его повреждение при больших токах. Конденсатор *12С1* предназначен для фильтрации токов высших гармоник.

С выходных зажимов фильтра обратной последовательности (*12С4*, *12С5*, *12R5* и *12R6*) подается напряжение U_2 на стабилизирующий двухобмоточный трансформатор *12СтТ*.

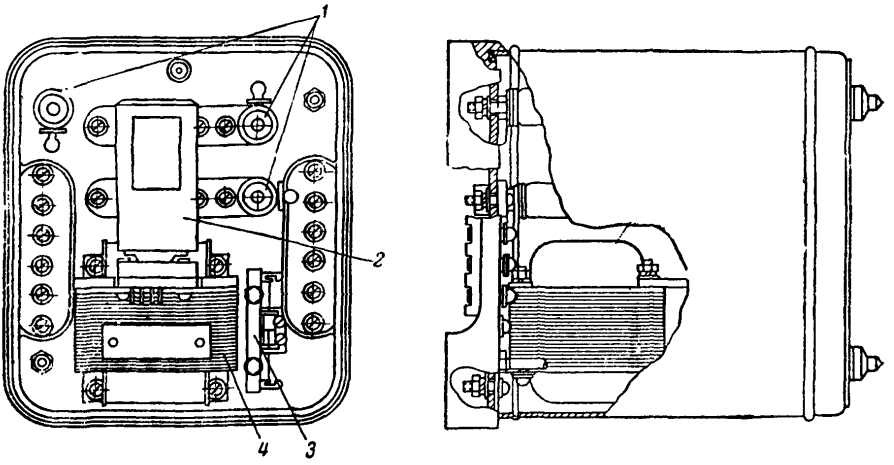


Рис. 1-13. Общий вид устройства блокировки при нарушении цепей напряжения.
1 — сопротивления *R1*, *R'1*, *R2*, *R'2*, *R3*, *R'3*; *2* — поляризованное реле *РН*; *3* — плита с выпрямителями *Д226*; *4* — трансформатор напряжения *ТБ*.

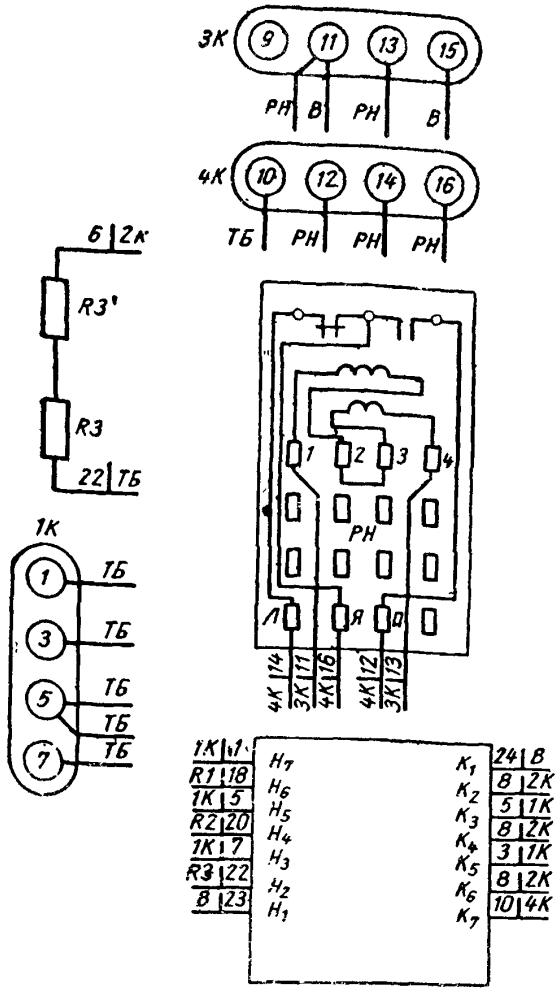


Рис. 1-14. Монтажная схема блокировки при поврежденни цепей напряжения.

Применение стабилизирующего трансформатора позволило при сравнительно небольшом потреблении в цепях напряжения ограничить вторичное напряжение на выпрямителях *12ВК2*.

В схеме предусмотрен фильтр пятой гармоники, включенный на выходе *12СтТ* и состоящий из конденсатора *12С3* и дросселя *12Д*. Для сглаживания пульсации выпрямленного напряжения параллельно обмотке реле *12РН* включен конденсатор *12С2*.

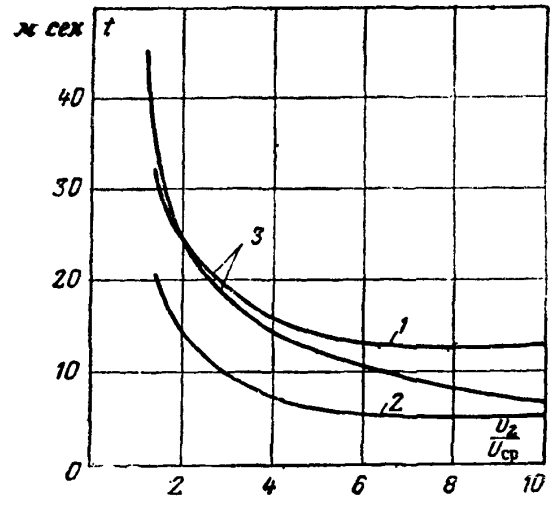


Рис. 1-15. Зависимость времени срабатывания пускового реле блокировки при качаниях от кратности напряжения на его обмотке.

1 — время срабатывания блокировки при качаниях; *2* — время размыкания размыкающего контакта пускового реле; *3* — время замыкания замыкающего контакта пускового реле.

Для повышения чувствительности пускового реле блокировки при качаниях предусмотрены трансреакторы $12ТК_a$, $12ТК_b$, $12ТК_c$, включенные на ток каждой фазы. При подключении этих трансреакторов к входным зажимам фильтра напряжения обратной последовательности будут подаваться напряжения U_a+kI_a; U_b+kI_b; U_c+kI_c. Таким образом, с помощью трансреакторов можно компенсировать часть сопротивления линии и как бы переместить пусковой орган блокировки в заданную точку защищаемой линии, благодаря чему повышается его чувствительность.

Зависимость времени срабатывания пускового реле блокировки от кратности напряжения на его обмотке $t=f\left(\frac{U_2}{U_{ср}}\right)$ приведена на рис. 1-15. Принципиальиая схема устройства блокировки при качаниях защит ДЗ-501 и ДЗ-502 показана на рис. 1-16.

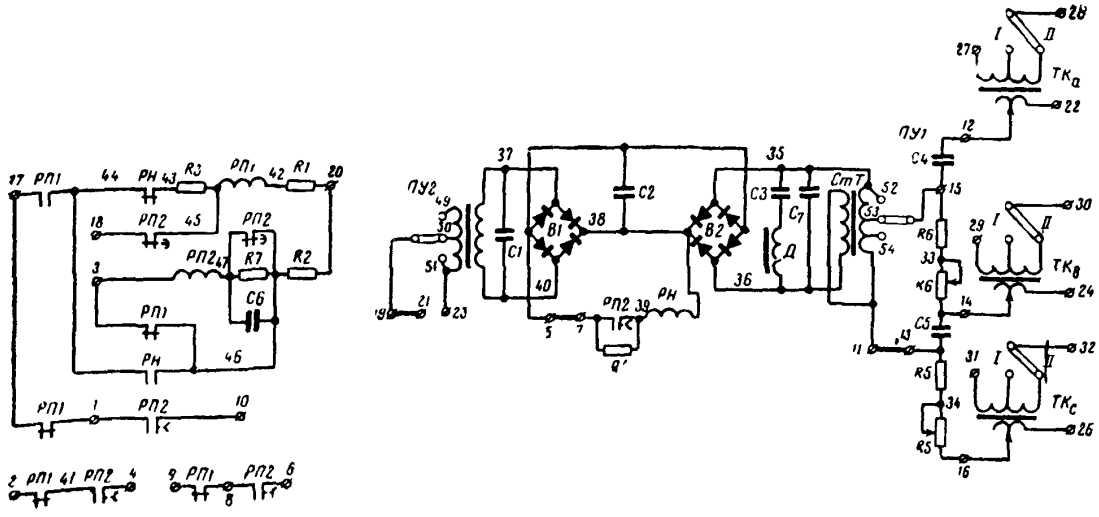


Рис. 1-16. Принципиальная схема блокировкн прн качаниях защит ДЗ-501 и ДЗ-502.

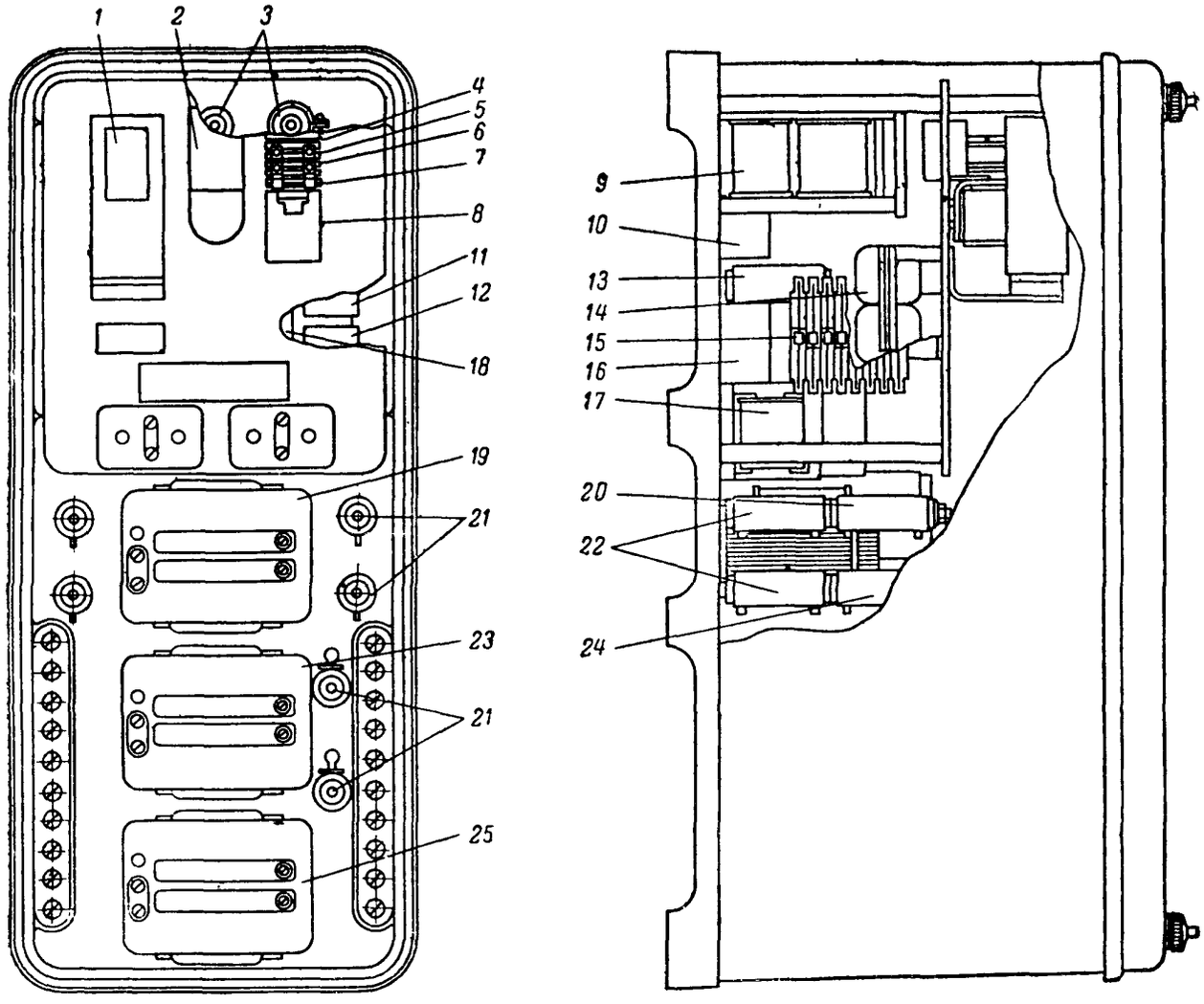


Рис. 1-17. Общий вид устройства блокировки при качаниях.

1 — поляризованное реле *РН*; *2* — реле кодовое *РП1*; *3* — сопротивление *R7*; *4* — колодка; *5, 6, 7* — пластинки; *8* — реле кодовое *РП2*; *9* — стабилизирующий трансформатор *СтТ*; *10* — конденсатор *С6*; *11* — конденсатор *С1*; *12* — конденсатор *С2*; *13* — сопротивление *R4*; *14* — трансформатор $ТН_0$; *15* — выпрямительные мосты *В1* и *В2*; *16* — конденсаторы *С4* и *С5*; *17* — конденсатор *С3* и дроссель *Д*; *18* — конденсатор *С7*; *19* — трансреактор $ТК_a$; *20* — сопротивленне *R1*; *21* — сопротивленне *R5*, *R'5*; *R6*, *R'6*; *22* — сопротивление *R2*; *23* — трансреактор $ТК_b$; *24* — сопротивленне *R3*; *25* — трансреактор $ТК_c$.

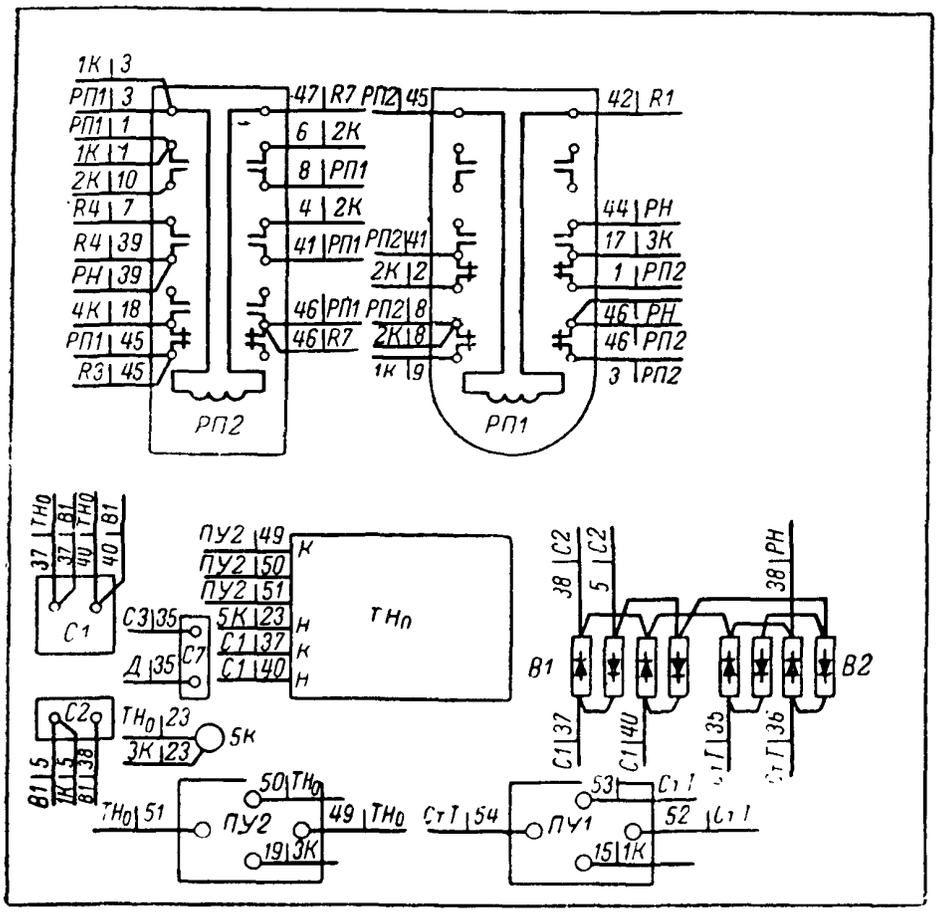


Рис. 1-18. Монтажная схема устройств блокировки при качаниях, смонтированных на плате реле.

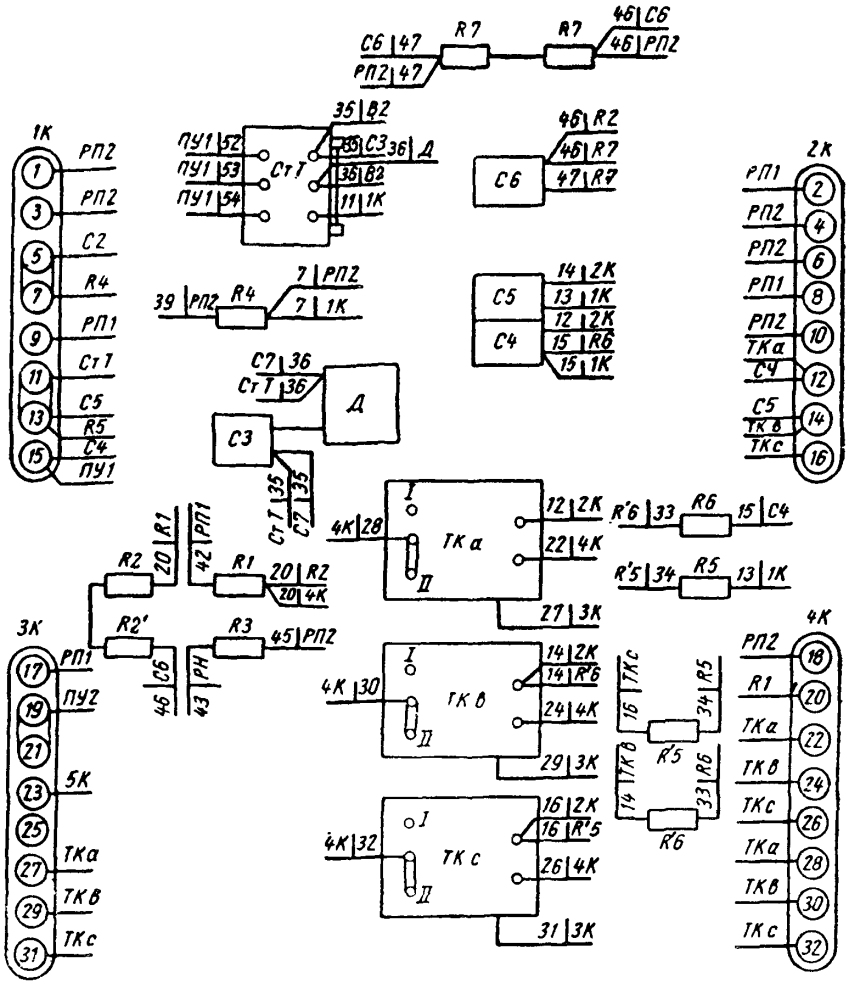


Рис. 1-19. Монтажная схема устройств блокировки при качаниях, смонтированных на откидной панели.

Общий вид устройства блокировки приведен на рис. 1-17, а монтажные схемы — на рис. 1-18 и 1-19.

2. ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

а) Общие сведения

Панели всех типов дистанционной защиты серии ДЗ-400 (ДЗ-400К, ДЗ-400М, ДЗ-401, ДЗ-402) в заводском исполнении имеют одинаковую схему цепей постоянного тока. Ввиду того, что в заводском исполнении защита имеет ряд недостатков, в энергосистемах собственными силами производят ее изменение. Разработаны две описываемые ниже основные модификации схем постоянного тока для сравнительно коротких кольцевых линий (рис. 1-20) и для магистральных линий электропередачи, связывающих удаленные электростанции с энергосистемой (рис. 1-21).

б) Защита кольцевых линий

В схеме защиты ДЗ-402 (рис. 1-20) предусмотрено:

1. Действие на отключение по цепи первой зоны без выдержки времени с блокировкой при качаниях.

2. Действие на отключение по цепи второй зоны с основной выдержкой времени с блокировкой при качаниях.

3. Действие по цепи второй зоны с большой дополнительной выдержкой времени без блокировки при качаниях.

4. Дополнительные цепи, позволяющие вводить оперативное ускорение с выдержкой и без выдержки времени, а также ускорение защиты после действия АПВ.

При коротких замыканиях в первой и второй зоне, а также при качаниях и асинхронном ходе дистанционная защита действует следующим образом.

При междуфазном коротком замыкании в первой зоне замыкают свои контакты реле сопротивления *2РС*, *4РС*, *6РС* (одно или все три при трехфазном коротком замыкании) и через замкнувшийся контакт промежуточного реле блокировки при качаниях *12РП1* подают импульс на отключение выключателей. Для того чтобы обеспечить сигнализацию срабатывания защиты по цепи первой зоны при одновременном срабатывании и других быстродействующих защит (отсечек, высокочастотной и др.), применено промежуточное поляризованное реле *9РП*. Это реле, имеющее малое потребление, срабатывая, замыкает цепь указательного реле *16РУ*, которое сигнализирует о действии первой зоны защиты.

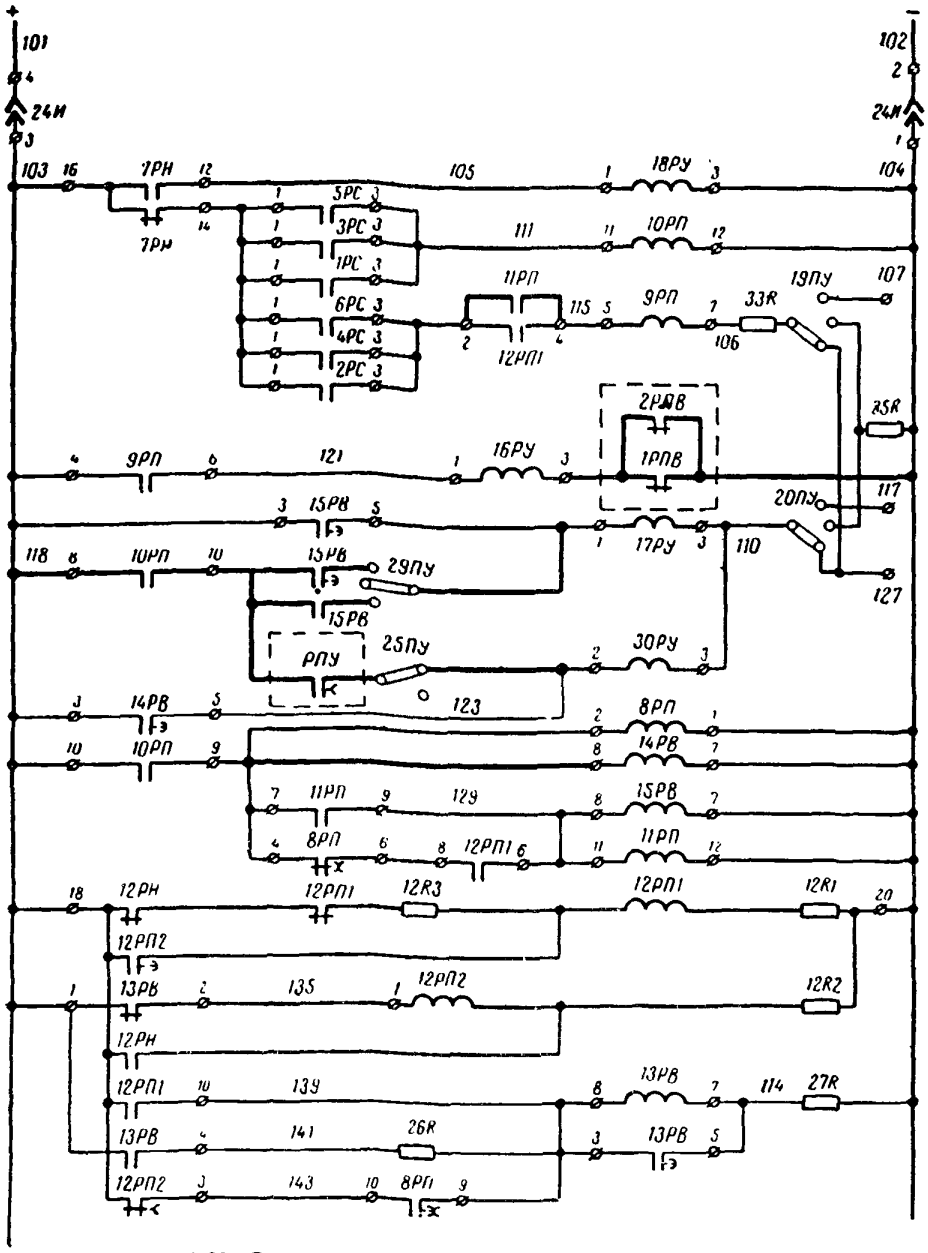


Рис. 1-20. Схема цепей постоянного тока защиты ДЗ-402.

Толстыми линиями показаны цепи, дополнительно монтируемые на заводской панели. Контакты реле показаны в соответствующих положениях, когда защита включена и готова к действию.

Последовательно с указательным реле *16РУ* включены контакты реле положения «включено» двух выключателей линии, замкнутые при включенном положении выключателей защищаемой линии. При подаче импульса на электромагниты отключения выключателей реле *1РПВ* и *2РПВ* размыкают свои контакты, предотвращая тем ложное срабатывание указательного реле *16РУ*, обусловливаемое кратковременным «клевком» — замыканием контактов реле сопротивления первой зоны при снятии напряжения с поврежденной линии.

При коротком замыкании во второй зоне замыкаются контакты реле сопротивления второй зоны *1РС, 3РС, 5РС*, срабатывает промежуточное реле *10РП* и подает плюс на обмотку реле *15РВ* через замкнувшийся контакт реле блокировки при качаниях *12РП1* и замкнутый контакт реле *8РП*. Для фиксации срабатывания реле времени второй зоны используется промежуточное реле *11РП*, контакты которого шунтируют контакты реле блокировки при качаниях.

С помощью проскальзывающего и мгновенного контактов реле *15РВ* в схеме обеспечивается возможность оперативного ускорения защиты, вводимого в действие переключающим устройством *29ПУ*.

Действие защиты с основной выдержкой времени второй зоны и по цепи оперативного ускорения сигнализируется указательным реле *17РУ*. После АПВ действие второй зоны защиты ускоряется контактами промежуточного реле *РПУ*, которое срабатывает при отключении выключателя.

Пусковое реле *12РН* срабатывает при появлении несимметрии и запускает блокировку при качаниях. Защита вводится в действие контактами реле *12РП1*, якорь которого возвращается при размыкании контактов пускового реле *12РН*. Контакты реле *12РП1* запускают реле времени блокировки при качаниях *13РВ*, которое самоудерживается через свой замыкающий мгновенный контакт. Срабатывая, своим мгновенным контактом реле *13РВ* размыкает цепь обмотки промежуточного реле *12РП2*, имеющего

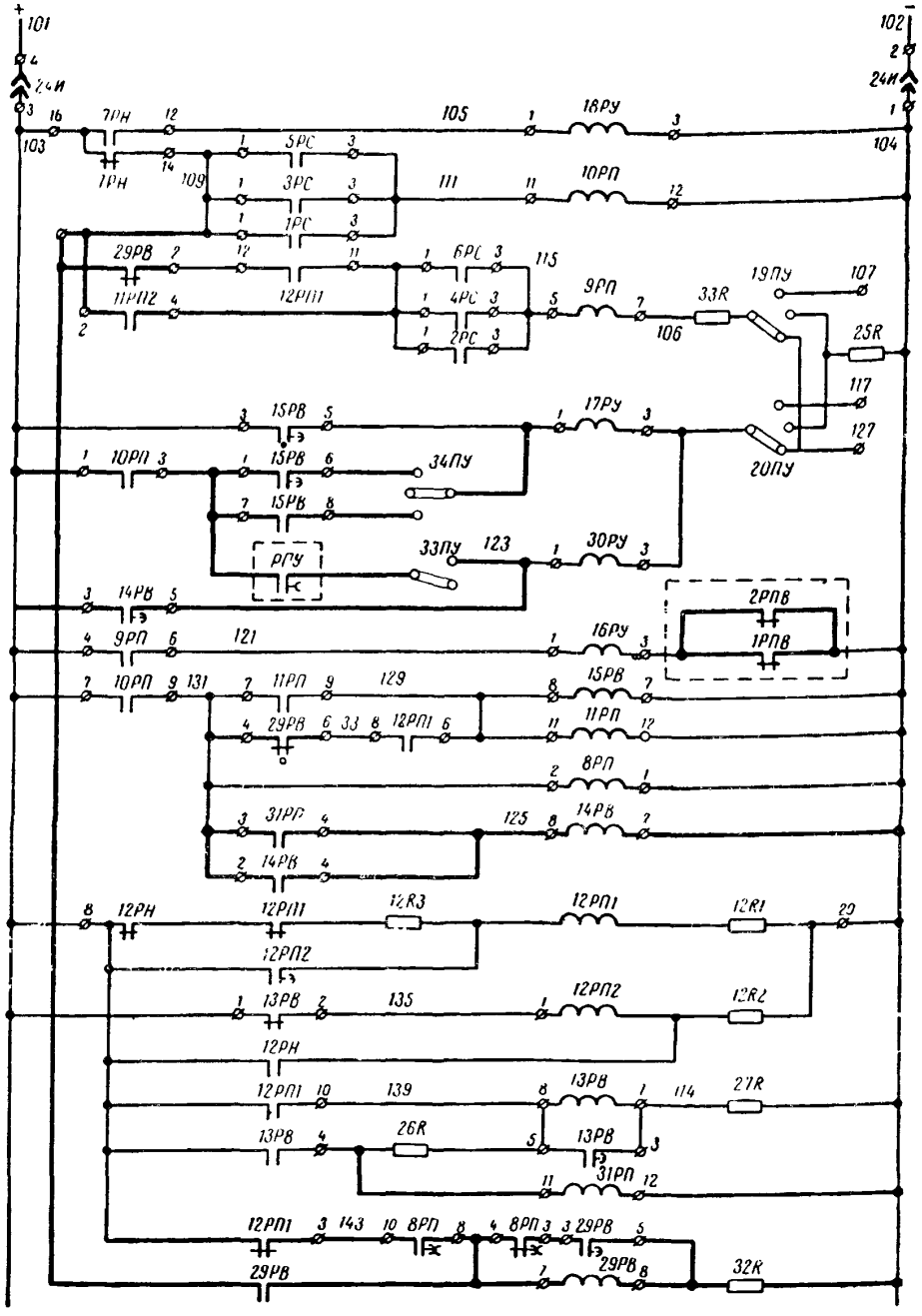


Рис. 1-21. Схема цепей постоянного тока защиты ДЗ-401.

Толстыми линиями показаны цепи, дополнительно монтируемые на заводской панели. Контакты реле показаны в соответствующих положениях, когда защита включена и готова к действию.

замедление на возврат. Контакты *12РП2* замыкают цепь обмотки промежуточного реле *12РП1*, которое, срабатывая, размыкает свои контакты в цепи первой и второй зон защиты. Таким образом, защита вводится в действие только на время возврата якоря реле *12РП2*, недостаточное для того, чтобы развились качания, которые могли бы привести к ложному действию защиты.

Возврат блокировки при качаниях и восстановление нормальной схемы происходят после того, как замыкается упорный контакт реле времени *13РВ*. Для того чтобы восстановилась нормальная схема блокировки, пусковое реле *12РН* должно вернуться и разомкнуть свои коитакты, шунтирующие обмотку реле *12РП2*. Таким образом, возврат блокировки при качаниях осуществляется через заданную выдержку времени реле *13РВ* при условии отсутствия несимметрии.

В схеме предусмотрено дешунтирование контактами реле *12РП2* сопротивления *12R1*, включенного последовательно с обмоткой пускового реле *12РН* (см. рис. 1-1). Благодаря этому повышается коэффициент возврата и обеспечивается возврат реле *12РН* после ликвидации несимметрии в первичной цепи, несмотря на наличие напряжения небаланса на выходе фильтров пускового органа.

Кроме рассмотренной блокировки при качаниях, которая применяется также с дистанционными защитами других типов, в защите ДЗ-400 предусмотрена дополнительная блокировка с помощью промежу-

точного реле *8РП*, имеющего небольшое замедление на срабатывание. Это реле срабатывает при замыкании контактов реле сопротивления второй зоны и через выдержку времени порядка 0,1 *сек* выводит из действия первую и вторую зону защиты с основной выдержкой времени. Реле *8РП* имеет замедление на возврат порядка 0,5—0,7 *сек*.

Вывод второй зоны осуществляется размыкающим контактом реле *8РП*, включенным последовательно с контактом реле *12РП1* в цепи обмоток реле *11РП* и *15РВ*. Цепь же первой зоны останется разомкнутой на контактах *12РП1*, так как замыкающий контакт реле *8РП* запустит реле времени *13РВ* блокировки при качаниях. Мгновенный размыкающий контакт реле времени *13РВ* обесточит обмотку реле *12РП2*, которое, отпадая с замедлением, предотвратит запуск реле *12РП1*, а следовательно, и ввод защиты в действие.

Таким образом, если вследствие качаний или нарушения статической устойчивости, возникающих в симметричном режиме без появления составляющих U_2 и $3I_0$, сработает реле сопротивления второй зоны, вторая зона с основной выдержкой времени будет выведена из действия через 0,1 *сек*, а первая зона — через 0,3—0,4 *сек*. Благодаря этому предотвращается возможность ложного срабатывания защиты в случае запуска блокировки при качаниях, обусловленного появлением несимметрии после того, как уже развиваются качания в симметричном режиме.

Серьезным недостатком блокировки при качаниях кратковременно замыкающей цепь защиты при появлении несимметрии является возможность отказа защиты при переходе однофазного короткого замыкания в междуфазное. Действительно, в момент возникновения однофазного короткого замыкания в пределах зоны, защищаемой дистанционной защитой, блокировка при качаниях запустится и введет защиту в действие. Защита ДЗ-400 при этом может не подействовать, так как реле сопротивления при однофазном коротком замыкании замеряет завышенное сопротивление. Затем, к моменту перехода короткого замыкания в междуфазное, защита будет выведена из действия блокировкой при качаниях, что приведет к ее отказу. Для того чтобы и в этом случае обеспечить отключение междуфазного короткого замыкания, установлено дополнительное реле времени второй зоны защиты *14РВ*. Поскольку вторая зона защиты с дополнительной выдержкой времени действует без блокировки при качаниях, на реле времени *14РВ* устанавливается большая выдержка времени порядка 2,5—4 *сек*, что гарантирует надежную отстройку от качаний, вызванных нарушением устойчивости.

В цепи первой зоны дистанционной защиты параллельно контакту *12РП1* блокировки при качаниях подключен контакт реле *11РП*, благодаря чему ускоряется отключение коротких замыканий в первой зоне при переходе их из однофазных в междуфазные. Это происходит потому, что при однофазном коротком замыкании в первой зоне защиты реле сопротивления второй зоны могут сработать и при последующем переходе однофазного короткого замыкания в междуфазное, несмотря на возврат реле блокировки при качаниях, цепь обмотки реле *15РВ* останется замкнутой, так как реле *11РП*, сработав, зашунтирует контакты реле блокировки при качаниях *12РП1*. Контакты *11РП* шунтируют контакты *12РП1* и в цепи первой зоны, вследствие чего при замыкании контактов реле сопротивления первой зоны произойдет отключение линии без выдержки времени.

в) Защита магистральных линий

Приведенная на рис. 1-21 схема цепей постоянного тока защиты ДЗ-401 для магистральных линий несколько отличается от рассмотренной выше. Это отличие обусловлено тем, что действие второй зоны защиты с дополнительной выдержкой времени предусмотрено с пуском хотя бы при кратковременном появлении несимметрии. Благодаря этому отличию исключается возможность ложного срабатывания защиты при нарушении статической устойчивости, что может иметь место в первый период нарушения синхронизма, когда весьма вероятно срабатывание защиты даже с большой, порядка нескольких секунд, выдержкой времени. На магистральных линиях вероятность возникновения такого режима и срабатывания при этом реле сопротивления значительно выше, чем на кольцевых. Вследствие этого потребовалось усложнить схему защиты и ввести в нее дополнительное реле времени *29РВ*.

Цепь пуска реле времени *14РВ*, обеспечивающего дополнительную выдержку времени второй зоны защиты, замыкается контактами реле *31РП*. Это реле, обмотка которого включена параллельно обмотке реле времени *13РВ* блокировки при качаниях, срабатывает при пуске блокировки и возвращается после ее возврата.

Реле времени *29РВ* (рис. 1-22) предотвращает ложное срабатывание защиты при нарушении статической устойчивости. Это реле действует при срабатывании реле *8РП* и самоудерживается через свой замыкающий контакт мгновенного действия. Реле *29РВ*, сработав при нарушении статической устойчивости от контактов *8РП*, своими размыкающими контактами выводит из действия обе зоны дистанционной защиты: мгновенным первую зону и проскальзывающим ($t_{ср} \approx 0{,}1$—$0{,}2$ *сек*) вторую. В качестве размыкающего контакта, выводящего из действия вторую зону защиты, использует-

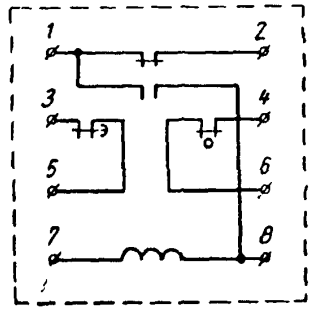


Рис. 1-22. Схема реле времени *29РВ* (вид спереди).

ся проскальзывающий контакт реле *29РВ*, для чего неподвижную часть этого контакта смещают за шкалу реле до совмещения с подвижной его частью.

Для того чтобы предотвратить срабатывание реле *29РВ* и вывод защиты из действия при коротких замыканиях, цепь обмотки *29РВ* размыкается контактом реле *12РП1* блокировки при качаниях.

Реле времени *29РВ* возвращается после того, как замкнется его упорный контакт. Для предотвращения ложного срабатывания защиты в процессе длительного асинхронного хода после возврата реле времени *29РВ* предусмотрен размыкающий контакт реле *8РП*, включенный последовательно с упорным контактом *29РВ*.

При асинхронном ходе реле сопротивления второй зоны будут срабатывать каждый период и подавать плюс на обмотку реле *8РП*. Это реле, имеющее замедление на отпадание порядка 0,5—0,7 *сек*, при этом не будет успевать отпадать. В результате цепь деблокировки *29РВ* будет оставаться разомкнутой, а защита — выведенной из действия. Возврат схемы в исходное положение и подготовка защиты к действию про-

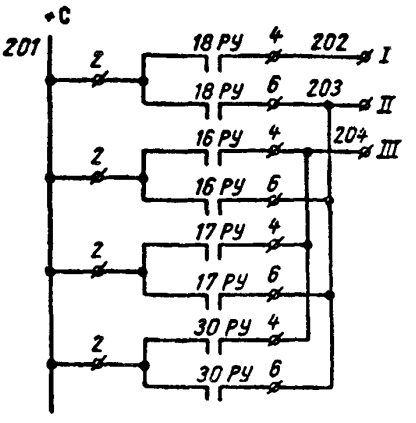


Рис. 1-23. Схема цепей сигнализации защит ДЗ-401 и ДЗ-402.
I — неисправность цепей напряжения; *II* — указатель не поднят; *III* — защита сработала.

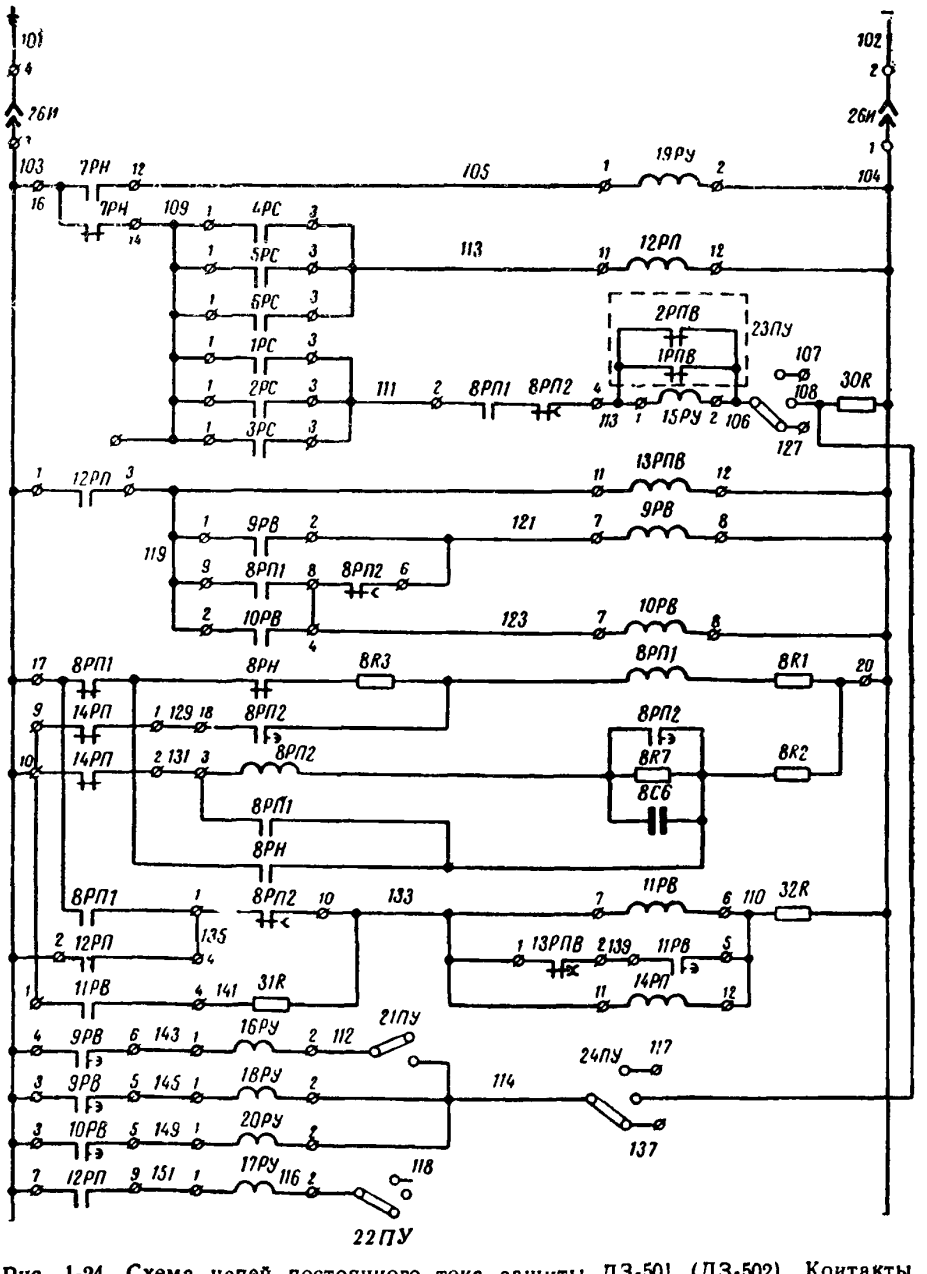


Рис. 1-24. Схема цепей постоянного тока защиты ДЗ-501 (ДЗ-502). Контакты реле показаны в соответствующих положениях, когда защита включена и готова к действию.

Рис. 1-25. Монтажная схема панелей защиты ДЗ-501 и ДЗ-502 (вид сзади).

изойдут после того, как прекратится асинхронный ход, реле сопротивления перестанут срабатывать и реле *8РП* вернется и замкнет свой размыкающий контакт. В остальном схема защиты магистральных линий, приведенная на рис. 1-21, аналогична схеме рис. 1-20.

Цепи сигнализации защит ДЗ-401 и ДЗ-402 показаны на рис. 1-23.

3. ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ ДЗ-500

Отличительной особенностью этой защиты (рис. 1-24) является то, что она имеет одну общую блокировку как при качаниях, так и при нарушении статической устойчивости, осуществляемую с помощью реле *8РН*, *8РП1*, *8РП2* и *11РВ*. В нормальном режиме реле *8РП1* подтянуто и его контакты держат разомкнутой цепь срабатывания первой зоны защиты и второй зоны защиты с основной (реле *9РВ*) и дополнительной (реле *10РВ*) выдержками времени.

При возникновении короткого замыкания срабатывает пусковое реле блокировки *8РН*, и реле *8РП1*, отпадая, вводит в действие обе зоны защиты. Одновременно контакт реле *8РП1* шунтирует обмотку реле *8РП2*, которое, отпадая с выдержкой времени порядка 0,3 *сек*, размыкает цепь первой зоны и второй зоны с основной выдержкой времени, выводя их из действия. Цепь реле *10РВ*, обеспечивающего дополнительную выдержку времени второй зоны, остается замкнутой, так как реле *8РП1* остается в обесточенном положении.

Блокировка защиты при нарушении устойчивости осуществляется с помощью реле *12РП*. При замыкании контактов реле сопротивления второй зоны сработает реле *12РП* и подаст плюс на обмотку реле времени блокировки *11РВ*. Последнее, сработав, удерживается через свой мгновенный замыкающий контакт. Одновременно сработает реле *14РП*, обмотка которого подключена параллельно обмотке *11РВ*. Размыкающий контакт *14РП* разорвет цепь обмотки реле *8РП2*, которое, отпадая с временем порядка 0,3 *сек*, выведет из действия первую зону и вторую зону защиты с основной выдержкой времени.

При отсутствии асинхронного режима (замкнут контакт реле *13РПВ*) возврат схемы блокировки осуществляется после замыкания упорного контакта реле времени *11РВ*.

В остальном схема рис. 1-24 аналогична рассмотренным выше.

На рис. 1-25 приведена монтажная схема защит ДЗ-501 и ДЗ-502.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ВЫБОР УСТАВОК РЕЛЕ

1. НАПРАВЛЕННЫЕ РЕЛЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Сопротивление срабатывания первой зоны принимается порядка 80—85% защищаемой линии:

$$z_{\text{Ic.з}} = 0{,}8 \div 0{,}85\, z_{\text{л}}. \qquad (2\text{-}1)$$

Для линий 400—500 *кв* при выборе уставки защиты следует учитывать емкостное сопротивление линии. В этом случае в формулу (2-1) необходимо подставить величину $z_{\text{л}}$, равную (рис. 2-1,*а*):

$$z_{\text{л}} = \frac{z'_{\text{л}}}{2} + \frac{\frac{z'_{\text{л}}}{2}(-x_{\text{c}})}{\frac{z'_{\text{л}}}{2} - x_{\text{c}}}, \qquad (2\text{-}2)$$

где $z'_{\text{л}}$ — сопротивление линии без учета емкостной проводимости, *ом*;

x_{c} — емкостное сопротивление линии, *ом*;

$$x_{\text{c}} = \frac{1}{y_1} L, \qquad (2\text{-}3)$$

L — длина линии, *км*;

y_1 — удельная емкостная проводимость линии прямой последовательности, *сим/км* (приложение 1).

Сопротивление срабатывания второй зоны выбирается, как правило, по условию согласования с первой зоной дистанционной защиты соседней линии по следующему приближенному выражению:

$$z_{\text{IIc.з}} = 0{,}85\,(z_{\text{л}} + 0{,}9\, k_{\text{р}} z'_{\text{Ic.з}}). \qquad (2\text{-}4)$$

Для более точного учета емкостной проводимости линий электропередачи (на ВЛ 400—500 *кв*) уставка срабатывания вто-

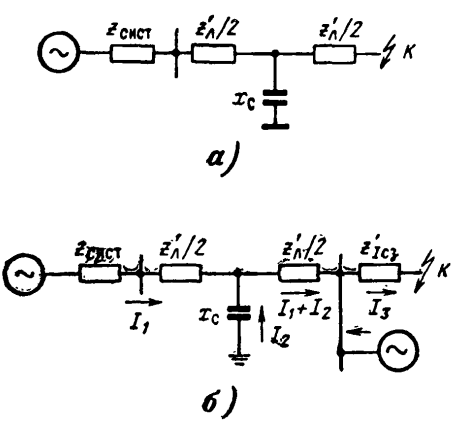


Рис. 2-1. Т-образные схемы замещения линий 400—500 *кв* для выбора уставок реле сопротивления.

***а* — первой зоны; *б* — второй зоны.**

рой зоны защиты должна выбираться по следующему выражению:

$$z_{\text{IIс.з}} = 0{,}85\left[\frac{z'_{\text{л}}}{2} + \right.$$

$$\left. + 0{,}9\left(k'_{\text{р}}\frac{z'_{\text{л}}}{2} + k''_{\text{р}} z'_{\text{Iс.з}}\right)\right], \quad (2\text{-}5)$$

где $k''_{\text{р}}$ — коэффициент токораспределения, равный отношению тока, проходящего через реле защиты, с которой производится согласование, к току в реле рассматриваемой защиты, $k''_{\text{р}} = \frac{I_{\text{з}}}{I_1}$ (рис. 2-1,*б*);

$k'_{\text{р}}$ — коэффициент токораспределения, равный:

$$k'_{\text{р}} = \frac{I_1 + I_2}{I_1}. \quad (2\text{-}6)$$

Для надежного охвата защищаемой линии должно соблюдаться следующее условие:

$$\frac{z_{\text{IIс.з}}}{z_{\text{л}}} \geqslant 1{,}3 \div 2, \quad (2\text{-}7)$$

$z_{\text{л}}$ определяется согласно (2-2).

Уставку второй зоны дистанционной защиты необходимо также проверить согласно выражению (2-8) по условию отстройки от аварийной нагрузки, которая может появиться на защищаемой линии:

$$z_{\text{IIс.з}} \leqslant \frac{U_{\text{мин}}}{\sqrt{3} I_{\text{нагр}} \cos(\varphi_{\text{м.ч}} - \varphi_{\text{н}})\, k_{\text{н}} k_{\text{в}}}, \quad (2\text{-}8)$$

где $k_{\text{н}}$ — коэффициент надежности, равный 1,1—1,2;

$k_{\text{в}}$ — коэффициент возврата, равный 1,05—1,1.

Для определения $z_{\text{IIс.з}}$ должен быть задан максимальный ток нагрузки при минимальном напряжении и заданном cos $\varphi_{\text{н}}$.

Если задана максимальная мощность $S_{\text{нагр}}$, то $z_{\text{IIс.з}}$ определяется согласно выражению

$$z_{\text{IIс.з}} \leqslant \frac{U^2_{\text{мин}}}{S_{\text{нагр}} \cos(\varphi_{\text{м.ч}} - \varphi_{\text{н}})\, k_{\text{н}} k_{\text{в}}}. \quad (2\text{-}9)$$

Если уставка реле сопротивления второй зоны, выбранная по выражению (2-5), не удовлетворяет условию (2-7), $z_{\text{IIс.з}}$ следует отстроить от второй зоны соседней линии. При этом должны быть соблюдены условия (2-7) и (2-8).

По известной величине $z_{\text{уст}}$ можно определить ток нагрузки $I_{\text{нагр}}$, допустимый по настройке защиты при минимальном напряжении и нагрузочном угле $\varphi_{\text{н}}$:

$$I_{\text{нагр}} = \frac{U_{\text{мин}}}{\sqrt{3} z_{\text{уст}} \cos(\varphi_{\text{м.ч}} - \varphi_{\text{н}})\, k_{\text{н}} k_{\text{в}}}, \quad (2\text{-}10)$$

где $k_{\text{н}}$ — коэффициент надежности, равный 1,1—1,2;

$k_{\text{в}}$ — коэффициент возврата, равный 1,05—1,1.

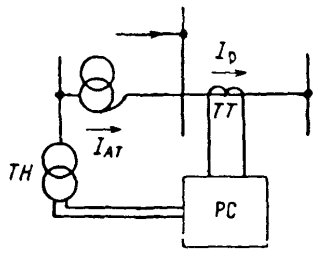


Рис. 2-2. Подключение к реле сопротивления цепей напряжения от трансформатора напряжения, установленного на стороне среднего напряжения.

Для реле, установленных на том конце линии, где находится источник активной мощности, вектор сопротивления нагрузки располагается в первом или втором квадранте (активная мощность направлена от шин в линию). Расчетным сопротивлением для определения допустимой нагрузки при этом будет вектор $z_{\varphi 1}$, расположенный под заданным углом $\varphi_{\text{н}1}$ относительно оси активных сопротивлений R (см. рис. 1-3).

Для реле, установленных на приемном конце линии, где активная мощность направлена к шинам, вектор нагрузки располагается в третьем или четвертом квадрантах (см. рис. 1-3). Расчетное сопротивление для оценки допустимой нагрузки определяется в этом случае вектором $z_{\varphi 2}$, расположенным под заданным углом $\varphi_{\text{н}2}$ относительно оси R.

В некоторых случаях питание цепей напряжения реле сопротивления осуществляется от трансформаторов напряжения, установленных на стороне среднего напряжения автотрансформатора (рис. 2-2). При этом уставка реле сопротивления первой зоны определяется согласно следующему выражению:

$$z_{\text{Iс.з}} = 0{,}8 - 0{,}85(\alpha x_{\text{АТ}} + z_{\text{л}}), \quad (2\text{-}11)$$

где $x_{\text{АТ}}$ — сопротивление между сторонами высшего и среднего напряжения автотрансформатора, приведенное к стороне высшего напряжения;

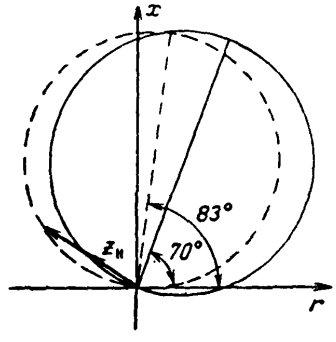


Рис. 2-3. Характеристика направленного реле сопротивления при углах максимальной чувствительности $\varphi_{\text{м.ч1}} = 83°$ и $\varphi_{\text{м.ч2}} = 70°$.

α — отношение токов, проходящих через реле и автотрансформатор,

$$\alpha = \frac{I_{\text{Ат}}}{I_{\text{р}}}. \qquad (2\text{-}12)$$

Аналогично выбирается и уставка срабатывания реле сопротивления второй зоны.

Для оценки точности работы реле сопротивления первой и второй зон необходимо проверить ток точной работы по току двухфазного короткого замыкания в конце защищаемой зоны. Должно быть соблюдено условие

$$\frac{I_{\text{к.з}}}{I_{\text{точ}}} \geqslant 2{,}5. \qquad (2\text{-}13)$$

Величина тока точной работы для принятой уставки в цепях тока $I_{\text{точ.н}}$ определяется по данным, приведенным в первой главе. Минимальной уставке при подаче полного напряжения на реле соответствует наибольшее значение тока. При изменении уставки путем переключения отпаек в цепях напряжения или тока ток точной работы определяется по кривым, приведенным на рис. 1-4. Как следует из этих кривых, одна и та же уставка срабатывания на реле сопротивления может быть получена при разных положениях регулировочного винта в цепях обмоток трансреактора T_x.

Первоначально следует принимать минимальное число витков на первичной обмотке

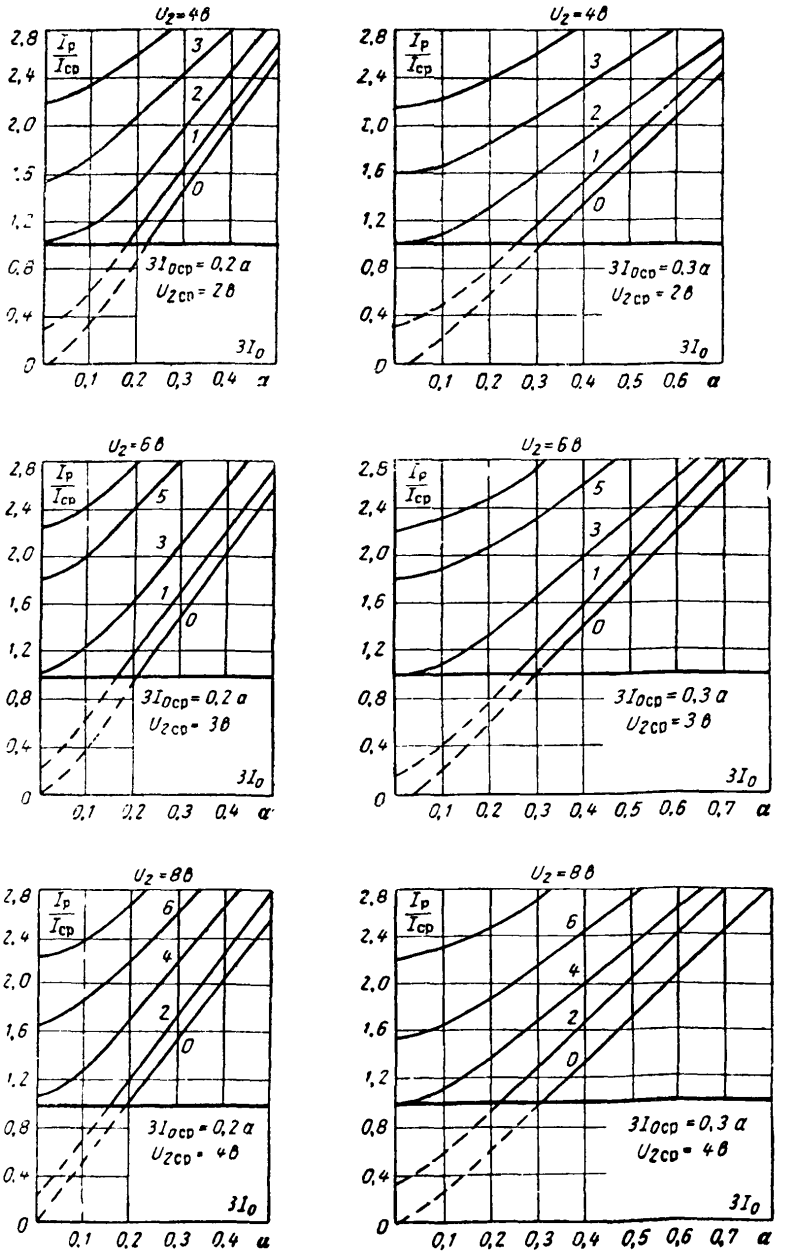
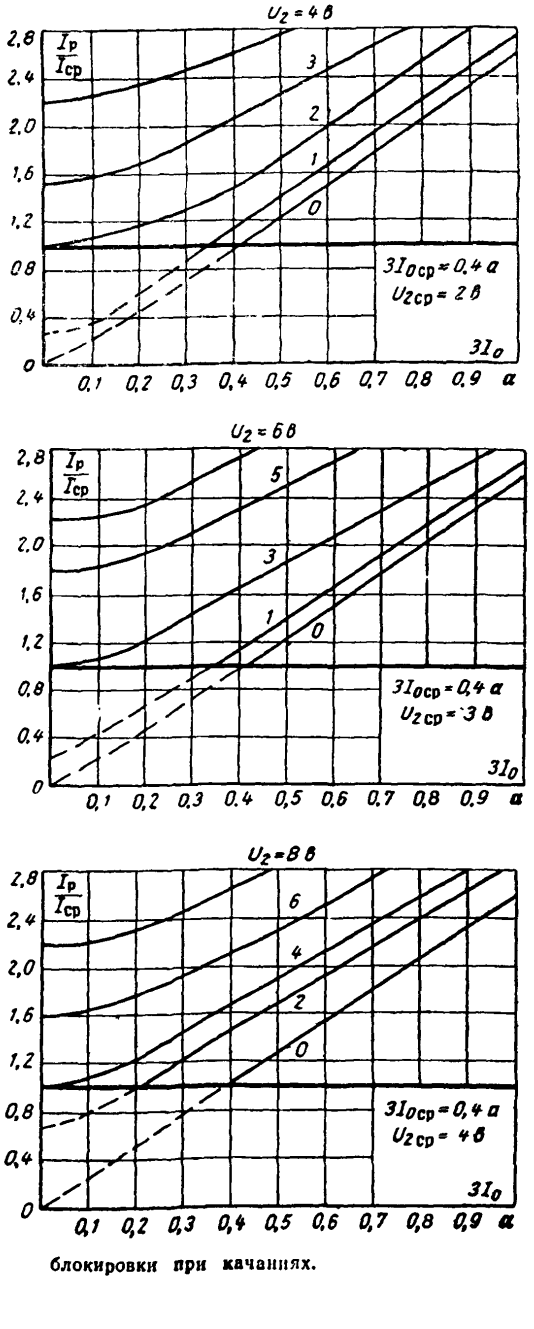


Рис. 2-4. Кривые для определения чувствительности пускового органа

трансреактора, при котором обеспечивается заданная уставка срабатывания. При этом нагрузка на трансформаторы тока будет иметь наименьшую возможную величину. Если ток точной работы, определяемый по соответствующей кривой (см. рис. 1-4), при выбранной уставке реле сопротивления не удовлетворяет условию (2-13), необходимо взять большее число витков первичной обмотки трансреактора и вновь проверить это условие.

Угол максимальной чувствительности реле сопротивления, как правило, принимается равным 83°. В защите, установленной на приемном конце линии, для реле сопротивления второй зоны ДЗ-401, у которого предусмотрена возможность изменения угла максимальной чувствительности, для лучшей отстройки от тока нагрузки могут приниматься меньшие значения этого угла (рис. 2-3).



блокировки при качаниях.

2. ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ ЗАЩИТЫ

Первая зона дистанционной защиты работает без выдержки времени. Основная выдержка времени второй зоны дистанционной защиты принимается порядка 0,4—1,5 *сек* по условию согласования с защитами соседних участков. Ступень селективности принимается 0,3—0,5 *сек*.

Дополнительная выдержка времени второй зоны дистанционной защиты обычно принимается порядка 2,5—4 *сек* для того, чтобы предотвратить ложное срабатывание защиты при нарушении статической устойчивости. Выдержка времени действия второй зоны дистанционной защиты с ускорением принимается равной 0,35—0,5 *сек*.

3. РЕЛЕ БЛОКИРОВКИ ПРИ КАЧАНИЯХ

Напряжение срабатывания обратной последовательности пускового реле блокировки при качаниях принимается равным 2—4 *в* по условию отстройки от напряжения небаланса на выходе фильтра напряжения обратной последовательности.

Чувствительность пускового реле блокировки при качаниях проверяется при двухфазном коротком замыкании в конце второй зоны дистанционной защиты:

$$k_ч = \frac{U_2}{U_{2с.з}}, \qquad (2\text{-}14)$$

где U_2 — фазное напряжение обратной последовательности на шинах, где установлена рассматриваемая защита;

$U_{2с.з}$ — уставка срабатывания пускового реле напряжения обратной последовательности.

Коэффициент чувствительности, определенный согласно (2-14), должен быть больше двух. Расчетным для проверки коэффициента чувствительности является максимальный режим, когда включены все источники питания.

В большинстве случаев пусковой орган блокировки при качаниях имеет достаточно высокую чувствительность без подключения токовой компенсации.

Если чувствительность пускового реле, определенная по (2-14), при двухфазном коротком замыкании на землю в конце защищаемой зоны окажется недостаточной, для ее повышения можно использовать подпитку от тока нулевой последовательности. Ток срабатывания пускового органа по току нулевой последовательности можно определять на основании следующего выражения:

$$I_{с.з} = \frac{k_н}{k_в} I_{нб} = \frac{k_н}{k_в} \frac{(0{,}05 - 0{,}1) I_{макс}}{n_{ТТ}}, \qquad (2\text{-}15)$$

где $k_н$ — коэффициент надежности, равный 1,1—1,2;

$k_в$ — коэффициент возврата пускового реле, равный 0,7—0,75;

$I_{макс}$ — максимальный первичный ток, проходящий через трансформаторы тока защиты при качаниях или при асинхронном ходе. Этот ток можно определить по следующему выражению:

$$I_{макс} = \frac{\dot{E}_1 + \dot{E}_2}{z_{сум}},$$

где $\dot{E}_1$ и $\dot{E}_2$ — э. д. с. по концам электропередачи;

$z_{сум}$ — суммарное сопротивление электропередачи.

Чувствительность пускового органа при наличии подпитки от тока нулевой последовательности может быть определена по кривым, приведенным на рис. 2-4, для случая двухфазного короткого замыкания на землю в конце защищаемой зоны. На рис. 2-4 построены кривые зависимости кратности тока в обмотке пускового реле к току его срабатывания в зависимости от величины напряжения обратной и тока нулевой последовательности. Семейства кривых построены для разных уставок по $3I_0$ и U_2, указанных на графиках. Цифры у кривых обозначают величину напряжения U_2. Замедление на вывод защиты из действия, определяемое временем возврата якоря реле *12РП2* (см. рис. 1-20, 1-21) и *8РП2* (см. рис. 1-24) принимается порядка 0,25—0,3 *сек*.

Уставка реле времени *13РВ* блокировки при качаниях (см. рис. 1-20 и 1-21), осуществляющих возврат схемы в исходное положение, должна превышать выдержку времени резервных защит в сети примерно на 4—5 *сек*. Для реле времени *29РВ* (см. рис. 1-21), а также для реле времени *11РВ* (см. рис. 1-24) принимается выдержка времени порядка 8—9 *сек*.

Для проскальзывающего контакта реле времени *29РВ* (см. рис. 1-21) принимается минимальная возможная выдержка времени порядка 0,1 *сек*. Промежуточное реле *8РП* (см. рис. 1-21) и *13РПВ* (см. рис. 1-24) должны иметь замедление на срабатывание порядка 0,1—0,15 *сек* и на возврат порядка 0,5—0,7 *сек*.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

Защита смонтирована на стандартной стальной панели завода «Электропульт». Габаритные размеры панели ДЗ-400 и расположение аппаратуры на ней показаны на рис. 3-1, а ДЗ-500 — на рис. 3-2. Вся основная аппаратура смонтирована в пылезащитных кожухах и располагается с лицевой стороны панели.

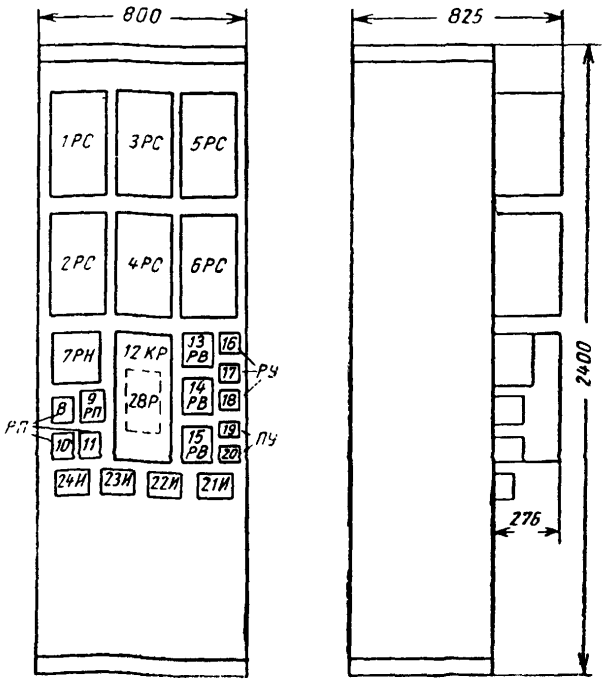


Рис. 3-1. Панель ДЗ-400 в заводском исполнении.

Основные элементы схемы имеют маркировку с лицевой стороны панели. На задней стороне панели у аппаратов, выводов аппаратов, на сборке зажимов и проводах имеется маркировка.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

а) Номинальные данные защиты: постоянный ток — 220 *в*; переменный ток — 1 *а*, 100 *в*, 50 *гц*.

б) Потребляемая мощность защиты цепей переменного тока при токе в фазе 1 *а* — не более 35 *ва* на фазу; цепей переменного напряжения, подключенных к обмоткам трансформатора напряжения, соединенным в «звезду», при симметричном линейном напряжении 100 *в* — не более 95 *ва* на фазу; цепей переменного напряжения, подключенных к обмоткам трансформатора напряжения, соединенным в «разомкнутый треугольник» — не более 10 *ва* на фазу; цепей постоянного тока — не более 10 *вт* в нормальном режиме, не более 140 *вт* при срабатывании защиты.

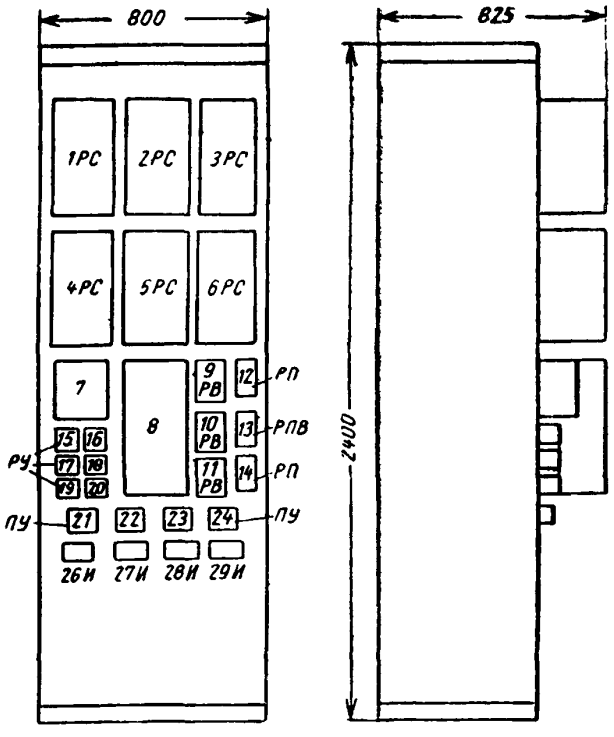


Рис. 3-2. Панель ДЗ-500.

в) Допустимое напряжение и термическая устойчивость. Все реле и аппаратура длительно выдерживают в нормальном режиме 110% номинальных величин переменного и постоянного тока и напряжения. При длительной работе линии двумя фазами обеспечивается термическая устойчивость всех элементов защиты при фазном напряжении обратной последовательности $U_2=40$ *в*, при фазном токе обратной последовательности $I_2=0{,}4$ *а* и при токе нулевой последовательности $3I_0=1$ *а*.

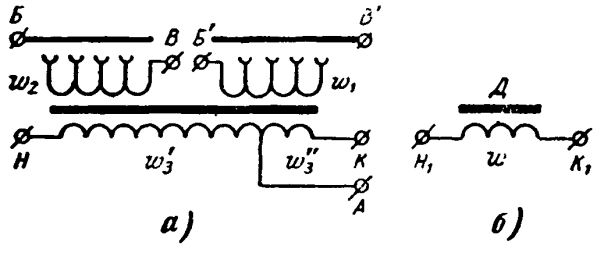
г) Сопротивление изоляции всех несвязанных цепей переменного и постоянного тока относительно корпуса и между собой не менее 5 *Мом* при температуре от —5 до +35° С и при относительной влажности не более 80%.

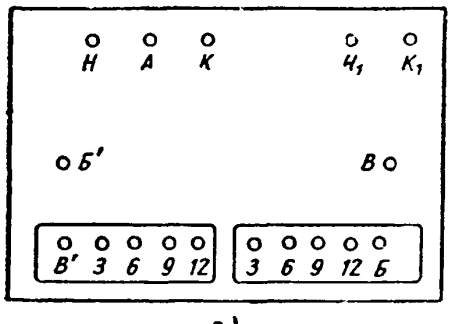
Изоляция всех цепей панели по отношению к корпусу панели выдерживает испытательное напряжение 1 750 *в*, 50 *гц* в течение 1 *мин*.

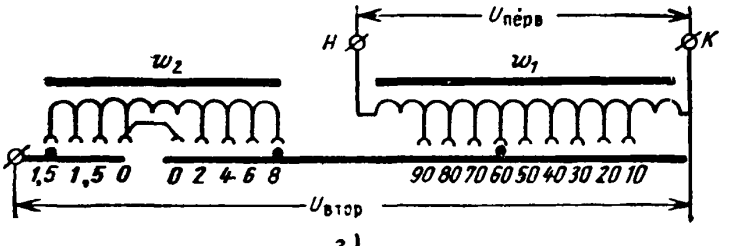
Изоляция между разными катушками одной и той же обмотки трансформаторов и реле панелей в течение 1 *мин* выдерживает испытательное напряжение переменного тока 500 *в*, 50 *гц*. Последнее не распространяется на поляризованные реле, установленные на панели.

д) Реле сопротивления первой зоны: угол максимальной чувствительности 83±4°; уставка сопротивления срабатывания регулируется в пределах 3—120 *ом/фаза*. Уставки, регулируемые в цепях тока: 3±0,3; 6±0,6; 9±0,9; 12±±1,2 *ом/фаза*. Регулировка уставок в цепях напряжения позволяет на каждой отпайке тока всех цепей обеспечить увеличение уставки в 10 раз ступенями через 5% наибольшей величины. Схемы цепей трансреактора T_x и автотрансформатора T_u и их колодок с зажимами для переключения отпаек показаны на рис. 3-3.

При двухфазных коротких замыканиях обеспечивается 10%-ная точность работы







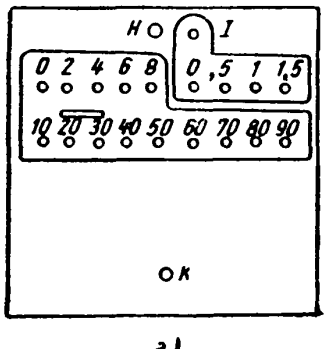


Рис. 3-3. Элементы реле сопротивления первой зоны защиты ДЗ-401 (ДЗ-501).

а — цепи трансреактора T_x; *б* — дроссель; *в* — колодка зажимов трансреактора T_x; *г* — цепи автотрансформатора T_u; *д* — колодка зажимов автотрансформатора T_u.

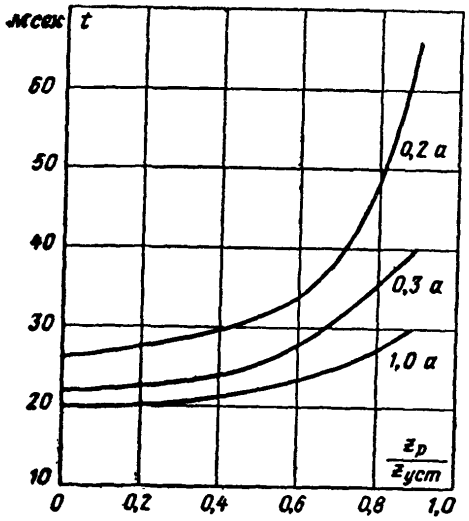


Рис. 3-4. Зависимость времени срабатывания реле сопротивления от кратности сопротивления на его зажимах при токах в реле 0,2 *а*; 0,3 *а*; 1 *а*.

реле сопротивления при изменении фазных токов в следующих пределах:

Уставка в цепях тока, *ом/фаза*	Ток, *а*
3	0,75 — 16
6	0,38 — 8
9	0,25 — 5,3
12	0,19 — 4

Время действия реле сопротивления при сопротивлении на зажимах реле 0—0,6 $z_{уст}$ при токе в 2,5 раза больше гарантируемого тока точной работы не более 0,035 *сек*.

е) Реле сопротивления второй зоны ДЗ-401 (ДЗ-501): углы максимальной чувствительности 83±4°; 73±4°; 63±4°.

Уставка срабатывания реле регулируется только в цепях напряжения в пределах от 40 до 150 *ом/фаза* при $\varphi_{м.ч}$ со ступенями не более 5% наибольшей величины уставки.

Характеристика реле сопротивления смещена в III квадрант на величину не более 15% минимального сопротивления срабатывания. Время срабатывания не более 0,04 *сек* при сопротивлении на зажимах реле в пределах (0—0,6) $z_{уст}$ и при токе в 2,5 раза больше гарантируемого тока точной работы. Зависимость времени срабатывания реле сопротивления от сопротивления на его зажимах приведена на рис. 3-4.

При двухфазных коротких замыканиях обеспечивается 10%-ная точность работы реле при изменении фазных токов в следующих пределах:

Уставка в цепях тока, *ом/фаза*	Ток, *а*
3	0,75 — 16
6	0,38 — 8
9	0,25 — 5,3

ж) Реле сопротивления второй зоны защиты ДЗ-402 (ДЗ-502): угол максимальной чувствительности 83±4°; уставка сопротивления срабатывания регулируется в пределах 3—90 *ом/фаза* в цепях тока и напряжения. Уставки, регулируемые в цепях тока: 3±0,3; 6±0,6; 9±0,9 *ом/фаза*.

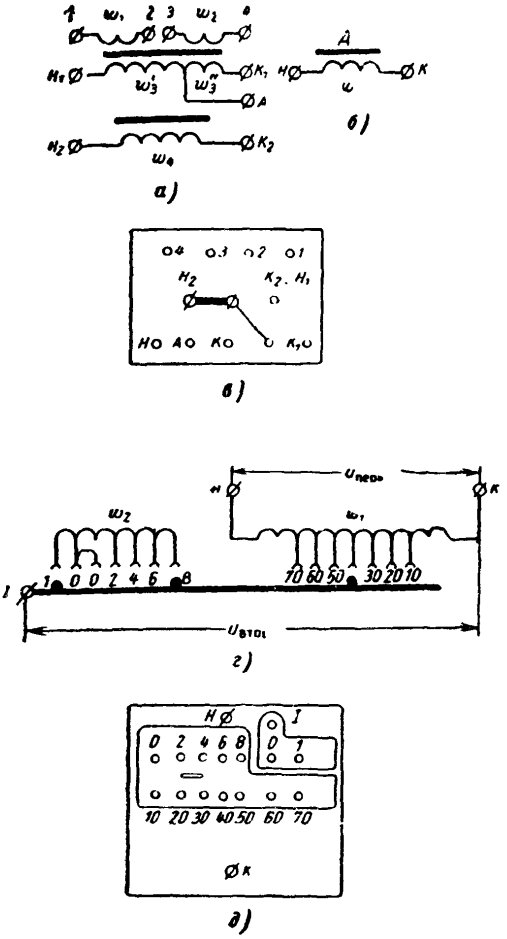


Рис. 3-5. Элементы реле сопротивления второй зоны защиты ДЗ-401.
а — цепи трансреактора T_x; *б* — дроссель; *в* — колодка зажимов трансреактора T_x; *г* — цепи автотрансформатора T_u; *д* — колодка зажимов автотрансформатора T_u.

Характеристика реле смещена в III квадрант на величину не более 10% минимального сопротивления срабатывания, регулируемого в цепях тока. Возможно получение характеристики без смещения. Время срабатывания не более 0,04 *сек* при сопротивлении (0—0,6) $z_{уст}$ и при фазном токе, в 2,5 раза большем тока точной работы. При двухфазных коротких замыканиях обеспечивается 10%-ная точность работы реле при уставках, регулируемых в цепях тока.

Уставка в цепях тока, *ом/фаза*	Ток, *а*
3	0,75 — 16
6	0,38 — 8
9	0,25 — 5,3

Элементы реле сопротивления второй зоны защиты ДЗ-401 приведены на рис. 3-5.

з) Блокировка при качаниях. Ступенчатая регулировка уставки пускового реле по току нулевой последовательности:

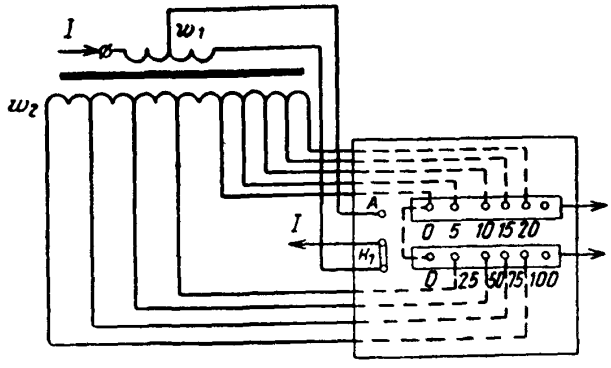


Рис. 3-6. Схема обмотки трансреактора компенсации.

0,2±0,03 *а;* 0,3±0,045 *а;* 0,4±0,06 *а* и по напряжению обратной последовательности (фазному): 2±0,2 *в*; 4±0,4 *в;* 6±0,6 *в*. Наибольшая величина сопротивления компенсации с помощью трансреактора *ТК* 24±1 *ом*. Изменение уставки компенсации производится ступенями через 1 *ом* (рис. 3-6).

У промежуточного реле *12РП2* с замедлением на возврат уставка регулируется в пределах 0,1—0,3 *сек*. У реле времени *13РВ* уставка может регулироваться в пределах 0,5—9 *сек*. Допускается длительное исчезновение одной или двух фаз цепей напряжения.

и) Блокировка при нарушении цепей напряжения. Время срабатывания реле не превышает 0,01 *сек*.

к) Действие защиты при коротких замыканиях в «мертвой» зоне. Защита надежно срабатывает при трехфазных симметричных коротких замыканиях на защищаемой линии вблизи шин, на которых она установлена при условии, что ток короткого замыкания превышает гарантируемые токи точной работы реле сопротивления первой ступени не менее чем в 2,5 раза.

л) Реле *9РП* (см. рис. 1-20) имеет сопротивление не более 30 *ом* и ток срабатывания не больше 0,011 *а*.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

НАЛАДКА И ПРОВЕРКА ЗАЩИТЫ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Наладка защиты должна производиться после монтажа и установки панели, монтажа и проверки всех кабелей вторичной коммутации, расчета уставок срабатывания всех реле защиты, проведения необходимой реконструкции защиты в соответствии с заданной схемой.

При работе на проверяемой панели должны соблюдаться необходимые меры предосторожности против ложного отключения силового оборудования, находящегося в эксплуатации. Для этого панели защит, соседние с проверяемой, следует ограждать щитами или завешивать специальными шторами как с передней, так и с задней стороны. На шторах и щитах рекомендуется нанести надписи «под напряжением». На проверяемой панели должен быть вывешен плакат «Работать здесь». Перед началом проверки защиты на сборке зажимов должны быть отключены все цепи, связывающие панель проверяемой защиты с другими панелями и аппаратами. Если токовые цепи дистанционной защиты вместе с цепями других защит (например, защиты от замыканий на землю) подключены к одним и тем же обмоткам трансформаторов тока, то на все время работы на сборке зажимов панели дистанционной защиты в токовых цепях должны быть установлены обходные перемычки.

На время переключений в токовых цепях все остальные, подключенные к ним и оставшиеся в работе устройства релейной защиты и автоматики должны быть отключены. Перед обратным включением этих устройств в работу следует проверить их током нагрузки.

В объем полной плановой проверки защиты входят:

а) внешний осмотр и проверка механической части аппаратуры и монтажа панели в соответствии с § 1—4;

б) проверка изоляции панели в соответствии с § 5;

в) проверка электрических характеристик в соответствии с § 11, 16, 17, 20, 22, 28, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39;

г) проверка взаимодействия всех элементов защиты в соответствии с принципиальной схемой как на панели дистанционной защиты, так и связей с другими устройствами согласно § 32, 33, 41;

д) проверка защиты током нагрузки и рабочим напряжением в соответствии с § 43—46.

Наладка нового комплекта дистанционной защиты должна производиться в полном объеме данной инструкции.

2. ВНЕШНИЙ ОСМОТР И ПРОВЕРКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РЕЛЕ, СОСТОЯНИЯ МОНТАЖА И ИЗОЛЯЦИИ

§ 1. Производится внешний осмотр панели с лицевой и обратной стороны. При этом особое внимание следует обратить на:

а) состояние уплотнений реле и отсутствие в них пыли и грязи;

б) надежность контактных соединений;

в) крепление проводников и токоподводов;

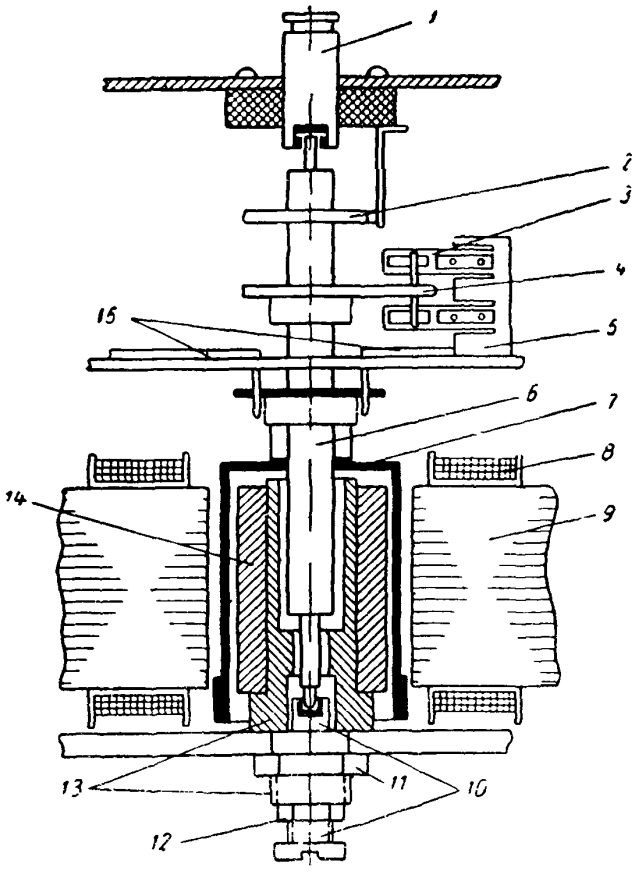


Рис. 4-1. Схематический разрез измерительного органа реле сопротивления.

1 — верхний подпятник; *2* — возвратная пружина; *3* — неподвижный контакт; *4* — подвижный контакт; *5* — контактная колодка; *6* — ось подвижной системы; *7* — барабанчик; *8* — обмотка реле; *9* — полюс магнитопровода; *10* — нижний подпятник; *11* — контргайка стального сердечника; *12* — контргайка нижнего подпятника; *13* — гильза-каркас стального сердечника; *14* — стальной сердечник; *15* — упоры подвижной системы.

г) крепление шпилек заднего присоединения в гнездах реле. Если винт и шпилька в гнезде реле упираются друг в друга, то, как правило, в месте крепления проводника винтом внутри реле имеется плохой контакт, который может вызвать неправильное действие защиты;

д) качество разделки контрольных кабелей;

е) наличие и правильность маркировки проводов и жил кабелей на сборке зажимов, монтажных проводов на колках реле и аппаратов, всех реле и аппаратов с лицевой и обратной стороны панели, правильность надписей на панели;

ж) состояние испытательных блоков и положение контактных перемычек внутри этих испытательных блоков. Неправильное положение контактных перемычек может вызвать короткое замыкание в цепях трансформатора напряжения или же повреждение трансформаторов тока из-за размыкания их вторичных цепей.

§ 2. Производится осмотр всех реле со снятием кожухов. Не следует одновременно снимать кожухи с нескольких реле во избежание их загрязнения или случайного повреждения. Кожухи должны быть размечены и надеваться только на свои реле.

При осмотре реле необходимо обращать внимание на крепление отдельных деталей внутри реле и комплектов аппаратов; качество паек; затяжку контактных винтов и гаек, состояние шлицев на головках винтов и граней гаек; состояние переключателей уставок реле, наличие на штекерах переключателей пружинящих шайб и пр.

§ 3. Проверка и регулировка поляризованных реле в комплектах блокировок при качаниях и при нарушении цепей напряжения производится в соответствии с указаниями по наладке и эксплуатации релейной части защит типа *ДФЗ-401* и *ДФЗ-402*. Перед установкой поляризованного реле в его колодке необходимо измерить мегомметром на 500 *в* сопротивление изоляции якоря реле относительно магнитопровода. Этой проверкой выявляется отсутствие металлических опилок в зазоре между постоянным магнитом и подвижным якорем реле. После окончательной настройки поляризованного реле необходимо щупом измерить расстояние между контактами поляризованного реле, которое должно быть порядка 0,4 *мм*. Если при зазоре 0,4 *мм* не удается получить необходимые электрические характеристики реле, допускается уменьшение зазора до 0,3 *мм*, за исключением реле *12РН*.

§ 4. Внешний осмотр и механическая регулировка реле сопротивления производятся в следующем объеме:

а) Проверяют состояние концов оси подвижной системы и подпятников. Подпятники вынимают из своих гнезд и тщательно осматривают в лупу с 8—10-кратным увеличением.

Вынимать подпятники следует по одному: сначала верхний, а затем нижний. Верхний подпятник вынимают после ослабления крепящего его винта, а нижний вывинчивают после ослабления контргайки *12* (рис. 4-1). На камнях подпятников не должно быть трещин, царапин и других дефектов. Концы осей должны иметь тщательно отполированную поверхность без заусенцев, царапин и других дефектов.

Состояние камней подпятников можно проверить с помощью остро заточенной иглы. Проводя острием иглы по поверхности камня в разных направлениях (легко касаясь поверхности камня иглой), можно обнаружить мельчайшие царапины и трещины.

б) Подпятники устанавливают в свои гнезда в следующем порядке (рис. 4-1): сначала устанавливают нижний подпятник и завинчивают его до начала подъема всей подвижной системы, после этого нижний подпятник завинчивают еще на 1—1,5 *мм*. Для того чтобы алюминиевый барабанчик *7* поднялся над стальным сердечником *14* на 1—1,5 *мм*, верхний подпятник устанавливают в свое гнездо так, чтобы вдоль оси подвижной системы был обеспечен люфт 0,2—0,3 *мм*. После проверки люфта нижний подпятник надежно закрепляют контргайкой *12*.

в) Проверяют отсутствие затираний подвижной системы, для чего ослабляют возвратную пружину *2* до такого состояния, когда она не создает момента на оси подвижной системы. Снимают контактную плату, поворотом рычага крепления возвратной пружины подвижную систему устанавли-

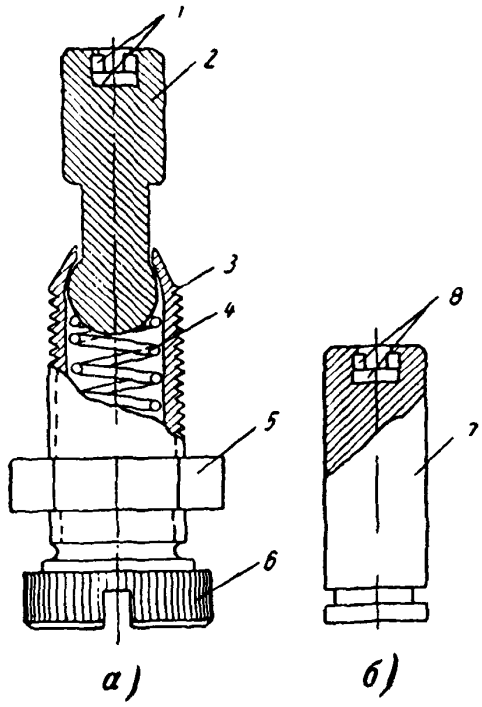


Рис. 4-2. Конструкция подпятников реле сопротивления.

а — нижний подпятник; *б* — верхний подпятник; *1* — камень нижнего подпятника; *2* — самоустанавливающийся подпятник; *3* — корпус подпятника; *4* — пружина; *5* — контргайка; *6* — головка нижнего подпятника; *7* — корпус верхнего подпятника; *8* — камень верхнего подпятника.

вают в среднее положение. При отклонении подвижной системы рукой на 90° в ту и другую сторону она должна вернуться в среднее положение, совершив предварительно 10—12 свободных колебаний с затухающей амплитудой, что указывает на отсутствие затираний в зазорах между подвижной системой и полюсами магнитопровода, а также в подпятниках реле (рис. 4-2). После такой проверки в обмотки реле подается питание (номинальный ток и номинальное напряжение поочередно) и производится повторная проверка отсутствия затираний в подвижной системе. Причиной затираний обычно является некачественная сборка реле, когда зазоры между барабанчиком подвижной системы и полюсами магнитопровода неодинаковы, т. е. барабанчик смещен в сторону одного либо двух полюсов.

г) По окончании проверки отсутствия затираний устанавливают контактную плату. Мегомметром на 500 *в* измеряют сопротивление изоляции между барабанчиком и магнитопроводом реле. Эта проверка позволяет определить отсутствие металлических опилок в зазорах подвижной системы и достаточность величины зазоров между подвижной системой и магнитопроводом (полюсами и внутренним стальным сердечником).

д) Проверяют состояние спиральной токоведущей пружины. Расстояние между всеми витками пружины должно быть одинаковым. Если это расстояние неодинаково, пружину выправляют двумя пинцетами. Следует обратить внимание на надежность пайки пружины

е) Проверяют крепление подвижного контакта на оси подвижной системы; плохое закрепление может вызвать проворачивание этого контакта на оси и отказ замыкания контактов реле.

ж) Осматривают и зачищают воронилом, деревянной палочкой или плотным электрокартоном подвижный и неподвижный контакты. Плоскость неподвижных контактов должна быть ровная, без вмятин, которые обычно создаются при приваривании серебряных пластин к контактным пружинам.

Для ликвидации вмятин неподвижные контакты рекомендуется снять с контактной колодки, зачистить, а затем отшлифовать в специальном приспособлении (рис. 4-3). Это приспособление состоит из металлической пластинки и доски, сделанной из несмолистого дерева (дуб, береза, бук и пр.).

Снятый с реле контакт вкладывают в прорезь металлической пластинки и вместе с ней устанавливают на доске и укрепляют на ней шурупами. После этого обрабатывают плоскости контакта палочкой (рис. 4-4). На таком же приспособлении можно зачищать контакты токовых реле.

з) Проверяют симметричность расположения пружин неподвижных контактов в пазах пластмассовой колодки. Между краями пружин и пластин неподвижных контактов и краями паза в пластмассовой колодке должны быть равномерные зазоры, исключающие задевание контактных пластин и их пружин за пластмассу.

и) Производят регулировку взаимного расположения неподвижных и подвижных контактов, для чего необходимо предварительно отрегулировать взаимное расположение неподвижных контактов. Верхняя более мягкая контактная пластина должна быть выдвинута в сторону подвижного контакта

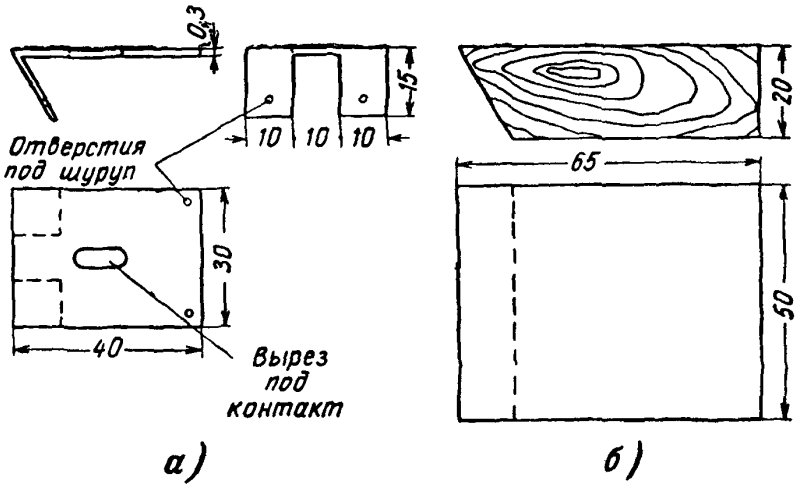


Рис. 4-3. Приспособление для полировки рабочих поверхностей контактов.

а — металлическая пластинка; *б* — доска из несмолистого дерева.

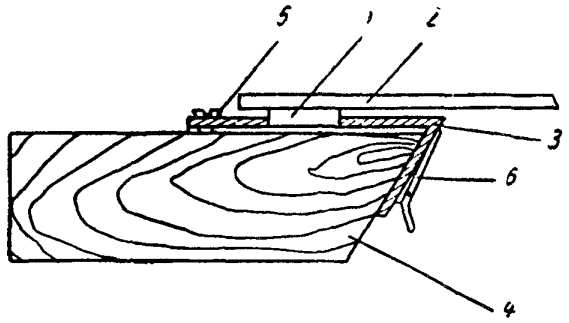


Рис. 4-4. Приспособление для полировки контактов.

1 — контакт; *2* — надфиль, воронило; *3* — металлическая пластина; *4* — доска из несмолистого дерева; *5* — шуруп; *6* — контактная пластина.

на 0,3—0,4 *мм* относительно нижней более жесткой контактной пластины. Амортизационные пружины задних ограничительных пластин должны составлять с этими пластинами углы 100—110° у нижней пластины и 120—130° у верхней пластины (рис. 4-5).

Хвостовик нижней контактной пластины должен слегка прикасаться к амортизационной пружине ограничительной пластины. При нажатии на подвижный контакт до упора этот хвостовик должен обеспечивать достаточное трение по амортизационной пружине. Передняя амортизационная пластина нижнего контакта не должна касаться контактной пластины. Расстояние между ними должно быть 0,2—0,4 *мм*. Передняя амортизационная пластина верхнего контакта должна слегка касаться контактной пластины, а расстояние между хвостовиком верхней контактной пластины и амортизационной пружиной задней ограничительной пластины должно составлять 0,2—0,3 *мм*. Угол встречи подвижного и неподвижного контактов должен быть 25—30°. Расстояние между верхним неподвижным контактом и подвижным контактом нормально должно быть в пределах 1—1,2 *мм*.

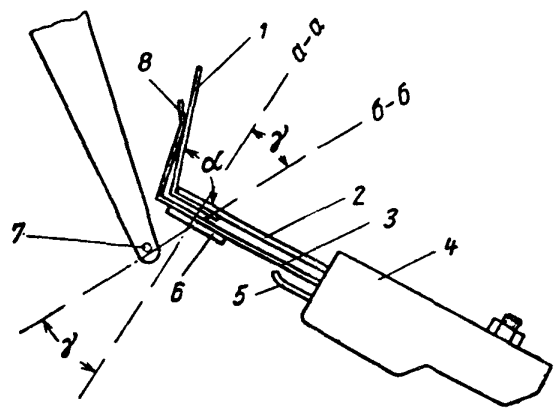


Рис. 4-5. Схема регулировки контактов дистанционного реле.

а—а — перпендикуляр к плоскости неподвижного контакта; *б—б* — касательная к окружности движения подвижного контакта; γ — угол встречи подвижного и неподвижного контакта; α — угол регулировки амортизационных пластин (100—110° для нижнего контакта и 120—130° для верхнего контакта).

1 — амортизационная пружина; *2* — задняя ограничительная пластина; *3* — контактная пластина; *4* — контактная колодка; *5* — передняя антивибрационная пластина; *6* — неподвижный контакт; *7* — подвижный контакт; *8* — хвостовик контактной пластины.

Нижняя контактная пластина при совместном ходе подвижного и неподвижного контактов должна прогибаться на 0,5—0,7 *мм*. При большом совместном ходе контактов создаются условия для отбрасывания подвижной системы и, следовательно, для кратковременного размыкания контактов при снижении напряжения со 100 *в* до нуля.

При большем расстоянии между подвижными и неподвижными контактами значительно увеличивается время срабатывания реле, а вместе с ним и всей защиты в целом, что недопустимо, особенно для первой зоны.

По окончании регулировки контактной системы необходимо проверить, чтобы при медленном нажатии подвижного контакта на неподвижные и обратном ходе подвижного контакта хвостовики верхней и нижней контактной пластин скользили по амортизационным пружинам плавно, без затираний.

3. ПРОВЕРКА ИЗОЛЯЦИИ

§ 5. Проверку изоляции панели производят в следующем объеме:

а) мегомметром на 2 500 *в* проверяют сопротивление изоляции относительно заземляющего контура (панели); цепей напряжения, подключенных к обмоткам трансформаторов напряжения, соединенных в «звезду» и «разомкнутый треугольник»; токовых цепей; цепей постоянного тока; цепей сигнализации; вторичных обмоток трансформаторов *12СтТ* и *12ТН*; вторичной обмотки трансформатора *7ТБ*;

б) мегомметром на 1 000—2 500 *в* проверяют сопротивления изоляции между всеми перечисленными в пункте «а» цепями.

§ 6. Электрически соединяют все перечисленные в § 5, п. «а» цепи и испытывают прочность изоляции в целом относительно контура заземления с питанием от источника практически синусоидального переменного напряжения 1 000 *в* частотой 50 *гц* в течение 1 *мин*.

Сначала напряжение плавно поднимают до 500 *в* и некоторое время держат на этом уровне. При этом проверяют ток утечки через изоляцию и производят осмотр находящейся под напряжением схемы испытуемой панели. При отсутствии толчков тока утечки, разрядов, пробоев и искр напряжение поднимают до 1 000 *в* и еще раз проверяют ток утечки, отсутствие разрядов, пробоев и искр. Напряжение 1 000 *в* выдерживают в течение 1 *мин* и затем плавно снижают до нуля.

Если во время испытания изоляция была повреждена (где-либо произошел пробой или появились разряды), то после выявления и ремонта поврежденного участка повторяют испытания напряжением 1 000 *в*.

После испытания прочности изоляции напряжением 1 000 *в* еще раз измеряют сопротивление изоляции мегомметром 1 000—2 500 *в*. Изоляция панели считается выдержавшей испытание, если ее сопротивление, измеренное до и после испытания напряжением 1 000 *в*, будет одинаковым.

4. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

А. Общие положения

§ 7. При проверке электрических характеристик защиты питание, как правило, следует подавать на зажимы испытательных блоков, за исключением первой проверки, когда его целесообразно подавать на входные зажимы панели, чтобы полностью проверить все цепи защиты.

§ 8. Проверку, как правило, следует производить с помощью комплектных устройств для проверки сложных защит.

Схема проверки должна обеспечивать:

а) подачу однофазного тока в любые токовые зажимы панели (*AB*; *BC*; *CA*; *A0*; *B0*; *C0*);

б) подачу напряжения на любые два зажима напряжения панели (*AB; BC; CA; A0*; *B0*; *C0*);

в) возможность плавной регулировки тока от нуля до максимальной возможной величины вторичного тока короткого замыкания на линии, защита которой проверяется;

г) возможность плавной регулировки напряжения от нуля до 130 *в*;

д) возможность плавной регулировки угла между током и напряжением во всех четырех квадрантах;

е) возможность измерения выдержки времени защиты как электросекундомером, так и электромиллисекундомером;

ж) возможность подачи на панель постоянного тока и плавной регулировки напряжения постоянного тока.

Один из вариантов схемы для проверки защиты приведен на рис. 4-6.

Б. Проверка реле постоянного тока

§ 9. Проверяют напряжения (токи) срабатывания и возврата, а также времена срабатывания и возврата реле постоянного тока (рис. 4-7). Уставки по времени первой и второй зон защиты устанавливают во время ее комплексного испытания при снятии характеристики $t=f(Z)$. Настройку времени действия и напряжений срабатывания и возврата реле постоянного тока следует производить, руководствуясь табл. 4-1. (Обозначения реле даны для схем рис. 1-20 и 1-21).

В. Проверка блокировки при нарушении цепей напряжения

§ 10. Проверяют:

а) токи срабатывания и возврата поляризованного реле *7РН*;

б) соответствие ампер-витков и полярности обмоток трансформатора *7ТБ*, к которым подключаются одноименные фазы трансформаторов напряжения от обмоток, соединенных в «звезду» и в «разомкнутый треугольник»;

в) взаимную полярность трех обмоток трансформатора *7ТБ*, соединенных в «разомкнутый треугольник».

§ 11. Для проверки тока срабатывания и возврата реле *7РН* на зажимы *40* и *70* панели подают переменное напряжение, регулируемое в пределах 0—100 *в*. Миллиамперметром постоянного тока с малым внутренним сопротивлением, включенным между шпильками *13* и *15* реле блокировки (перемычку временно снимают), измеряют токи срабатывания и возврата реле *7РН* (рис. 4-8). Ток срабатывания реле *7РН* должен

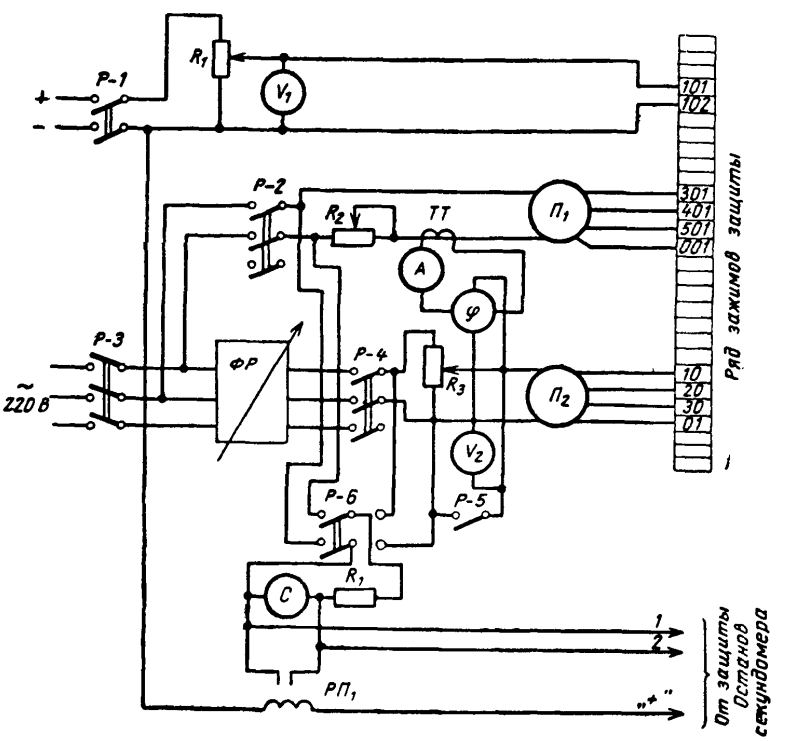


Рис. 4-6. Схема проверки защиты.

быть в пределах 1,5—1,8 *ма*; его коэффициент возврата, регулируемый положением неподвижного элемента замыкающего контакта, не должен быть менее 0,45 [Л. 1, 7].

§ 12. Четкость работы контактной системы реле *7РН* проверяют при наличии на панели постоянного тока, увеличивая до 100 *в* напряжение, подаваемое на зажимы *40* и *70* панели.

§ 13. Для проверки соответствия ампер-витков и полярности обмоток трансформатора *7ТБ*, к которым подключаются одноименные фазы трансформатора напряжения от автотрансформаторов согласно схеме рис. 4-8, на зажимы *40—50* (*50—60* и *60—70*) подается напряжение 100 *в*, а на зажимы *10—01* (*20—01* и *30—01*) — напряжение $100/\sqrt{3}$ *в*. Миллиамперметром с малым внутренним сопротивлением (например, типа Ц-315) измеряют ток небаланса в обмотке реле *7РН*. Если этот ток превышает 0,1 *ма*, то необходимо произвести регулировку величины сопротивления *7R1*; *7R2* или *7R3* (см. рис. 1-1) в цепи соответствующей обмотки трансформатора *7ТБ*, соединенной в «звезду». При пофазной проверке полярности обмоток трансформатора *7ТБ* необходимо две другие обмотки фаз «звезды» блокировки отсоединить.

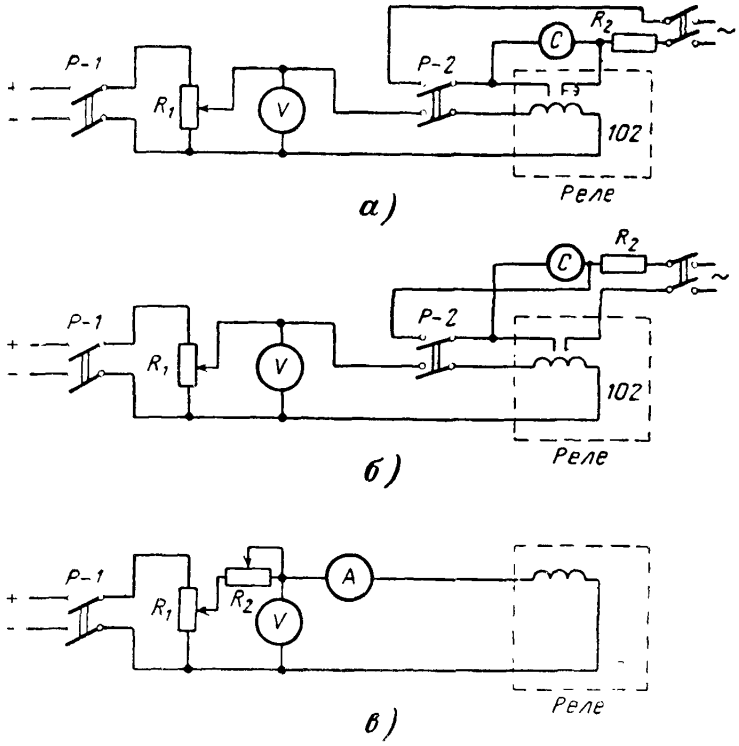


Рис. 4-7. Схемы проверки реле постоянного тока.
а — проверка напряжений срабатывания и возврата и времени срабатывания; *б* — проверка времени возврата; *в* — проверка тока срабатывания и падения напряжения в обмотке.

§ 14. Для проверки взаимной полярности всех трех обмоток трансформатора *7ТБ*, соединенных в разомкнутый треугольник, на зажимы *40—70* панели подается напряжение 50 *в* и измеряется ток реле *7РН*. При правильном соединении всех трех обмоток ток в реле должен иметь величину 7 *ма* ± ±10%. Если одна из обмоток трансформатора *7ТБ* будет включена неверно с встречной полярностью, ток в реле *7РН* будет составлять примерно одну треть или две трети этой величины или будет равен нулю в зависимости от того, на какой из обмоток изменена полярность.

Проверка блокировки при качаниях

§ 15. Проверка блокировки при качаниях производится в следующем объеме:

а) проверяют стабилизирующее действие трансформатора *12СтТ*;

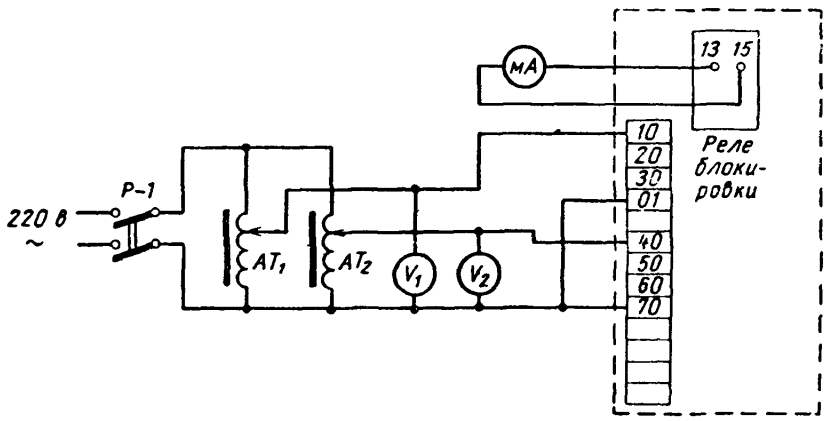


Рис. 4-8. Схема проверки реле блокировки при неисправностях в цепях напряжений.

Примечание. Применять вместо автотрансформаторов AT_1 и AT_2 потенциометры не следует.

Таблица 4-1

Реле	Измеряемые величины	Подается питание постоянного тока	Примечание
8РП	а) Напряжения срабатывания и возврата б) времена срабатывания и возврата	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *2* реле *8РП*	Нормируемое время срабатывания 0,1 — 0,15 *сек*; нормируемое время возврата 0,5 — 0,7 *сек*
9РП	а) токи срабатывания и возврата; б) падение напряжения при токе 0,25 *а*	„—“ на шпильку *7*; „+“ на шпильку *5* реле *9РП*	—
10РП	Напряжение срабатывания и возврата	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *11* реле *10РП*	—
11РП	Напряжения срабатывания и возврата	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *11* реле *11РП*	При проверке будут работать реле *15РВ*, *8РП*
12РП1	а) Напряжения срабатывания и возврата; б) времена срабатывания и возврата	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *8* реле блокировки при качаниях	При проверке по п. „а“ закрепить якорь реле *12РП2* в отпущенном положении, а по п. „б“ в притянутом положении
12РП2	а) Напряжения срабатывания и возврата; б) время возврата	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *1* реле блокировки при качаниях	Закрепить плунжер реле *13РВ* в притянутом положении
13РВ	а) Напряжения срабатывания и возврата; б) время срабатывания	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *8* реле *13РВ*	При проверке будут срабатывать и другие реле
14РВ	а) Напряжения срабатывания и возврата; б) время срабатывания	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *8* реле *14РВ*	При проверке будут срабатывать и другие реле
15РВ	а) Напряжения срабатывания и возврата; б) время срабатывания (на всех контактах)	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *8* реле *15РВ*	При проверке будет срабатывать также реле *11РП*
16РУ	Напряжение срабатывания	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *1* реле *16РУ*	—
17РУ	а) Ток срабатывания; б) падение напряжения при токе 0,25 *а*	„—“ на шпильку *3* реле *17РУ*; „+“ на шпильку *1* реле *17РУ*	—
18РУ	Напряжение срабатывания	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *1* реле *18РУ*	—
29РВ	а) Напряжения срабатывания и возврата; б) время срабатывания	„—“ на зажим *102* панели; „+“ на шпильку *7* реле *29РВ*	Закрепить якорь реле *8РП* в притянутом положении

Продолжение табл. 4-1

Реле	Измеряемые величины	Подается питание постоянного тока	Примечание
30РУ	а) Ток срабатывания; б) падение напряжения при токе 0,25 *а*	„—" на шпильку *3*; „+" на шпильку *1* реле *30РУ*	—
31РП	Напряжения срабатывания и возврата	„—" на зажим *102* панели; „+" на шпильку *11* реле *31РП*	—

Примечание. Напряжения срабатывания реле постоянного тока должны быть в пределах 50 — 75% номинального напряжения панели защиты. Напряжения возврата этих реле не нормируются. Время срабатывания реле, как правило, задается энергосистемой, в ведении которой находится защищаемая линия.

б) проверяют насыщающийся трансформатор $12TH_0$;

в) настраивают фильтр напряжения обратной последовательности;

г) проверяют уставку срабатывания реле *12РН* по напряжению обратной последовательности;

д) проверяют фильтр 5-й гармоники;

е) проверяют чувствительность реле *12РН* на всех уставках по напряжению обратной последовательности при имитации двухфазного короткого замыкания *В—С*;

ж) проверяют чувствительность реле *12РН* по току нулевой последовательности при заданной уставке;

з) проверяют чувствительность реле *12РН* при совместном питании от фильтров напряжения обратной последовательности и тока нулевой последовательности;

и) проверяют устройство компенсации.

§ 16. Для проверки стабилизирующего действия трансформатора *12СтТ* полностью выводят компенсацию $Z_{2к}$ (на досках зажимов трансреакторов $ТК_a$, $ТК_b$ и $ТК_c$ штекерные винты завинчивают в нулевые гнезда). У трансформатора *12СтТ* устанавливают уставку 2 *в*.

При отсутствии на панели постоянного тока электрически объединяют зажимы *20* и *30*, на зажимы *10* и *20* подают переменное напряжение до 110 *в* и измеряют выпрямленное напряжение на конденсаторе *12С2*; это напряжение, измеренное вольтметром с внутренним сопротивлением не менее 1 000 *ом/в*, должно быть порядка 70 *в*. Если напряжение на конденсаторе *12С2* существенно превышает 70 *в*, то необходимо проверить правильность соединения обмоток трансформатора *12СтТ*.

§ 17. Проверка насыщающегося трансформатора $12TH_0$ производится при выведенной компенсации $Z_{2к}$ и отсутствии на панели постоянного тока.

На трансформаторе $12TH_0$ устанавливают отпайку 0,2 *а*. На зажимы *001* и *004* панели (рис. 4-9) подают переменный ток 0,2—8,0 *а*. При этом вольтметром с внутренним сопротивлением не менее 1 000 *ом/в* измеряют напряжение на конденсаторе *12С2*, которое не должно превышать 70 *в*.

§ 18. Проверяют совместное действие тока и напряжения на реле *12РН*. На зажимы *10* и *20* панели при объединенных зажимах *20* и *30* подают напряжение 100 *в*, а к зажимам *001* и *004* подводят ток до 8,0 *а*. При одновременной подаче тока и напряжения на эти зажимы напряжение на конденсаторе *12С2* не должно превышать 80 *в*.

§ 19. Настройку фильтра напряжения обратной последовательности производят при снятой перемычке со шпилек *11* и *13* реле блокировки. Поочередно подают напряжение 100 *в* на зажимы *10* и *20* ($U_{АВ}$) и *20* и *30* ($U_{ВС}$). Вольтметром с внутренним сопротивлением не менее 1 000 *ом/в* в первом случае измеряют напряжение на конденсаторе *12С4* и сопротивлении *12R6*, а во втором случае на конденсаторе *12С5* и сопротивлении *12R5*. При правильно настроенном фильтре должны соблюдаться соотношения:

$$U_{12C4} = U_{12R5};\ U_{12R6} = U_{12C5};$$

$$\frac{U_{12R6}}{U_{12C4}} = \frac{U_{12C5}}{U_{12R5}} = \frac{86 \pm 2}{50 \pm 1} \approx \sqrt{3}.$$

Если указанные соотношения не получаются, необходимо регулировкой величины сопротивлений *12R5* и *12R6* добиться этих соотношений.

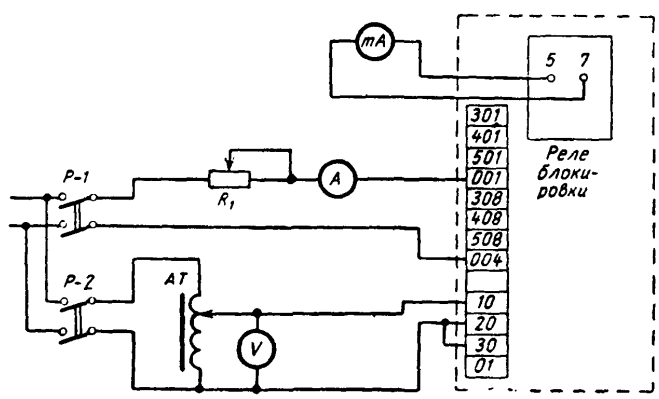


Рис. 4-9. Схема проверки реле блокировки при качаниях.

§ 20. После настройки ФНОП проверяют напряжение срабатывания и возврата реле *12РН* при питании от цепей напряжения в режиме двухфазного короткого замыкания при полностью выведенной компенсации $Z_{2к}$. Для этого устанавливается заданная уставка на трансформаторе *12СтТ* и закреплен в подтянутом положении якорь реле *12РП2*.

Двухфазное короткое замыкание имитируется поочередно на фазах *А* и *В* (зажимы *30—10, 20*), фазах *В* и *С* (зажимы *10—20, 30*) и фазах *С* и *А* (зажимы *20—10*, 30); обозначения *30—10, 20*; *10—20, 30*; *20—10, 30* указывают, что соответственно электрически объединены зажимы *10* и *20*; *20* и *30*; *30* и *10*. При всех видах двухфазного короткого замыкания измеряют напряжение, подведенное к зажимам панели, и ток в реле *12РН* (зажимы *5—7* реле блокировки) в момент срабатывания и возврата реле. Напряжение на зажимах панели при срабатывании реле *12РН* должно быть равно $U_{ср}=3U_{2уст}$. Значения $U_{ср}$ при имитации коротких замыканий *А—В*, *В—С*, *С—А* не должны отличаться от уставки более чем на 10% и от среднего их значения более чем на 5%.

§ 21. При проверке фильтра пятой гармоники подают питание *А—ВС* (зажимы *10—20, 30*) и вольтметром с большим внутренним сопротивлением (не менее 1 000 *ом/в*) измеряют распределение напряжений на элементах фильтра *12С3* и *12Д* (см. рис. 1-1). Отношение этих напряжений должно составлять примерно

$$\frac{U_{12д}}{U_{12С3}}=25.$$

§ 22. Проверка чувствительности реле *12РН* по току нулевой последовательности производится на заданной уставке. При этом ток подается на зажимы *001* и *004* панели, и измеряют токи срабатывания и возврата реле *12РН* в первичной цепи трансформатора $12ТН_0$ при подтянутом и отпущенном якоре реле *12РП2*.

§ 23. Чувствительность реле *12РН* блокировки при качаниях при совместной подаче тока и напряжения проверяют, когда компенсация $Z_{2к}$ выведена, а якорь реле *12РП2* подтянут. При этой проверке на зажимы панели *10—20, 30* ($U_{А-ВС}$) подают напряжение $0{,}5U_{ср}$, (где $U_{ср}=3U_{2уст}$) и ток $3I_0$, при котором срабатывает реле *12РН*. Ток срабатывания $3I_0$ при этом должен соответствовать значению, найденному из кривых рис. 2-4. Если в защите используется устройство компенсации $Z_{2к}$, то настройка его производится согласно указаниям § 47.

Проверка реле сопротивления

§ 24. Проверяют:

а) наличие или отсутствие самохода реле от тока и устраняют его, если таковой имеется;

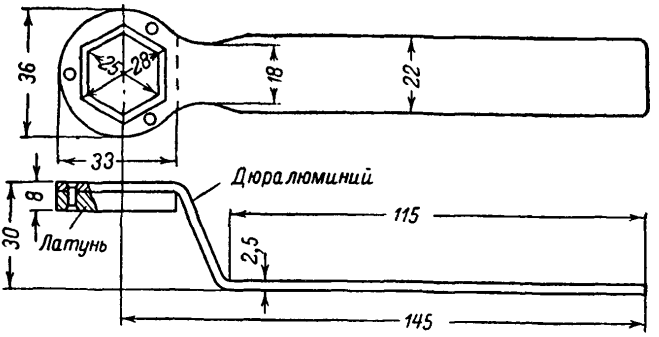


Рис. 4-10. Эскиз ключа для регулировки самохода реле сопротивления.

б) характеристику $z_{ср}=f(\varphi_р)$;

в) исправность трансформатора T_x и автотрансформатора T_u;

г) характеристику $z_{ср}=f(I_р)$;

д) правильность включения подпитки поляризующей обмотки от третьей фазы;

е) ток срабатывания реле при отсутствии напряжения;

ж) поведение реле при подаче и сбросе напряжения;

з) поведение реле при имитации двухфазных коротких замыканий.

§ 25. Производится проверка и устранение самоходов от тока всех реле сопротивления. Эта проверка должна производиться при выведенном смещении и при замкнутых на трехфазное сопротивление 0,2—0,3 *ом* цепях напряжения «звезды» панели (зажимы *10, 20, 30*). Проверка производится при полностью ослабленной пружине. Ток в реле должен подаваться толчками от 0,05 *а* до величины максимального тока короткого замыкания.

Устранение самохода производится, как правило, поворотом стального сердечника вокруг его оси. Для этого слегка ослабляют затяжку контргайки стального сердечника так, чтобы его можно было с усилием повернуть на небольшой угол в ту или другую сторону вместе с контргайкой, придерживая ее ключом. Сердечник следует поворачивать при прохождении через обмотку реле тока, наблюдая за подвижной системой реле. Эскиз ключа для контргайки стального барабанчика приведен на рис. 4-10.

При достижении безмоментного состояния подвижной системы следует надежно закрепить сердечник контргайкой, удерживая его в неподвижном положении отверткой за нижний подпятник. После этого необходимо еще раз убедиться в отсутствии самохода, а также в отсутствии затирания барабанчика и наличии нормального люфта оси подвижной системы. Ключ для ослабления большой контргайки, крепящей сердечник к основанию, должен быть накидным и изготавливается из немагнитного материала.

Если описанным способом устранить самоход не удается, то разрешается вынуть сердечник, предварительно сняв пластину с неподвижными контактами и вынув подвижную систему. На сердечнике может

быть увеличен срез, которым компенсируется неравномерность воздушных зазоров в магнитной системе реле. После увеличения среза необходимо покрыть его тонким слоем бакелитового лака или клея БФ и тщательно собрать реле.

Существуют и другие способы устранения самохода. Можно, например, зашунтировать одну из катушек поляризующей обмотки активным сопротивлением, величина которого подбирается, но не должна быть менее 2 000 *ом*.

Допускается оставить небольшой самоход реле от тока на размыкание контактов, т. е. на загрубление реле.

§ 26. До снятия характеристики $z=f(\varphi_р)$ настраивают сопротивление срабатывания при угле максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч}$. Уставки реле сопротивления на зажимах панели определяются по выражению

$$z'' = z' \frac{n_т}{n_н}, \qquad (4\text{-}1)$$

где z'' — вторичное сопротивление срабатывания реле на зажимах панели, *ом/фаза*;

$n_т$ — коэффициент трансформации трансформаторов тока защиты;

$n_н$ — коэффициент трансформации трансформаторов напряжения защиты;

z' — заданное первичное сопротивление срабатывания защиты.

После расчета вторичных уставок защиты определяют положение штекеров автотрансформаторов и трансреакторов реле сопротивления.

На реле сопротивления первой зоны защит типа ДЗ-401 (ДЗ-501) и ДЗ-402 (ДЗ-502), а также на реле сопротивления второй зоны защиты ДЗ-402 (ДЗ-502) трансреакторы T_x имеют отпайки, значение которых указано в технических данных панелей защит. На трансреакторе T_x следует выбирать минимальную отпайку, при которой обеспечиваются заданные величины сопротивления срабатывания реле на зажимах панели и тока точной работы.

Например, если заданная величина сопротивления срабатывания реле первой зоны защиты ДЗ-401 (ДЗ-501) составляет 16 *ом/фаза* на зажимах панели, а ток точной работы задан не более 0,5 *а*, то отпайку на трансреакторе T_x следует выбрать равной 6 *ом* и регулированием отпайки на автотрансформаторе T_u установить заданное сопротивление срабатывания 16 *ом*.

После выбора отпайки на трансреакторе T_x определяют минимальный ток точной работы и минимальное сопротивление срабатывания $z_{мин}$ реле для данной отпайки трансреактора T_x (по техническим данным панелей защит).

Далее находят отношение $\frac{z_{уст}}{z_{мин}} = N$. По найденному значению N определяют отпайку n автотрансформатора T_u и расчетный ток точной работы реле на заданных уставках реле.

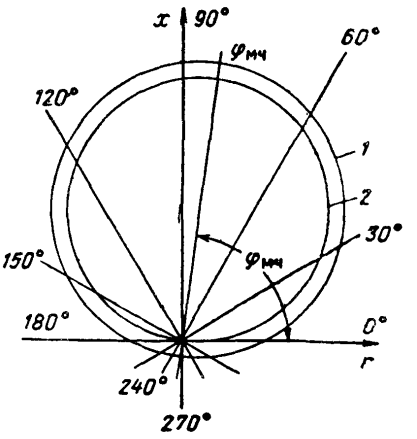


Рис. 4-11. Характеристика $z=f(\varphi_р)$ реле сопротивления.

1 — для реле второй зоны защиты ДЗ-401 (ДЗ-501) и ДЗ-402 (ДЗ-502); *2* — для реле первой зоны защиты ДЗ-401 (ДЗ-501), ДЗ-402 (ДЗ-502).

$n = \frac{100}{N}$ — для реле сопротивления защиты ДЗ-401 (ДЗ-501) и для первой зоны защиты ДЗ-402 (ДЗ-502).

$n = \frac{80}{N}$ — для реле сопротивления второй зоны защиты ДЗ-402 (ДЗ-502).

$I_{точ} = \frac{I_{мин.точ}}{\sqrt{N}}$ — расчетный ток точной работы.

Восстанавливают нормальную затяжку пружины реле 15—20° и вводят смещение.

§ 27. Определяют угол максимальной чувствительности, для чего при постоянном $z_р = 0{,}7 z_{уст}$ изменяют угол φ между током и напряжением, отмечая значение $\varphi_{ср}'$ и $\varphi''_{ср}$ угла, при котором реле срабатывает или возвращается:

$$\varphi_{м.ч} = \frac{\varphi'_{ср} + \varphi''_{ср}}{2}.$$

§ 28. Проверяют угловую характеристику реле $z_{ср}=f(\varphi_р)$ на рабочих уставках T_u и T_x.

При заданном токе настройки и углах между током и напряжением 0°; 30°; 60°; 90°; 120°; 150°; 180°; 240°; 270° и $\varphi_{м.ч}$ определяют напряжение срабатывания реле $z''_{ср} = \frac{U_{ср}}{2I}$.

По полученным данным строят характеристику реле сопротивления и по ней проверяют угол максимальной чувствительности реле (рис. 4-11).

Если реле сопротивления имеет смещение, то его сопротивление срабатывания при угле между током и напряжением 270° не должно превышать 10% заданной уставки сопротивления.

§ 29. Если при регулировке сопротивления срабатывания получается, что уставка автотрансформатора напряжения T_u

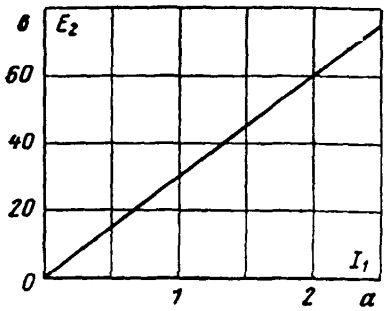


Рис. 4-12. Характеристика $E_2=f(I_1)$ трансреактора при холостом ходе.

отличается от расчетной более чем на 5 единиц, необходимо проверить исправность этого автотрансформатора, а также трансреактора T_x в следующем объеме:

а) для трансреактора T_x при снятой перемычке со шпилек реле *8* и *10* снимают характеристику $E_2=f(I_1)$ при подаче тока до 8 *а* во все витки обеих первичных обмоток трансреактора. Характеристика должна быть прямолинейна. При токе 1 *а* э. д. с. вторичной обмотки трансреактора T_x должна быть равна 29—31 *в* (рис. 4-12);

б) для автотрансформатора T_u при снятой перемычке со шпилек *8* и *10* реле проверяют правильность выполнения ответвлений основной и дополнительной обмоток путем измерения распределения напряжения на этих ответвлениях и правильность согласования полярности основной и дополнительной обмоток. Обе эти проверки производят вольтметром с большим внутренним сопротивлением (не менее 1 000 *ом/в*) по схеме рис. 4-13. При поочередном измерении напряжения вольтметром V_2, включаемым в гнезда автотрансформатора *10*, *20*, *30* и т. д., напряжение должно увеличиваться. При подключении к гнездам *0,5*; *1* и т. д. напряжение должно увеличиваться по сравнению с напряжением, измеренным в гнезде *90*.

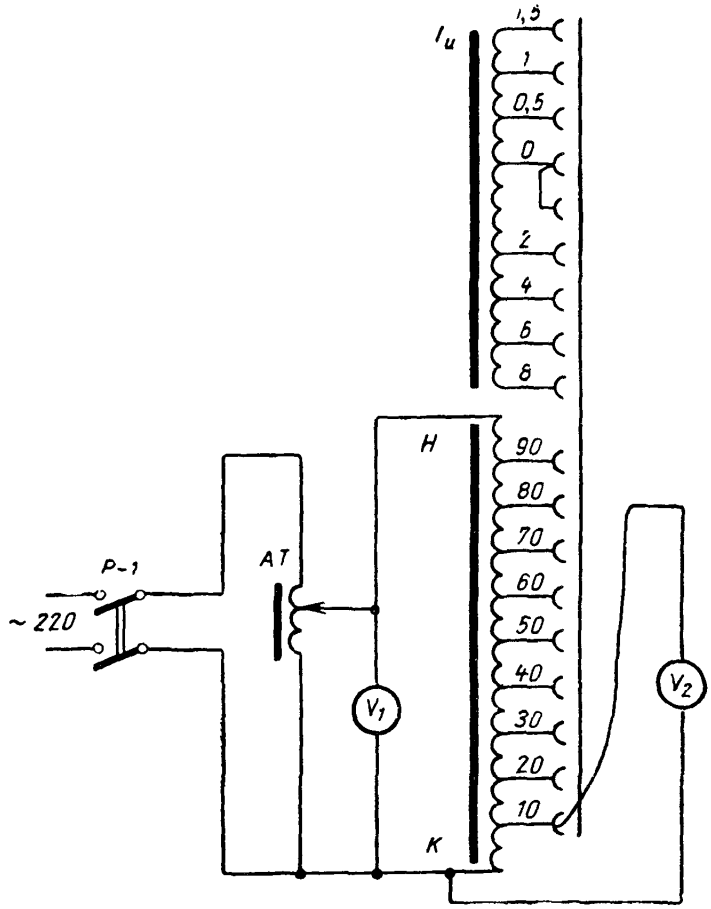


Рис. 4-13. Схема проверки распределения напряжения на ответвлениях автотрансформатора T_u.

§ 30. Проверяют зависимость сопротивления срабатывания от тока $z_{ср}=f(I_р)$ при заданном угле между напряжением и током. Характеристику снимают до величины тока, определяемой соотношением

$$I_р = \frac{100 - 110}{2z''_{уст}};$$

100—110 *в* — максимально допустимое напряжение на реле.

По построенной характеристике $z_{ср}=f(I_р)$ (рис. 4-14) определяют действительную величину тока точной работы реле, т. е. величину тока, при которой сопротивление срабатывания реле составляет 90% заданной уставки. Если ток точной работы превышает расчетное значение, то это указывает на плохое состояние механической части реле или на слишком большой угол затяжки возвратной пружины.

§ 31. Для оценки чувствительности реле проверяют их ток срабатывания при отсутствии напряжения на защите (при разомкнутых цепях напряжения) и при подаче тока на зажимы панели *301—401*—$I_{АВ}$; *401—501*—$I_{ВС}$; *501—301*—$I_{СА}$. Ток срабатывания реле сопротивления зависит от их уставки и составляет для реле первой зоны 0,2—1,0 *а*, а для реле второй зоны—0,15—0,4 *а*.

§ 32. Восстанавливают нормальную схему защиты в соответствии с заданной принципиальной схемой и проверяют взаимодействие всех реле защиты на постоян-

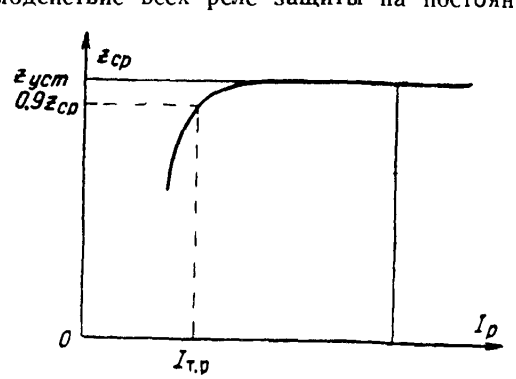


Рис. 4-14. Характеристика $z_{ср}=f(I_р)$ и определение тока точной работы реле сопротивления.

Таблица 4-2

Операции с реле		Действие реле		Примечание
Нажать якоря	Вернуть якоря	Срабатывают	Не срабатывают	
7РН и *1РС* *7РН* и *3РС* *7РН* и *5РС* поочередно	—	*18РУ*	*10РП*	
7РН	—	*18РУ*	—	
1РС, 3РС, 5РС поочередно	—	*10РП*	—	
2РС, 4РС, 6РС поочередно	—	—	*9РП*	Накладки *19ПУ* и *20ПУ* в положении „сигнал"
2РС, 4РС, 6РС поочередно	*12РП1*	*9РП*	—	
29РВ и *2РС*; *29РВ* и *4РС*; *29РВ* и *6РС* поочередно	*12РП1*	—	*9РП*	
11РП и *2РС*; *11РП* и *6РС*; *11РП* и *4РС* поочередно	—	*9РП*	—	
2РС, 4РС, 6РС поочередно	*11РП*	—	*9РП*	
15РВ	—	*17РУ*	—	При замыкании упорного контакта *15РВ*
10РП и *15РВ*	—	*17РУ*	—	
10РП и *15РВ*	—	*17РУ*	—	Накладка *34ПУ* в положении „0,35 *сек*". Реле *17РУ* срабатывает дважды при замыкании проскальзывающего и упорного контактов *15РВ*
10РП и *15РВ*	—	*17РУ*	—	Накладка *34ПУ* в положении „0 *сек*", Реле *17РУ* срабатывает мгновенно
10РП и *РПУ*	—	*30РУ*	—	*РПУ*—реле ускорения защиты после АПВ
10РП и *РПУ*	—	—	*30РУ*	Накладка *33ПУ* в положении „Сигнал"
14РВ	—	*30РУ*	—	Реле *30РУ* срабатывает при замыкании упорного контакта реле *14РВ*
9РП	—	*16РУ*	—	Замкнуты поочередно контакты реле *1РПВ* и *2РПВ* контроля положения выключателей на панели сигнализации линии
9РП	—	—	*16РУ*	Разомкнуты контакты реле *1РПВ* и *2РПВ*
10РП	—	*8РП* и *29РВ*	—	
10РП и *11РП*	—	*11РП*, *15РВ* и *8РП*	*14РВ*	Реле *15РВ* и *11РП* удерживаются до возврата якоря реле *10РП* либо *11РП*
10РП	*12РП1*	*8РП*, *11РП* и *15РВ*	—	При этой проверке сработают и другие реле (*13РВ*, *12РП2*, *31РП*, *14РВ* и др.).
29РВ и *10РП*	*12РП1*	*13РВ*, *8РП*, *12РП2*, *31РП*, *14РВ*	*11РП* и *15РВ*	

Продолжение табл. 4-2

Операции с реле		Действие реле		Примечание
Нажать якоря	Вернуть якоря	Срабатывают	Не срабатывают	
10РП и *31РП*	—	*8РП*, *14РВ* и *29РВ*	—	
10РП и *14РВ*	—	*8РП*, *14РВ*, *29РВ*	—	Реле *14РВ* возвращается при размыкании его замыкающего мгновенного контакта
12РН	—	*12РП1*, *12РП2*, *13РВ* и *31РП*	—	Имитация пуска блокировки от качаний
12РП2	*12РП1*	*13РВ* и *31РП*	—	Реле *12РП1* не срабатывает, пока нажат якорь реле *12РП2*
—	*12РП2*	—	—	а) При нажатии якоря реле *12РН* реле *12РП1* не возвращается; б) при возврате якоря реле *12РП1* он подтягивается вновь
13РВ	—	—	—	Возвращается реле *12РП2* и самоудерживается реле *13РВ* до замыкания его упорного контакта
—	*12РП1*	*13РВ* и *31РП*	—	Удерживается в замкнутом состоянии размыкающий мгновенный контакт реле *13РВ*; при этом возвращается якорь реле *12РП2*
13РВ	—	*31РП* и *13РВ*	—	Реле *31РП* и *13РВ* возвращаются при размыкании замыкающего контакта реле *13РВ*
8РП	—	*29РВ*	—	Реле *29РВ* возвращается только после возврата якоря реле *8РП*
29РВ	—	*29РВ*	—	Реле *29РВ* возвращается при замыкании его упорного контакта
8РП	*12РП1*	—	*29РВ*	Якорь реле *12РП1* вернуть раньше того, как нажат якорь реле *8РП*

ном токе. Эту проверку производят при подаче на зажимы *101* и *102* панели постоянного тока напряжением 80% номинального напряжения панели. Взаимодействие реле должно точно соответствовать схеме защиты. Проверку производят последовательным замыканием контактов реле деревянными отполированными палочками. Например, проверка взаимодействия реле по схеме рис. 1-21 должна производиться в соответствии с указаниями табл. 4-2. Предварительно переключающие устройства *19ПУ* и *20ПУ* переводятся в положение «сигнал».

§ 33. Проверяют взаимодействие защиты на выходных зажимах панели *107*, *117*, *127*.

а) Вольтметр с большим внутренним сопротивлением подключают к зажимам *102* и *107*. Накладку *19ПУ* переводят в правое положение, замыкают контакты реле *2РС* и нажимают на якорь реле *11РП*. При этом вольтметр должен показать величину напряжения постоянного тока, подведенного к панели.

б) Вольтметр подключают к зажимам *102* и *117* панели. Накладку *20ПУ* переводят в правое положение, а накладку *19ПУ* — в положение «сигнал». Нажимают на плунжер реле *15РВ*, при замыкании его упорного контакта вольтметр должен показать напряжение постоянного тока, подведенного к панели.

в) Вольтметр подключают к зажимам *102* и *127* панели. Накладку *20ПУ* переводят в левое положение и повторяют проверку по п. «б». Вольтметр должен показать величину напряжения после замыкания упорного контакта реле *15РВ*.

г) Накладку *20ПУ* переводят в среднее положение, а накладку *19ПУ* — в левое. Вольтметр остается присоединенным к зажимам *102* и *127*. Производят проверку по п. «а». Вольтметр должен показать величину напряжения, подведенного к панели.

§ 34. Проверку поведения реле сопротивления при сбросе напряжения со 100 *в* до нуля производят закорачиванием цепей напряжения на входе панели при отсутствии тока. При этой проверке не должно наблюдаться замыкания контактов реле.

Если эти контакты замыкаются хотя бы кратковременно, то необходимо изменить величину сопротивления *R1* в цепи рабочей обмотки реле. С изменением величины сопротивления *R1* изменяется угол максимальной чувствительности реле, вследствие чего необходимо вновь произвести проверку реле в соответствии с § 27, 28.

§ 35. Проверяют поведение защиты в полной схеме при подаче на панель напряжения и последующем его отключении. Проверку производят по схеме рис. 4-6 при отсутствии на панели переменного тока. При подаче напряжения на панель не должно наблюдаться отбрасывания подвижной системы реле от левого упора. При отключении напряжения может происходить кратковременное замыкание контактов реле.

§ 36. Имитируют работу защиты при коротком замыкании в начале защищаемой линии. Наблюдают за реле первой зоны при имитации всех трех видов двухфазных коротких замыканий при угле между током и напряжением, равном углу линии, и при токах в реле от двухкратного значения тока точной работы реле до максимальной величины тока короткого замыкания.

Напряжение снимается с реле толчком от 100 *в* до нуля с одновременным замыканием зажимов напряжения панели на сопротивление 0,2—0,3 *ом*.

Проверяемое реле сопротивления первой зоны должно кратковременно замыкать свои контакты. Длительность замкнутого состояния должна в 2 раза превышать суммарное время срабатывания выходных реле и реле блокировки от многократных включений выключателей (РБМ). Проверка производится по схеме рис. 4-6.

§ 37. Имитируют работу защиты при коротких замыканиях на шинах, к которым подключена защищаемая линия. Эта проверка производится для всех трех видов двухфазных коротких замыканий при угле между током и напряжением, равном 270°, и величинах тока от двукратного значения тока точной работы реле до 3—4 *а*. При этой проверке реле первой зоны не должны замыкать свои контакты как при имитации короткого замыкания, так и при восстановлении напряжения на реле. Реле сопротивления второй зоны при выведенном смещении также не должны замыкать свои контакты, а при введенном смещении должны замыкать контакты.

§ 38. Проверяют работу защиты при имитации трехфазных коротких замыканий в начале защищаемой линии для реле второй зоны. Эту проверку производят при подаче на панель токов $I_A—I_B$; $I_B—I_C$ и $I_C—I_A$. Цепи напряжения на зажимах панели замыкают на трехфазное сопротивление 0,2—0,3 *ом*. Смещение реле второй зоны должно быть введено в работу.

§ 39. Проверяют работу контактов реле сопротивления на размыкание тока нагрузки при плавном увеличении сопротивления, подведенного к зажимам панели, до величины, превышающей сопротивление срабатывания, отдельно для первой и второй зон. Работу контактов реле сопротивления на размыкание тока нагрузки также проверяют при замыкании и размыкании контактов от руки. Контакты реле должны размыкать нагрузку без сильного искрения.

Комплексная проверка защиты

§ 40. Проверяют потребление цепей переменного тока и напряжения по схеме рис. 4-6. На зажимы напряжения *10—20*, *20—30*, *30—10* и *40—50*, *50—60*, *60—70* поочередно подают напряжение 100 *в* и при этом измеряют ток и определяют мощность, потребляемую цепями напряжения защиты.

Далее поочередно на зажимы тока *301—001*, *401—001*, *501—001*, *301—401*, *401—501* и *501—301* подают ток 1 *а* и при этом измеряют напряжение на вышеуказанных токовых зажимах панели вольтметром с большим внутренним сопротивлением и определяют мощность, потребляемую цепями тока защиты. При проверке потребления цепей напряжения должны быть разомкнуты токовые цепи защиты на зажимах панели, а при проверке потребления цепей тока — разомкнуты цепи напряжения.

§ 41. Проверяют время работы защиты в полной схеме защиты по рис. 4-6. Регулируют угол между током и напряжением, равный углу линии, и устанавливают величину сопротивления, равную 0,5 и 0,9 сопротивления срабатывания первой зоны. При этом измеряют время действия первой зоны при питании панели в режиме всех трех видов двухфазного короткого замыкания.

Измеряют время действия второй зоны в режиме всех трех видов двухфазного короткого замыкания питания панели при сопротивлении на зажимах панели, равном 1,1 сопротивления срабатывания первой зоны, а также 0,9 и 1,1 сопротивления срабатывания второй зоны. Время срабатывания второй зоны регулируют при 1,1 уставки первой зоны. При 1,1 уставки второй зоны защита не должна работать.

При тех же значениях сопротивления на зажимах панели измеряют время действия второй зоны защиты с ускорением 0 и 0,35 *сек* в режиме всех трех видов двухфазного короткого замыкания.

§ 42. Проверяют действие защиты на отключение выключателей линии, на пуск устройства резервирования отказа выключателей и на пуск автоматических осциллографов (если такое действие предусмотрено). Проверяют действие защиты на устройство сигнализации при срабатывании указательных реле.

Проверка защиты током нагрузки и рабочим напряжением

§ 43. Перед проверкой защиты рабочим током и напряжением все цепи защиты полностью восстанавливают. Контактные мостики в цепях тока и напряжения

на сборке зажимов панели поднимают, остальные контактные мостики остаются опущенными.

§ 44. а) Определяют направление перетока активной и реактивной мощностей и величину тока по защищаемой линии, исходя из анализа первичной схемы электросети и показаний измерительных щитовых приборов.

б) Определяют чередование фаз напряжения и измеряют фазные и линейные напряжения на зажимах панели от обмоток трансформаторов напряжения, соединенных в «звезду» и в «разомкнутый треугольник».

в) Производят фазировку цепей напряжения защиты с цепями напряжения, ранее находившимися в эксплуатации. При фазировке измеряют напряжение между зажимами напряжения проверяемой панели и зажимами цепей напряжения, заведомо проверенными ранее. Напряжение между одноименными зажимами цепей напряжения панели и теми зажимами, которые приняты за эталон, должно быть равно нулю.

г) Снимают и строят векторную диаграмму токов I_A; I_B и I_C и фазных напряжений. По этой диаграмме определяют направление потоков активной и реактивной мощностей линии. Сопоставляют направления этих потоков, определенные по векторной диаграмме, с направлениями, определенными из анализа первичной схемы и показаний измерительных приборов. Если потоки активной и реактивной мощностей в обоих случаях совпадают, то далее анализ поведения защиты можно производить по вторичным токам.

По векторной диаграмме проверяют правильность подвода к зажимам панели цепей от трансформаторов тока.

д) Измеряют ток небаланса в нулевом проводе миллиамперметром с небольшим внутренним сопротивлением. Наличие тока небаланса указывает на целость цепи нулевого провода. Если при измерении тока небаланса миллиамперметр не дает отклонений, необходимо проверить исправность цепи нулевого провода, замыкая вторичную обмотку одной из фаз трансформатора тока и отсоединяя ее от панели защиты. В этом случае ток в нулевом проводе измеряют амперметром.

е) Проверяют правильность включения реле сопротивления в режиме его работы в качестве органа направления мощности, для чего у каждого реле сопротивления выводят из работы смещение и с задней стороны панели переключают перемычки со шпилек *8—10* на шпильки *10—12* реле сопротивления. Эту операцию производят при снятых крышках на всех испытательных блоках панели. Для проверки правильности включения реле сопротивления вставляют крышки испытательных блоков в цепях переменного тока и в цепях напряжения, соединенных в «звезду».

Реле сопротивления должны замыкать свои контакты, если ток в защищаемой линии отстает от напряжения одноименной фазы на угол от 0 до 170°, и размыкать их, если ток опережает напряжение одноименной фазы на угол 10—180°.

ж) Проверяют настройку ФНОП блокировки при качаниях. На шпильки *13* и *15* реле блокировки при качаниях подключают вольтметр, внутреннее сопротивление которого не менее 1 000 *ом/в*, и катодный осциллограф. На зажимы панели подают напряжение от обмоток трансформаторов напряжения, соединенных в «звезду». При этом на экране катодного осциллографа должна появиться кривая небаланса ФНОП, а вольтметр должен показать величину этого небаланса. Если кривая небаланса представляет собой пятую гармонику и не содержит огибающей первой гармоники, то подстройка ФНОП не производится. Если в кривой небаланса ФНОП содержится огибающая первой гармоники, то должна быть произведена его подстройка изменением величины сопротивлений *12R5* и *12R6* (см. рис. 1-1). При подстройке необходимо все время смотреть на экран катодного осциллографа и добиться полного устранения составляющей первой гармоники в небалансе ФНОП. После окончательной настройки ФНОП перекрещивают две фазы напряжения на зажимах панели (на зажим панели *10* подают напряжение фазы *B* и на зажим *20* — фазы *A*), чем имитируют подачу напряжения обратной последовательности. При этом измеряют напряжение на шпильках *13* и *15* реле блокировки от качаний (выход ФНОП): это напряжение должно быть порядка 135—145 *в*.

з) Проверяют работу блокировки при повреждениях цепей напряжения. Поочередно размыкают контактные мостики на зажимах панели *10*, *20*, *30*, *01*, *40*, *50*, *60* и *70*. При этом миллиамперметром с небольшим внутренним сопротивлением измеряют ток в обмотке реле *7РН* (в рассечке шпилек *13—15* реле блокировки) и наблюдают за поведением якоря реле *7РН*. После восстановления нормального состояния цепей напряжения защиты измеряют ток небаланса в реле *7РН*, величина которого не должна превышать 0,1 *ма*. Уменьшение небаланса достигается регулировкой в небольших пределах сопротивлений *7R1*, *7R2* и *7R3* (см. рис. 1-1).

§ 45. Восстанавливают все цепи на зажимах панели, поднимая и закрепляя контактные мостики. Переключающие устройства *19ПУ* и *20ПУ* при этом должны быть установлены в положение «сигнал».

§ 46. Оформляют паспорт-протокол проверки защиты. В документации щита управления делают соответствующие записи об окончании проверки (наладки) защиты и о возможности включения защиты в работу.

Проверка устройства компенсации пускового органа блокировки от качаний

§ 47. Устройство компенсации может быть использовано для повышения чувствительности пускового органа блокировки при качаниях. Правильность настройки

компенсирующего устройства проверяют после расчета его параметров и установки в соответствующие гнезда штекерных винтов на автотрансформаторах $12TK_a$, $12TK_b$ и $12TK_c$. При питании панели током через зажимы *301—401* (I_{AB}); *401—501* (I_{BC}) и *501—301* (I_{CA}) измеряют токи срабатывания реле *12PH*. Во всех трех случаях эти токи не должны отличаться друг от друга более чем на 10% и должны быть примерно равны:

$$I = \frac{\sqrt{3}\, U_{2ср}}{z_{2к}},$$

где $U_{2ср}$ — напряжение обратной последовательности, полученное ранее при проверке по § 20;

$z_{2к}$ — заданная уставка компенсирующего устройства.

Проверку производят при замкнутых накоротко цепях напряжения *10*, *20* и *30*.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

УДЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Напряжение, *кв*	Провод	x_1, *ом/км*	R_1, *ом/км*	y_1, *сим/км*
330 (2 провода в фазе)	АС-240 АС-500	0,3 0,33	0,066 0,032	$3{,}8\cdot10^{-6}$ $3{,}8\cdot10^{-6}$
500 (3 провода в фазе)	АСО-480	0,278—0,299	0,0212—0,0236	$3{,}7—4{,}1\cdot10^{-6}$
750 (4 провода в фазе)	АСО-600 АСО-700	0,28 0,265	0,01375 0,011	$4{,}27\cdot10^{-6}$ $4{,}52\cdot10^{-6}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЩИТЫ

Обозначения по схеме	Аппаратура	Технические данные исполнения на 220 *в*
Реле сопротивления второй зоны *1РС*, *3РС*, *5РС* в защите ДЗ-401, *4РС*, *5РС*, *6РС* в ДЗ-501	Трансреактор T_x (рис. 3-3, *а*)	$w_1 = w_2 = 156$, ПЭЛ 0,8 (ПЭВ — 2/0,8); $w'_3 = 760$, ПЭЛ 0,31 (ПЭВ — 2/0,31); $w''_3 = 200$, ПЭЛ 0,44 (ПЭВ — 2/0,44); $w_4 = 90$, ПЭЛ 0,31 (ПЭВ — 2/0,31); $\delta = 2{,}6$ *мм*
	Дроссель *Д* (рис. 3-3, *б*)	$w = 2\,350$, ПЭЛ 0,31 (ПЭВ — 2/0,31), $\delta = 2{,}6$ *мм*
	Трансформатор T_u (рис. 3-3, *г*)	$w_1 = 800$, отводы от 240-го и через каждые 80 витков; $w_2 = 72$, отводы от 8, 24, 40, 56 и 72-го витка; ПЭЛ 0,69 (ПЭВ — 2/0,64)
	Конденсаторы *С1*	16 *мкф* (4 *мкф*·4) $U_{раб} = 400$ *в*; МБГП, ГОСТ 7112-54
	Конденсаторы *С2*	1,5 *мкф* (1 *мкф* + 0,5 *мкф*); $U_{раб} = 1\,500$ *в*; МБГП, ГОСТ 7112-54
	Сопротивление *R1*	125 *ом*, ПЭВ, ГОСТ 6513-62
	Сопротивление регулируемое *R'2*	130 *ом*, константан, МНМц 40 — 1,5, 0,25, ГОСТ 5307-50
	Сопротивление регулируемое *R''2*	22 *ом*, константан, МНМц 40 — 1,5, 0,45, ГОСТ 5307-50
	Сопротивление регулируемое *R'''2*	9 *ом*, константан, МНМц 40 — 1,5 0,6, ГОСТ 5307-50
	Сопротивление *R3*	100 *ом*, ПЭВ, ГОСТ 6513-62
	Сопротивление *R4*	10 *ом*, ПЭВ, ГОСТ 6513-62
	Сопротивление *R5*	39 *ком*, ВС, ГОСТ 6562-53
	Индукционное реле	$w_я = 1\,350\cdot4$, ПЭВ — 2/0,27 $w_п = 700\cdot2$, ПЭВ — 2/0,38
Реле сопротивления второй зоны *1РС*, *3РС*, *5РС* в защите ДЗ-402, *4РС*, *5РС*, *6РС* в защите ДЗ-502	Трансреактор T_x	$w_1 = w_2 = 57$, ПЭЛ 0,8 (ПЭВ — 2/0,8); отводы от 19-го и 38-го витка; $w'_3 = 880$, ПЭЛ 0,31 (ПЭВ — 2/0,31); $w''_3 = 230$, ПЭЛ 0,44 (ПЭВ — 2/0,44) Все остальные параметры те же, что у ДЗ-401 (ДЗ-501)

Обозначения по схеме	Аппаратура	Технические данные исполнения на 220 *в*
2РС, 4РС, 6РС в ДЗ-401 и ДЗ-402 *1РС, 2РС, 3РС* в ДЗ-501 и ДЗ-502	Трансреактор T_x	$w_1 = w_2 = 76$, ПЭЛ 0,8 (ПЭВ — 2/0,8), отводы от 19-го и 38-го витка; $w'_3 = 880$, ПЭЛ 0,31 (ПЭВ — 2/0,31); $w''_3 = 230$, ПЭЛ 0,44 (ПЭВ — 2/0,44); $\delta = 4$ *мм*
	Дроссель *Д*	$w = 2\,350$, ПЭЛ 0,31 (ПЭВ — 2/0,31); $\delta = 2{,}6$ *мм*
Реле сопротивления первой зоны	Трансреактор $T_п$	$w_1 = 800$ (80·10); $w_2 = 76$, отводы от 4, 8, 12, 28, 44, 60 и 76-го витков; ПЭЛ 0,64 (ПЭВ — 2/0,64)
	Конденсаторы *С1* и *С2* и сопротивление *R1*	Параметры те же, что и у реле сопротивления второй зоны
	Сопротивление регулируемое *R2*	130 *ом*, константан, МНМц 40 — 1,5, 0,25, ГОСТ 5307-50
	Сопротивления *R3, R4, R5* и индукционное реле	Параметры те же, что и у реле сопротивления второй зоны
7РБ Блокировка при нарушении цепей напряжения ДЗ-401 и ДЗ-402	Трансформатор *ТБ*	$w_1 = 1\,920$; $w_2 = w_3 = 240$; $w_4 = w_5 = 480$; $w_6 = w_7 = 720$; ПЭЛ 0,27
	Выпрямитель *ВК-1*	*ВК-20-6*
	Сопротивления *R1, R2, R3*	Нерегулируемая часть 500 *ом*, ПЭ, ГОСТ 6513-53; регулируемая часть 240 *ом*, константан, МНМц 40—1,5; 0,20; ГОСТ 5307-50
	Поляризованное реле	$w_1 = 8\,800$, $R = 730$ *ом*; $w_2 = 4\,200$, $R = 600$ *ом*; ПЭЛ — 0,1; w_1 и w_2 включены последовательно
8РП ДЗ-401 и ДЗ-402	Промежуточное реле РП-251	$w = 32\,000$, ПЭВ— 2/0,8; $R = 8\,800 \pm 300$ *ом*
9РП ДЗ-401 и ДЗ-402	Реле РП-7	$w = 2\,200$, $R = 29$ *ом*; ПЭЛ 0,25
10РП, 11РП ДЗ-401 и ДЗ-402	Промежуточное реле РП-211 с добавочным сопротивлением	$w_1 = 8\,400$, ПЭВ — 2/0,11; $w_2 = 680$, ПЭВКТ — 2/0,1; $R_{общ} = 12\,500$ *ом*; $R_{доб} = 5\,000$ *ом*, ПЭ — 15
12РБ Блокировка при качаниях ДЗ-401 и ДЗ-402	Трансформатор *ТК*	$w_1 = 340$, ПЭВ — 2/0,8, отвод от 170-го витка; $w_2 = 576$, ПЭЛ 0,35; отводы от 24, 48, 72, 96, 216, 336, 456 и 576-го витка
	Трансформатор *СтТ*	$w_1 = 1980$, отводы от 220, 310 и 1130-го витка; $w_2 = 3\,500$; ПЭЛ 0,21
	Трансформатор $ТН_0$	$w_1 = 84$, ПБД—1,0, отводы от 42-го и 56-го витка; $w_2 = 5\,000$; ПЭЛ 0,2
	Конденсаторы *С1* и *С2*	1 *мкф*, $U_{раб} = 200$ *в*, МБГП, ГОСТ 7112-54
	Сопротивления *R1, R3*	4 000 *ом*, ПЭ, ГОСТ 6513-53
	Сопротивление *R4*	2 000 *ом*, ПЭ, ГОСТ 6513-53
	Сопротивление *R2*	8 000 *ом*, ПЭ, ГОСТ 6513-53
	Сопротивление *R5*	Нерегулируемая часть 200 *ом*, ПЭ, ГОСТ 6513-53; регулируемая часть 130 *ом*, константан, МНМц 40 — 1,5; 0,25, ГОСТ 5307-50

Обозначения по схеме	Аппаратура	Технические данные исполнения на 220 *в*
	Сопротивление *R6*	Нерегулируемая часть: 600 *ом*, ПЭ, ГОСТ 6513-53 Регулируемая часть: 240 *ом*, константан, МНМц 40—1,5; 0,2, ГОСТ 5307-50
	Выпрямители купроксные *ВК-1*, *ВК-2*	*ВК-20 — 6*
	Реле типа КДР-1	$w = 20\,000$, ПЭЛ 0,12, $R = 2\,000$ *ом*
	Реле типа КДР-3	$w = 37\,000$, ПЭЛ 0,08, $R = 9\,000$ *ом*
	Поляризованное реле	$w_1 = 8\,800$, $R_1 = 730$ *ом*; $w = 4\,200$, $R_2 = 600$ *ом*; ПЭЛ 0,1 w_1 и w_2 включены последовательно
	Дроссель	$w = 1\,750$, ПЭВ — 2/0,27; $z_{др} = 250$ *ом* при 50 *гц*
	Конденсатор *С3*	КБГМП-2В-200-0,5-III, ГОСТ 6118-52
13РВ ДЗ-401 и ДЗ-402	Реле времени *ЭВ — 134*, 110 *в*	$w = 9\,800$, ПЭЛ 0,2, 450 *ом*
14РВ ДЗ-401 и ДЗ-402	Реле времени ЭВ-124	$w = 18\,900$, ПЭЛ 0,14, $R = 1\,750$ *ом*
15РВ ДЗ-401 и ДЗ-402	Реле времени ЭВ-114	$w = 18\,900$, ПЭЛ 0,14, $R = 1\,750$ *ом*
16РУ, *18РУ* ДЗ-401 и ДЗ-402	Реле указательное ЭС-21/220	$w = 61\,000$, ПЭЛ 0,05, $R = 28\,000$ *ом*,
17РУ, ДЗ-401 и ДЗ-402	Реле указательное ЭС-21/0,05	$w = 3\,600$, ПЭЛ 0,25, $R = 70$ *ом*
25R ДЗ-401 и ДЗ-402	Сопротивление	1 000 *ом*, ПЭ, ГОСТ 6513-53
26R ДЗ-401 и ДЗ-402	Сопротивление	2 500 *ом*, ПЭ, ГОСТ 6513-53
27R ДЗ-401 и ДЗ-402	Сопротивление	500 *ом*, ПЭ, ГОСТ 6513-53
28R ДЗ-401 и ДЗ-402	Сопротивление	3 000 *ом*, ПЭ, ГОСТ 6513-53

Примечание. В тех случаях, когда обмоточные данные реле сопротивления защит разных типов отличаются, перед скобкой указаны параметры для ДЗ-400, в скобках для ДЗ-500.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

(станция, подстанция)

(защищаемый объект)

ПАСПОРТ-ПРОТОКОЛ

наладки дистанционной защиты ДЗ-400 и ДЗ-500

Дата и объем проверки

1. Паспортные данные

Тип реле	На какой панели установлено	$U_{ном}$, *в*	$I_{ном}$, *а*	Обозначение по схеме	Назначение

Защита выполнена по схеме №

2. Заданные уставки

Дата	Реле сопротивления						Время работы защиты, *сек*	
	Зона	Сопротивление срабатывания, *ом/фаза*		Настройка		Ток проверки, *а*	с блокировкой при качаниях	без блокировки при качаниях
		первичное	вторичное	угол, *град*	ток, *а*			
	I							
	II							
	I							
	II							
	I							
	II							

Блокировка при качаниях						Коэффициенты трансформации трансформаторов
Дата	Пуск по напряжению обратной последовательности, *в*	Пуск по току нулевой последовательности, *а*	Компенсация, *ом/фаза*	Время ввода защиты в работу, *сек*	Время возврата схемы блокировки в исходное положение, *сек*	тока
						напряжения

Уставки заданы

3. Расчет уставок реле сопротивления

Зона	I			II			I			II		
Фаза тока и напряжения	*CA*	*BC*	*AB*	*CA*	*BC*	*AB*	*CA*	*BC*	*AB*	*CA*	*BC*	*AB*
Обозначение реле по схеме	*2РС*	*4РС*	*6РС*	*1РС*	*3РС*	*5РС*	*2РС*	*4РС*	*6РС*	*1РС*	*3РС*	*5РС*
Дата												
Сопротивление уставки, *ом/фаза*												
Минимальное сопротивление срабатывания, *ом/фаза*												
Минимальный ток точной работы, *а*												
Отпайка на трансреакторе T_x												
N												
Уставка автотрансформатора T_u												
Расчетный ток точной работы, *а*												

Примечания: 1. Минимальное полное сопротивление срабатывания определяется при выбранной отпайке на трансреакторе.

2. Минимальный ток точной работы рассчитывается при выбранной отпайке на трансреакторе и всех включенных витках автотрансформатора.

Эти данные берутся из протокола заводских испытаний.

4. Проверка выполнения монтажа панели

Выполнение монтажа и состояние маркировки удовлетворительное. Монтаж соответствует схемам. _____

5. Проверка механической части реле и вспомогательных устройств

Произведена проверка механической части всех реле и вспомогательных устройств. Состояние реле и вспомогательных устройств удовлетворительное. _____

РЕГУЛИРОВКА ПОЛЯРИЗОВАННЫХ РЕЛЕ

Реле		*7РН*			*9РП*			*12РН*		
Дата										
Зазор между контактами, *мм*	замыкающий									
	размыкающий									
Сопротивление изоляции относительно магнитопровода, *Мом*	якоря									
	обмоток									

6. Проверка изоляции

Изоляция панели испытана напряжением $\frac{\text{переменного тока 1 000 } в}{\text{мегомметром 2 500 } в}$ в течение 1 *мин*

ИЗМЕРЕНО СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ

Дата						
Изоляция измерена	В полной схеме, *Мом*			В пределах панели, *Мом*		
Цепи напряжения „звезда" — панель						
Цепи напряжения „разомкнутой треугольник" — панель						
Цепи оперативного тока — панель						
Цепи сигнализации — панель						
Вторичная обмотка трансформатора *12СтТ* — панель						
Вторичная обмотка трансформатора *7ТБ* — панель						
Токовые цепи — цепи напряжения						
Токовые цепи — цепи оперативного тока						
Токовые цепи — цепи сигнализации						
Цепи напряжения „звезда" — „разомкнутый треугольник"						
Цепи напряжения — цепи оперативного тока						
Цепи напряжения — цепи сигнализации						
Цепи оперативного тока — цепи сигнализации						
Между обмотками трансформатора *12СтТ*						
Между обмотками трансформатора *7ТБ*						
Токовые цепи — панель						

7. Проверка реле постоянного тока

Реле	$U_{ср}$, *в*	$U_{в}$, *в*	Время, *сек*		Примечание
			срабатывания	возврата	
13РВ				—	Последовательно с сопротивлением 27*R* Уставка по шкале . . . . . *сек*
14РВ			—	—	Уставка настраивается при проверке по п. 28. Уставка на шкале . . . . . *сек*
15РВ			—	—	Уставка настраивается при проверке по п. 28. Уставка по шкале . . . . . *сек*
29РВ				—	Последовательно с сопротивлением 32*R* Уставка по шкале . . . . . *сек*
35РВ		—	—	—	Уставка по шкале . . . . . *сек*
16РУ		—	—	—	—
17РУ		—	—	—	Проверяется совместно с выходными реле

Продолжение

Реле	$U_{ср}$, *в*	$U_{в}$, *в*	Время, *сек*		Примечание
			срабатывания	возврата	
18РУ		—	—	—	—
31РУ		—	—	—	—
36РУ		—	—	—	—
8РП					—
9РП	$I_{ср}$	$I_{в}$	—	—	Поляризованное реле
10РП					—
11РП					—
12РП1				—	Последовательно с сопротивлением *12R1*
12РП2				—	Измеряется время ввода защиты в работу в полной схеме на шпильках 2—4 реле *12РП1*

8. Проверка блокировки при повреждении цепей напряжения.

Проверка поляризованного реле *7РН* и трансформатора *7ТБ*. Проверка произведена при питании одноименных фаз устройства от трансформатора напряжения. При пофазной проверке цепи двух других фаз „звезды" блокировки отсоединяются.

Подано напряжение на зажимы панели 40—70			Фаза	Подано напряжение на зажимы панели, *в*		Ток небаланса в обмотке реле *7РН*, *ма*
Ток, *ма*		$k_{в}$		100	$100\sqrt{3}$	
срабатывания	возврата					
			A	40 — 50	10 — 01	
			B	50 — 60	20 — 01	
			C	60 — 70	30 — 01	

Подается напряжение 50 *в* на зажимы панели 40 — 70 и проверяется полярность обмоток трансформатора *7ТБ* путем измерения тока небаланса в обмотке реле *7РН* . . . . . *ма* (норма 7 *ма* $\pm$ 10%)

9. Проверка блокировки при качаниях.

Проверка стабилизирующего трансформатора *12СтТ*. Режим двухфазного к. з. (напряжение подано на зажимы панели *10—20*, *30*). Сопротивление *11R4* расшунтировано. Компенсация выведена из работы. Уставка на трансформаторе *12СтТ*-2.

Напряжение входа, *в*									
Напряжение выхода, *в* (выводы *35—36* трансформатора *12СтТ*)									

Проверка насыщающего трансформатора *12ТН*$_0$

Режим однофазного к. з. (ток подан на зажимы панели *301 — 001*). Сопротивление *12R1* расшунтировано. Компенсация выведена из работы. Уставка на трансформаторе *12ТН*$_0$ — 0,2.

Ток $3I_0$, *а*									
Напряжение выхода, *в* (выводы *37—40* трансформатора *12ТН*$_0$)									

11. Проверка симметричности плеч ФНОП по срабатыванию реле *12РН*.

Режим двухфазного короткого замыкания. Сопротивление *12R1* зашунтировано. Компенсация выведена из работы. Уставка на трансформаторе *12СтТ* . . . . . *в*

Напряжение подано на зажимы панели	*10—20, 30*	*20 — 30, 10*	*30 — 10, 20*
Напряжение срабатывания, *в*			
Ток срабатывания, *ма*			
Ток возврата, *ма*			
$k_в$			
Разброс напряжения срабатывания, %			

12. Проверка чувствительности блокировки по напряжению.

Напряжение подано на зажимы панели *10 — 20, 30*. Компенсация выведена из работы.

Уставка на трансформаторе *12СтТ*	Положение контактов *12РП2*	Сопротивление *12R1*	Работа реле *12РН*			Фазовое напряжение U_2 при срабатывании	Отклонение U_2 от уставки *12СтТ*, %
			Напряжение на входе панели, *в*		Коэффициент возврата		
			при срабатывании	при возврате			
2	Замкнуты	Зашунтировано					
	Разомкнуты	Не зашунтировано					
4	Замкнуты	Зашунтировано					
	Разомкнуты	Не зашунтировано					
6	Замкнуты	Зашунтировано					
	Разомкнуты	Не зашунтировано					

13. Проверка чувствительности блокировки по току.

Ток подан на зажимы панели *301 — 001*. Компенсация из работы выведена.

Уставка на трансформаторе $12ТН_0$	Положение контактов *12РП2*	Сопротивление *12R1*	Работа реле *12РН*			Отклонение тока срабатывания от уставки на трансформаторе $12ТН_0$, %
			Ток на входе панели, *а*		Коэффициент возврата	
			при срабатывании	при возврате		

14. Проверка чувствительности блокировки при одновременном питании током и напряжением.

Ток подан на зажимы панели *301—001*, напряжение — на зажимы *10 — 20, 30*. Компенсация из работы выведена. Контакты *12РП2* замкнуты.

Уставки на трансформаторах		Напряжение на входе панели, *в*	Составляющая обратной последовательности U_2	Ток $3I_0$ на входе панели при срабатывании, *а*	Отклонение тока $3I_0$ от заводских значений (по кривым), %	Примечание
12СтТ	$12ТН_0$					

ПРОВЕРКА И НАСТРОЙКА РЕЛЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

15. Проверка самохода.

Самоход от тока проверялся при токах от . . . . . *а* до . . . . . *а*. Цепи напряжения замкнуты на входе панели на трехфазное сопротивление величиной: для реле I зоны . . . . . *ом/фаза*, для реле II зоны . . . . . *ом/фаза*. При проверке реле I зоны смещение II зоны $\frac{\text{выведено}}{\text{введено}}$. Пружины полностью ослаблены. _____

Реле	*2РС*	*4РС*	*6РС*	*1РС*	*3РС*	*5РС*
Уставка на трансреакторе T_x						
Поведение подвижной системы реле						

16. Определение угла максимальной чувствительности при токе $I_{\text{I зоны}}$ . . . . . *а*, $I_{\text{II зоны}}$ . . . . . *а*.

Реле	*2РС*	*4РС*	*6РС*	*1РС*	*3РС*	*5РС*
Питание подано на фазы	*СА*	*ВС*	*АВ*	*СА*	*ВС*	*АВ*
Напряжение на реле, *в*						
Реле замыкает контакт при угле φ'						
Реле замыкает контакт при угле φ''						
Угол максимальной чувствительности $\varphi_{\text{м.ч}} = \frac{\varphi' + \varphi''}{2}$						
Уставки на трансреакторах T_x						

Примечание _____

17. Проверка угловых характеристик $z_{\text{ср}} = f(\varphi_{\text{реле}})$ и настройка рабочих уставок при токах $I_{\text{I зоны}}$ . . . . . *а*, $I_{\text{II зоны}}$ . . . . *а*.

Смещение II зоны введено (выведено)

Реле	Питание подано на фазы	Величины срабатывания	Угол между напряжением и током реле, $\varphi_р$, *град*								Работа реле при $\varphi_{\text{м.ч}} = \ldots$		Уставки		
			0	30	60	90	120	150	180	210(270°)	срабатывание	возврат	трансреактора T_x	автотрансформатора T_u	φ, *град*
2РС	*СА*	$U_{\text{ср}}$, *в*													
		$z_{\text{ср}}$, *ом*													
4РС	*ВС*	$U_{\text{ср}}$, *в*													
		$z_{\text{ср}}$, *ом*													
6РС	*АВ*	$U_{\text{ср}}$, *в*													
		$z_{\text{ср}}$, *ом*													

Продолжение

Реле	Питание подано на фазы	Величины срабатывания	Угол между напряжением и током реле, $\varphi_р$, *град*								Работа реле при $\varphi_{м.ч}$=. . .		Уставки		
			0	30	60	90	120	150	180	210(270°)	срабатывание	возврат	трансреактора $T_т$	автотрансформатора $T_а$	φ, *град*
1PC	*CA*	$U_{ср}$, *в*													
		$z_{ср}$, *ом*													
3PC	*BC*	$U_{ср}$, *в*													
		$z_{ср}$, *ом*													
5PC	*AB*	$U_{ср}$, *в*													
		$z_{ср}$, *ом*													

18. Проверка зависимости $z_{ср} = f(I)$ и определение тока точной работы реле при φ= . . . . . .

Реле	Питание подано на фазы	Величина срабатывания	Ток в реле, *а*										Ток точной работы, *а*
2PC	*CA*	$U_{ср}$, *в*											
		$z_{ср}$, *ом*											
4PC	*BC*	$U_{ср}$, *в*											
		$z_{ср}$, *ом*											
6PC	*AB*	$U_{ср}$, *в*											
		$z_{ср}$, *ом*											
1PC	*CA*	$U_{ср}$, *в*											
		$z_{ср}$, *ом*											
3PC	*BC*	$U_{ср}$, *в*											
		$z_{ср}$, *ом*											
5PC	*AB*	$U_{ср}$, *в*											
		$z_{ср}$, *ом*											

Примечание: Ток точной работы определяется графически по кривой $z_{ср} = f(I)$.

19. Проверка поведения реле при подаче тока при разомкнутых цепях напряжения.

еле	*2PC*	*4PC*	*6PC*	*1PC*	*3PC*	*5PC*
Ток срабатывания реле, *а*						

20. Проверка защиты в собранной схеме.

Проверка взаимодействия реле защиты. Проверено взаимодействие реле защиты замыканием их контактов от руки при напряжении оперативного тока, равном номинальной величине и 80% номинальной величины. Взаимодействие реле защиты соответствует принципиальной схеме №_____

21. Проверка реле сопротивления при сбросе напряжения со 100 *в* до нуля закорачиванием цепей напряжения на входе панели. Ток в реле отсутствует.

Реле	*2PC*	*4PC*	*6PC*	*1PC*	*3PC*	*5PC*
Поведение подвижной системы						

22. Проверка поведения защиты при подаче и сбросе напряжения. Ток отсутствует. При подаче на панель напряжения 100 *в* реле сопротивления не замыкали своих контактов, запускалась блокировка при качаниях и срабатывала блокировка при неисправностях в цепях напряжения. При сбросе напряжения со 100 *в* до нуля (цепи напряжения остаются разомкнутыми) реле сопротивления . . . . . кратковременно замыкали контакты.

23. Проверка работы защиты при к. з. в начале защищаемой линии (для реле I зоны)

Реле	К. з. между фазами	Поведение защиты при подаче тока от . . . . . *а*, до . . . . . *а* при $\varphi_{реле}$ = ... и сбросе напряжения со 100 *в* до 0 с одновременным замыканием цепей напряжения на сопротивление *R*= . . . . . *ом*

24. Проверка правильности действия защиты при к. з. на шинах п/ст. Смещение реле II зоны $\frac{\text{введено в работу}}{\text{выведено из работы}}$

Реле	К. з. между фазами	Поведение реле сопротивления при подаче тока от . . . . . *а* до . . . . . *а* при $\varphi_{реле} = \varphi_{м.ч} + 180° =$ . . . . . и сбросе напряжения со 100 *в* до 0 с одновременным замыканием цепей напряжения панели на сопротивление *R* = ... *ом*
2PC	*CA*	
4PC	*BC*	
6PC	*AB*	
1PC	*CA*	
3PC	*BC*	
5PC	*AB*	

При восстановлении нормального режима работы после режима к. з. контакты реле сопротивления . . . . . не замыкались (замыкались).

25. Проверка работы защиты при включении линии на трехфазное к. з. в начале защищаемой линии (для реле II зоны). Цепи напряжения закорочены на входе панели. Смещение введено в работу.

Реле	*1PC*	*3PC*	*5PC*
Ток срабатывания реле, *а*			

26. Проверка работы контактов реле сопротивления на размыкание при плавном увеличении полного сопротивления до величины, превышающей уставку. Контакты всех реле сопротивления разрывают нагрузку постоянного тока без сильного искрения. При отсутствии тока и напряжения и замыкании контактов реле сопротивления от руки контакты реле . . . . . размыкают нагрузку надежно.

27. Проверка потребления цепей переменного тока и напряжения защиты при однофазном питании

Наименование цепей	Цепи напряжения						Цепи тока					
	„Звезда"			„Разомкнутый" треугольник								
Фазы	*AB*	*BC*	*CA*	$A_нA_к$	$A_кC_н$	$C_нC_к$	*AO*	*BO*	*CO*	*AB*	*BC*	*CA*
I, *a*							1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
U, *в*	100	100	100	100	100	100						
S, *ва*												
Состояние цепей	Цепи тока разомкнуты						Цепи напряжения разомкнуты					

28. Время работы защиты при $\Phi_{реле}$ = ... (измеряется на контактах выходного промреле), *сек*.

К. з. между фазами	Зона		I		II				III
	Полное сопротивление на реле, *ом*		$0{,}5z_I$	$0{,}9z_I$	без ускорения		с ускорением, *сек*		$1{,}1\ z_{II}$
					$1{,}1\ z_I$	$0{,}9\ z_{II}$	0	0,35	
	Ток, *а*								
AB	Блокировка при качаниях	Есть							
		Нет							
BC		Есть							
		Нет							
CA		Есть							
		Нет							

29. Проверка действия защиты на отключение выключателей, взаимодействия с другими защитами, автоматикой и действия сигнализации.

Проверено действие защиты на отключение выключателей_____
Проверка защиты током и напряжением линии.
Схема первичных соединений_____

_____

Направление мощности: активной _____
реактивной_____

Показания щитовых приборов: I_A =_____*а*, I_B = _____*а*, I_C =_____*а* и *U* =_____*кв*.

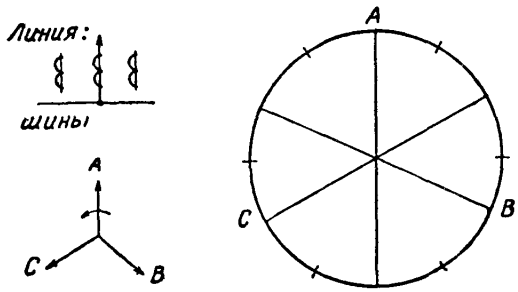
30. Напряжения на обмотках трансформатора напряжения, *в*

„Звезда"						„Разомкнутый треугольник"			
AO	*BO*	*CO*	*AB*	*BC*	*CA*	$A_нA_к$	$A_кC_н$	$C_нC_к$	$A_нC_к$
Чередование фаз *A*, *B*, *C*						Чередование фаз $A_н$, $A_к$, $C_н$			

Цепи напряжения проверяемой панели №_____ сфазированы с_____

31. Векторная диаграмма (напряжение на приборе при снятии векторной диаграммы _____)

Присоединение	Токи, *а*				Углы между токами и напряжениями, φ°		
	I_A	I_B	I_C	$3I_0$	I_A; U	I_B; U	I_C; U



32. Проверка ориентировки реле сопротивления в режиме реле направления мощности (переключаются перемычки на шпильках реле). Реле подключается на ток и напряжение линии.

Проверяется реле			
Поведение подвижной системы реле			
Момент в режиме работы реле сопротивления			

33. Проверка настройки ФНОП блокировки при качаниях от ТН линии

Напряжение выхода ФНОП при прямом чередовании фаз	Ток в реле *12РН* при прямом чередовании фаз. Якорь реле *12РП2* притянут	Напряжение выхода ФНОП при обратном чередовании фаз	
		U_2=_____ *в*	$I_{12РН}$ =_____ *ма*

Примечание: _____

34. Проверка блокировки при неисправностях в цепях напряжения от трансформаторов напряжения линии.

Ток в реле *7РН*, *ма*, при поочередном отключении от панели	Отключена фаза напряжения							
	A	*B*	*C*	0	$A_н$	$A_к$	$C_н$	$C_к$
Коэффициент запаса $k = \frac{I_{7РН}}{I_{ср7РН}}$								
Поведение реле *7РН*	Работает			Не работает	Работает			

Ток небаланса в реле *7РН* при восстановленной схеме $I_{нб7РН}$ = _____ *ма*

Примечание: _____

Заключение: _____

_____

Проверку производили: _____ Протокол проверил: _____

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРОВЕРКИ

35. Проверка распределения напряжений по элементам ФНОП блокировки при качаниях. Нагрузка от ФНОП отсоединена. Компенсация из работы выведена. На зажимы панели поочередно подается напряжение U_{AB} и U_{BC}.

Напряжение измеряется на	входе ФНОП	выходе ФНОП	конденсаторе *12C4*	сопротивлении *12R6*	конденсаторе *12C5*	сопротивлении *12R5*
Расчетное напряжение, *в*	100	86 ± 2	50 ± 1	86 ± 2	86 ± 2	50 ± 1
Измеренное напряжение, *в*						

36. Проверка автотрансформаторов напряжения реле сопротивления. На обмотку w_1 (вход панели) подано напряжение 100 *в*. Нагрузка отсоединена. Измеряется распределение напряжений по отпайкам.

Реле	$I_{x.x}$, *ма*	$z_{x.x}$, *ом*	Отпайки автотрансформаторов															
			90	80	70	60	50	40	30	20	10	12	14	16	18	18,5	19	19,5
			Напряжение, *в*															
2PC																		
4PC																		
6PC																		
1PC																		
3PC																		
5PC																		

37. Проверка распределения напряжения по элементам поляризующего контура реле сопротивления. Смещение II зоны выведено

Реле	Напряжение, *в*				
	на входе панели	на обмотке реле	на конденсаторе	на дросселе	на зажимах цепи дроссель — конденсатор

38. Проверка трансреакторов реле сопротивления. Нагрузка отсоединена. Ток подается в последовательно соединенные первичные обмотки

Реле	Отпайка на трансреакторе	Нагрузочное сопротивление	Э.д.с. на выходе трансреактора, *в*	Ток на входе трансреактора, *а*									
		Отсоединено											
		Подсоединено											
		Отсоединено											
		Подсоединено											

39. **Другие дополнительные проверки.**

Дополнительные проверки производили:

Протокол проверил:

40. Последующие проверки

№ п/п.	Произведена проверка по пунктам	Вид проверки	Замечания по проверке	Дата и подпись проверявшего
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ЛИТЕРАТУРА

1. **Фейст** П. К., Исследование работы дистанционных реле методом круговых диаграмм в комплексной плоскости полных сопротивлений, Труды ЦНИЭЛ, вып. 1, Госэнергоиздат, 1953.

2. Панели дистанционной защиты типов ДЗ-501 и ДЗ-502. Управление по печати при Совете Министров Чувашской АССР, Чебоксары, 1964.

3. Инструкция по проверке трансформаторов тока, используемых в схемах релейной защиты, Госэнергоиздат, 1960.

4. Инструкция по проверке трансформаторов напряжения и их вторичных цепей, Госэнергоиздат, 1960.

5. Инструкция по проверке реле времени типов ЭВ-180, ЭВ-200, РВ-73, РВ-75, ЭВ-100 и ЭВ-200 (новая серия), Госэнергоиздат, 1961.

6. Инструкция по проверке промежуточных и сигнальных реле, Госэнергоиздат, 1959.

7. Лысенко Е. В., Поляризованные реле и их регулировка для целей релейной защиты и автоматики, Госэнергоиздат, 1960.

8. Кочетов В. В., Сапир В. Д., Якубсон Г. Г., Наладка и эксплуатация релейной части дифференциально-фазных высокочастотных защит линий 400—500 *кв* (ДФЗ-401 и ДФЗ-402), Госэнергоиздат, 1962.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 2

Глава первая. **Описание защиты** 3

1. Цепи переменного тока 3
2. Цепи постоянного тока 12
3. Особенности защиты ДЗ-500 18

Глава вторая. **Выбор уставок реле** 18

1. Направленные реле сопротивления 18
2. Выдержки времени защиты 21
3. Реле блокировки при качаниях 21

Глава третья. **Конструктивное исполнение и технические данные** 22

1. Конструктивное исполнение 22
2. Технические данные 22

Глава четвертая. **Наладка и проверка защиты** . . 25

1. Общие положения 25
2. Внешний осмотр и проверка механической части реле, состояния монтажа и изоляции 25
3. Проверка изоляции 28
4. Проверка электрических характеристик . . . 29

Приложения: 1. Удельные параметры линий электропередачи 41
2. Основные технические данные элементов защиты . 41
3. Паспорт-протокол наладки дистанционной защиты ДЗ-400 и ДЗ-500 44

Литература . . . . . 3 стр. обл.

gost.e-ecolog.ru