РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ

Дистанционная защита линий 35–330 кв

(дополнение)

7

«ЭНЕРГИЯ»

gost.e-ecolog.ru

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ

ВЫПУСК 7 (дополнение)

ДИСТАНЦИОННАЯ ЗАЩИТА ЛИНИЙ 35—330 *кв*

(СОСТАВЛЕНО ВСЕСОЮЗНЫМ ГОСУДАРСТВЕННЫМ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИМ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ИНСТИТУТОМ ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ МЭиЭ СССР)

«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1968

6П2.13
Р 64
УДК 621.316.925.45

Р 64 **Руководящие** указания по релейной защите. Вып. 7 (дополнение). Дистанционная защита линий 35—330 *кв.* Сост. Всесоюз. гос. проектно-изыскательским и научно-исслед. ин-том Энергосетьпроект МЭиЭ СССР. М., «Энергия», 1968.

16 с. с илл.

Настоящий выпуск Руководящих указаний разработан институтом Энергосетьпроект (заместитель главного инженера Б. С. Успенский) — сектором типовых работ и лабораторией релейной защиты отдела релейной защиты, автоматики, устойчивости и моделирования (ОРЗАУМ), начальник сектора В. А. Рубинчик, консультант А. Б. Чернин, руководители групп Т. Н. Дороднова, А. А. Рудман и А. Н. Кожин, начальник лаборатории Г. Т. Грек, главные инженеры проекта В. Л. Карцев и Т. В. Смирнова, старший инженер М. Ф. Федорова, под общим руководством А. М. Федосеева.

3-3-13
84а—67

6П2.13

Редактор *Т. Н. Дороднова*
Художественный редактор *Д. И. Чернышев*
Технический редактор *Т. Г. Усачева* Корректор *З. Б. Шлайфер*

Сдано в набор 23/VI 1967 г. Подписано к печати 14/XII 1967 г. Т-16050
Формат 84×108¹/₁₆ Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 1,68 Уч.-изд. л. 2,04
Тираж 13 000 экз. Цена 10 коп. Зак. 429

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

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

В настоящем дополнении к Руководящим указаниям по релейной защите «Дистанционная защита линий 35—330 *кв*», вып. 7, рассмотрены особенности схем дистанционной защиты линий 35—330 *кв* от многофазных коротких замыканий, выполненной с использованием комплектных устройств типа ДЗ-1, ДЗ-2 и КРС-1, содержащих магнитоэлектрические реле. Указанные комплектные устройства разработаны лабораторией релейной защиты ОРЗАУМ института Энергосетьпроект.

Использование магнитоэлектрических реле в качестве реагирующих органов реле сопротивления позволяет снизить потребление защиты в цепях тока и напряжения, увеличить чувствительность, уменьшить время ее действия и габаритные размеры, а также облегчает наладку и эксплуатацию реле сопротивления по сравнению с реле сопротивления, выполненными на индукционной системе (у последних, например, трудно устранить самоход).

Приведенные ниже схемы дистанционной защиты разработаны в соответствии с основными принципами выполнения схем дистанционной защиты линий 110—330 и 35 *кв*, изложенными в «Руководящих указаниях по релейной защите, вып. 7. Дистанционная защита линий 35—330 *кв*», гл. 1 и 4, разд. А.

СХЕМА ТРЕХСТУПЕНЧАТОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ 110—330 *кв* ОТ ВСЕХ ВИДОВ МНОГОФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ, ВЫПОЛНЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКТА ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ТИПА ДЗ-2 И КОМПЛЕКТА РЕЛЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТИПА КРС-1 (рис. 1)

1. С использованием комплекта двухступенчатой защиты типа ДЗ-2 могут быть выполнены следующие варианты защиты:

а) двухступенчатая дистанционная защита с устройством блокировки при качаниях типов КРБ-126 (аналогично устройству типа КРБ-124, см. Р. У., вып. 7, гл. 1, разд. А, п. 10) или КРБ-125 (аналогично устройству типа КРБ-123, см. там же);

б) трехступенчатая дистанционная защита с комплектом реле сопротивления типа КРС-1 и устройством блокировки при качаниях типов КРБ-126 или КРБ-125.

Следует отметить, что трехступенчатая дистанционная защита принципиально может использоваться и без устройств блокировки при качаниях.

2. Трехступенчатая, а также двухступенчатая дистанционная защита может применяться для линий с двухсторонним питанием как в качестве основной, так и в качестве резервной.

Ниже дано описание трехступенчатой дистанционной защиты (по п. 1,б), а на рис. 1 приведена схема этой защиты, выполненной с устройством блокировки при качаниях типа КРБ-126; схема устройства блокировки при качаниях типа КРБ-125 приведена отдельно на рис. 2.

3. Трехступенчатая защита осуществлена с помощью трех однофазных направленных реле сопротивления *3-1РС—3-3РС* (пусковой орган), трех однофазных направленных реле сопротивления *4-1РС—4-3РС* (дистанционный орган) и устройства блокировки при качаниях *5*.

Следует отметить, что при выполнении защиты по п. 1,а в качестве пускового органа используется устройство блокировки при качаниях (при этом в схеме цепей оперативного постоянного тока должна быть предусмотрена перемычка между зажимами *47—49*).

4. Для осуществления первой и второй ступеней в защите использован общий дистанционный орган (реле сопротивления *4-1РС—4-3РС*), имеющий переключение в цепях напряжения для перехода с уставки первой ступени на уставку второй ступени.

Направленные реле сопротивления, характеристика срабатывания которых в комплексной плоскости сопротивлений изображается окружностью, проходящей через начало координат, выполнены на основе схемы сравнения абсолютных значений двух электрических величин на равновесие напряжений. Указанная схема (в сочетании с магнитоэлектрическим реле) в рассматриваемом случае обеспечивает большее быстродействие, чем другие схемы сравнения, используемые для выполнения реле сопротивления.

Действие реле сопротивления определяется уравнением, характеризующим значение и знак тока на выходе схемы сравнения — на обмотке магнитоэлектрического реле,

$$I_{\text{р}} = k\{|\dot{k}_{\text{т}}\dot{I}| - |k_{\text{н}}\dot{U} - \dot{k}_{\text{т}}\dot{I}|\}, \qquad (1)$$

где $I_{\text{р}}$ — ток в обмотке магнитоэлектрического реле;

$\dot{I}$ и $\dot{U}$ — разность фазных токов и междуфазное напряжение, подводимые к реле сопротивления;

$\dot{k}_{\text{т}}$ — коэффициент, численно равный отношению э. д. с. на вторичной обмотке трансреактора к его первичному току;

$k_{\text{н}}$ — коэффициент трансформации трансформатора напряжения реле сопротивления;

k — коэффициент пропорциональности, определяемый параметрами схемы.

Напряжение $(\dot{k}_{\text{т}}\dot{I})$ вводится в рабочий контур реле сопротивления и после выпрямления создает в обмотке магнитоэлектрического реле ток, действующий в сторону срабатывания реле; напряжение $(k_{\text{н}}\dot{U}—\dot{k}_{\text{т}}\dot{I})$ вводится в тормозной контур реле сопротивления и после выпрямления создает в обмотке магнитоэлектрического реле ток, действующий в сторону возврата реле.

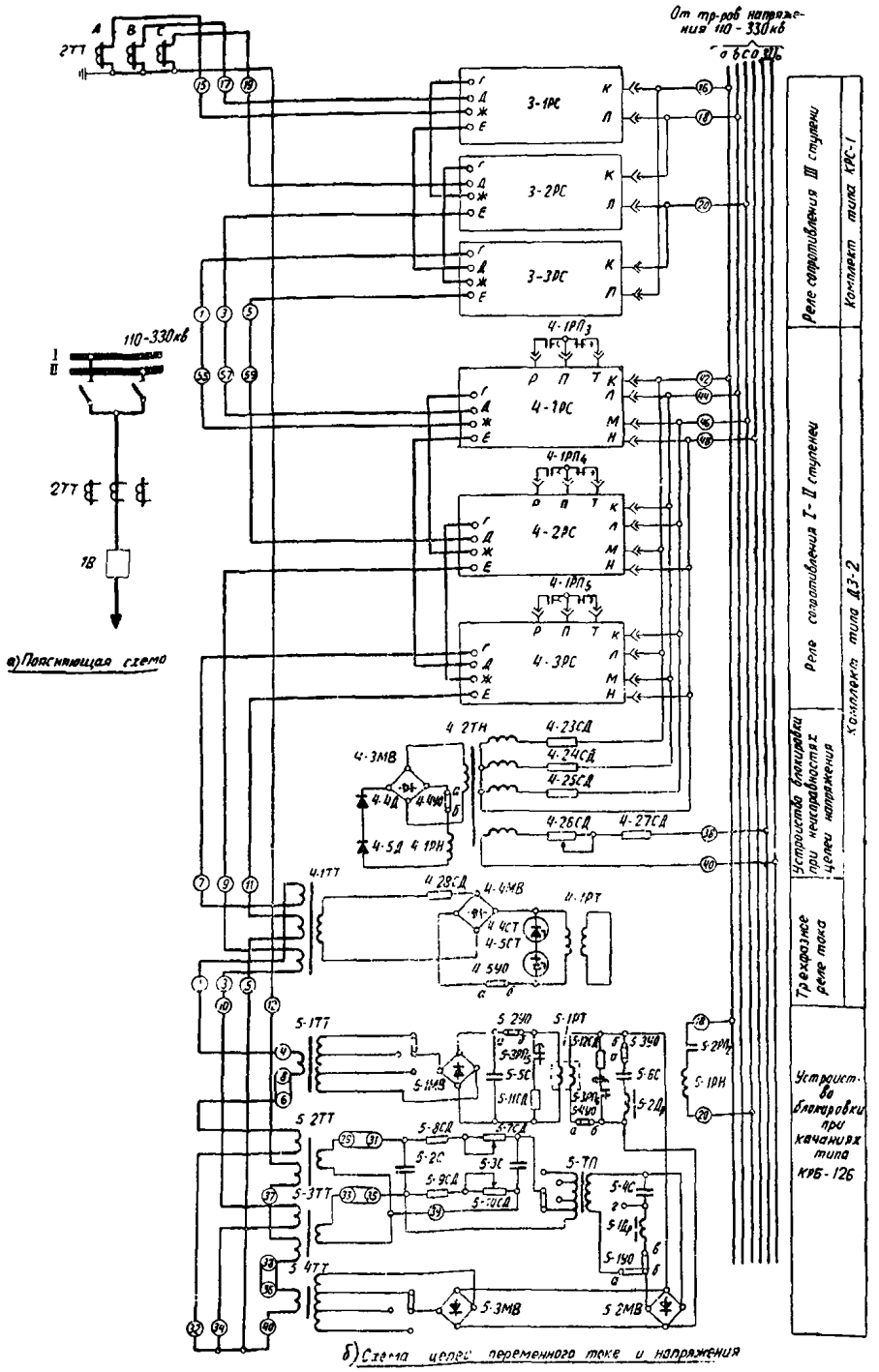
В условиях срабатывания реле сопротивления можно принять $I_р \approx 0$, тогда уравнение (1) примет вид:

$$\left|Z - \frac{\dot{k}_т}{k_н}\right| = \left|\frac{\dot{k}_т}{k_н}\right|, \qquad (2)$$

где $Z = \frac{\dot{U}}{I}$.

В комплексной плоскости сопротивлений уравнение (2) представляет собой окружность диаметром $2 \cdot \left|\frac{\dot{k}_т}{k_н}\right|$, проходящую через начало координат.

Следует отметить, что реле сопротивления, выполненное в соответствии с уравнением (1), не обладает четкой направленностью действия; так при $U=0$ из-за практического неравенства токов в рабочем и тормозном контурах реле сопротивления характеристика срабатывания указанного реле будет либо охватывать начало координат, либо иметь смещение в сторону первого квадранта. Оба случая являются недопустимыми, поскольку в первом случае отсутствует направленность реле сопротивления при повреждении в начале смеж-



ного участка, а во втором появляется зона недействия реле («мертвая зона») при повреждении в начале защищаемого участка. Для предотвращения указанного в основу работы реле сопротивления положено уравнение

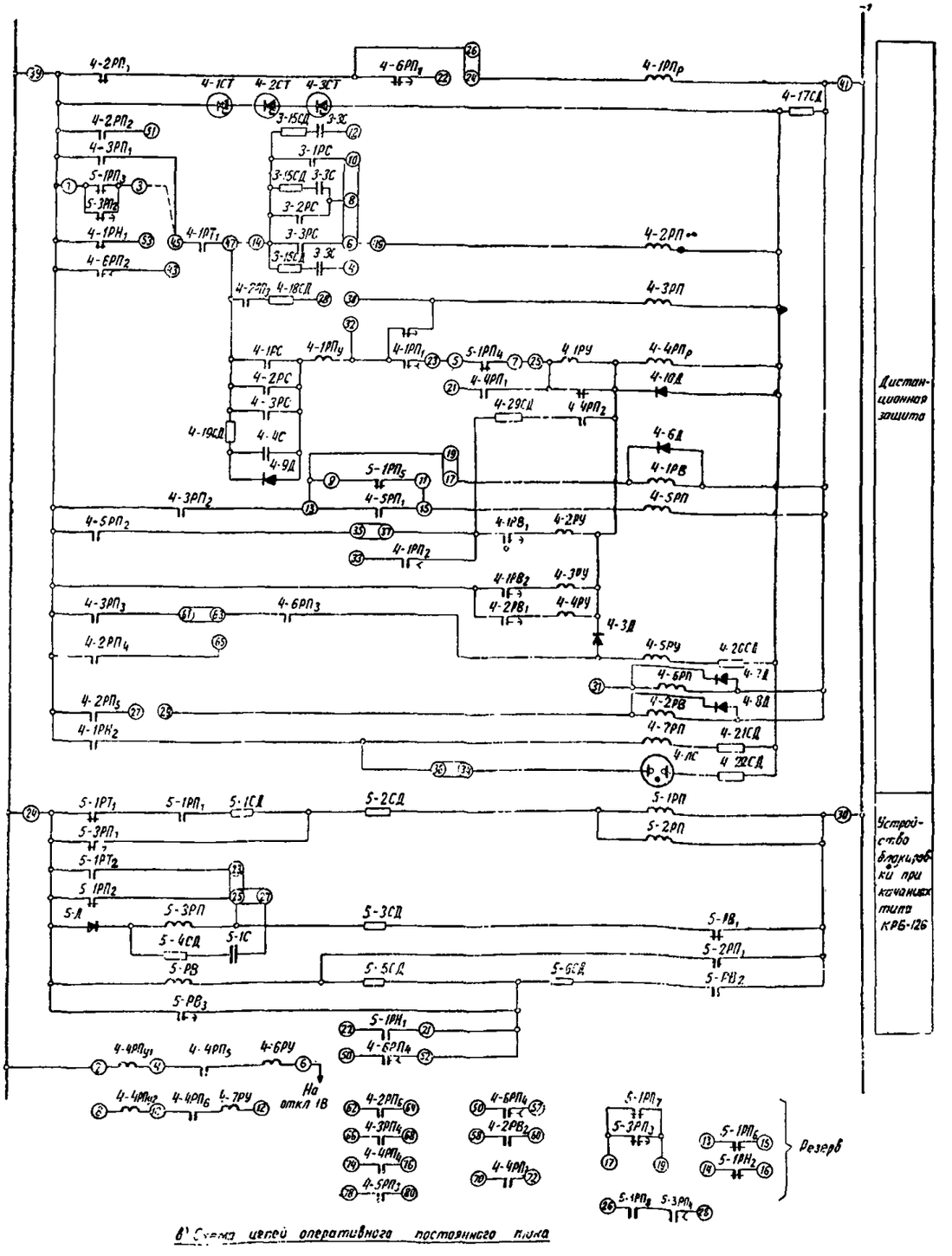
$$I_р = k\{|\dot{k}_т\dot{I} + \Delta\dot{U}_п| - |k_н\dot{U} - \dot{k}_т\dot{I} + \Delta\dot{U}_п|\}, \quad (3)$$

где $\Delta\dot{U}_п$ — напряжение подпитки от третьей (неповрежденной) фазы, вводимое с помощью трансреактора *4-2ТР* (см. рис. 1,*д*).

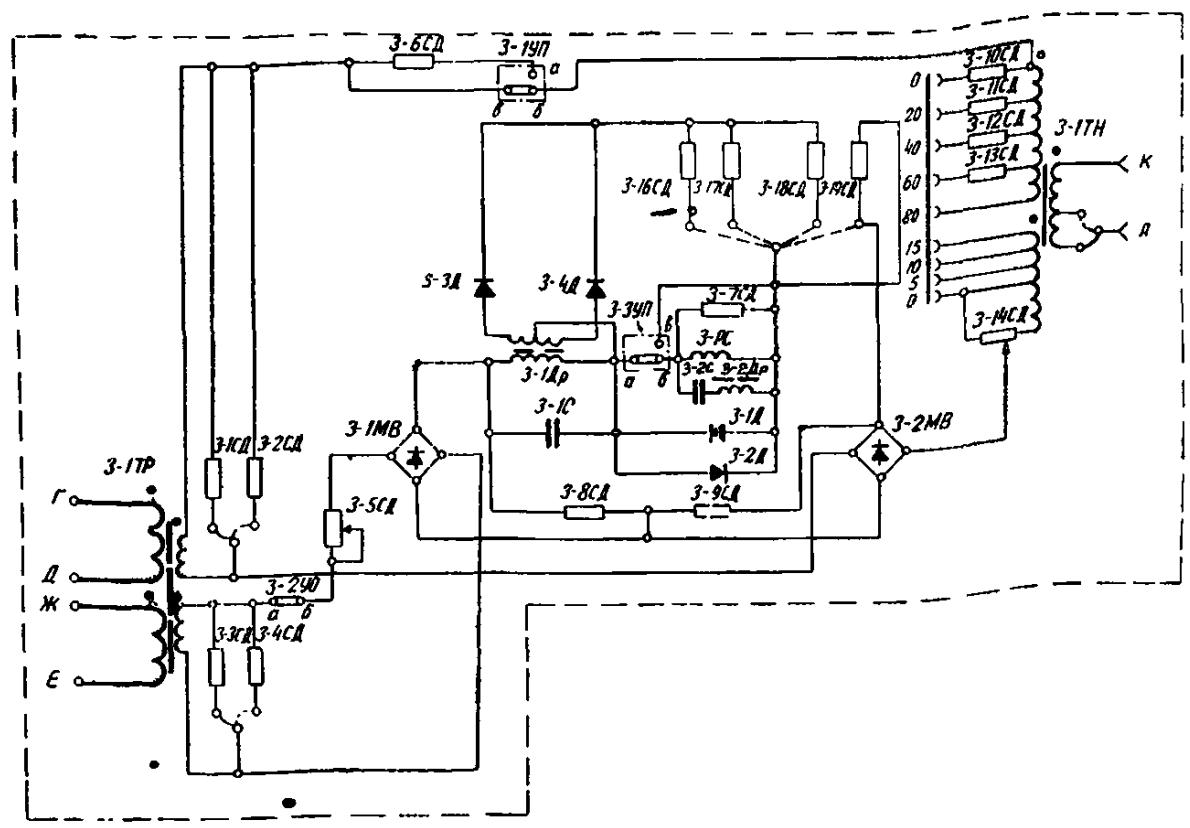
При малых значениях $\Delta\dot{U}_п$ по сравнению с $k_н\dot{U}$ характеристика реле в комплексной плоскости практически не отличается от окружности, поскольку напряжение $\Delta\dot{U}_п$ совпадает с напряжением $k_н\dot{U}$ и вводится в оба контура реле сопротивления.

При близких коротких замыканиях, когда значение $\Delta\dot{U}_п$ несоизмеримо больше, чем $k_н\dot{U}$, уравнение (3) принимает вид:

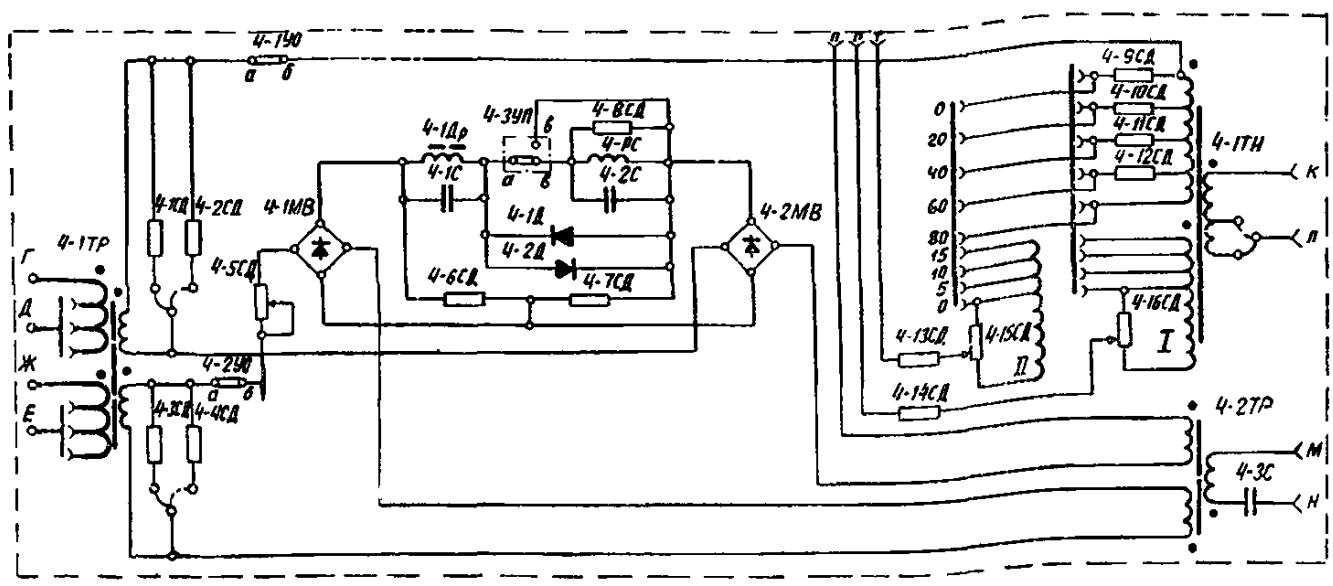
$$|\Delta\dot{U}_п + \dot{k}_т\dot{I}| = |\Delta\dot{U}_п - \dot{k}_т\dot{I}|. \quad (4)$$



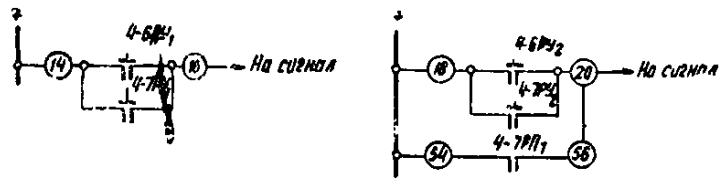
в) Схема цепей оперативного постоянного тока



г) Схема цепей реле сопротивления III ступени комплекта типа КРС-1



д) Схема цепей реле сопротивления I - II ступеней комплекта типа ДЗ-2



е) Схема цепей сигнализации

Рис. 1. Схема трехступенчатой дистанционной защиты линии 110—330 *кв* от всех видов многофазных коротких замыканий, выполненной с использованием комплектов типа ДЗ-2 и КРС-1.
1В — выключатель; *2ТТ* — трансформаторы тока; *3* — комплект реле сопротивления типа КРС-1; *4* — комплект двухступенчатой дистанционной защиты типа ДЗ-2; *5* — устройство блокировки при качаниях типа КРБ-126.

Примечания: 1. Схема выполнена на основании чертежа рис. 17 инструкции по монтажу и эксплуатации ОБК.469.411, издание 01 на комплект защиты типа ДЗ-2, и чертежа рис. 1 инструкции по монтажу и эксплуатации ОБК.469.412, издание 01 на устройство блокировки при качаниях типа КРБ-126.

2. Первая цифра в обозначении элемента показывает, в каком корпусе находится элемент: *3* — корпус комплекта реле сопротивления типа КРС-1; *4* — корпус комплекта двухступенчатой дистанционной защиты типа ДЗ-2; *5* — корпус устройства блокировки при качаниях типа КРБ-126.

3. Аппаратура защиты, установленная вне комплектов типов ДЗ-2, КРС-1 и КРБ-126 (испытательные блоки, отключающие и переключающие устройства и др.), на схеме не показана.

что представляет собой характеристику органа направления мощности, проходящую через начало координат в комплексной плоскости сопротивлений. Так как $\Delta\dot{U}_{\text{п}}$ и $k_{\text{н}}\dot{U}$ совпадают по фазе, то прямая максимальных моментов реле направления мощности совпадает с углом максимальной чувствительности направленного реле сопротивления. Следовательно, направленное реле сопротивления, выполненное согласно уравнению (3), обеспечивает четкую направленность защиты при повреждении вблизи места ее установки.

При трехфазных коротких замыканиях вблизи места установки защиты реле работает «по памяти».

Реле сопротивления дистанционного органа (рис. 1,*д*) содержит следующие элементы:

а) Схему сравнения на равновесие напряжений, состоящую из двух выпрямительных мостов (*4-1МВ* и *4-2МВ*), балластных сопротивлений (*4-6СД* и *4-7СД*) и сопротивления *4-5СД*, необходимого для выравнивания рабочего и тормозного контуров схемы сравнения.

Выпрямительные мосты собраны из кремниевых диодов, применение которых вследствие высокого падения напряжения на них в прямом направлении (по сравнению с германиевыми диодами) обусловило более высокий уровень напряжений в контурах реле.

б) Магнитоэлектрическое реле типа М237/054, используемое в качестве реагирующего органа.

Для исключения перегрузки реле по току встречно-параллельно его обмотке включены кремниевые диоды (*4-1Д* и *4-2Д*), практически не оказывающие влияния на чувствительность реле сопротивления. Параллельно обмотке магнитоэлектрического реле включено также сопротивление *4-8СД*, в 8—10 раз большее сопротивления обмотки реле и служащее для создания режима критического успокоения подвижной рамки реле.

Для сглаживания выпрямленного напряжения, содержащего значительный процент переменной составляющей частотой 100 *гц*, предусмотрен простейший резонансный фильтр второй гармоники, включенный последовательно с обмоткой магнитоэлектрического реле. Фильтр состоит из дросселя *4-1Др* и конденсатора *4-1С*. Для повышения эффективности фильтра параллельно обмотке магнитоэлектрического реле включен конденсатор *4-2С*.

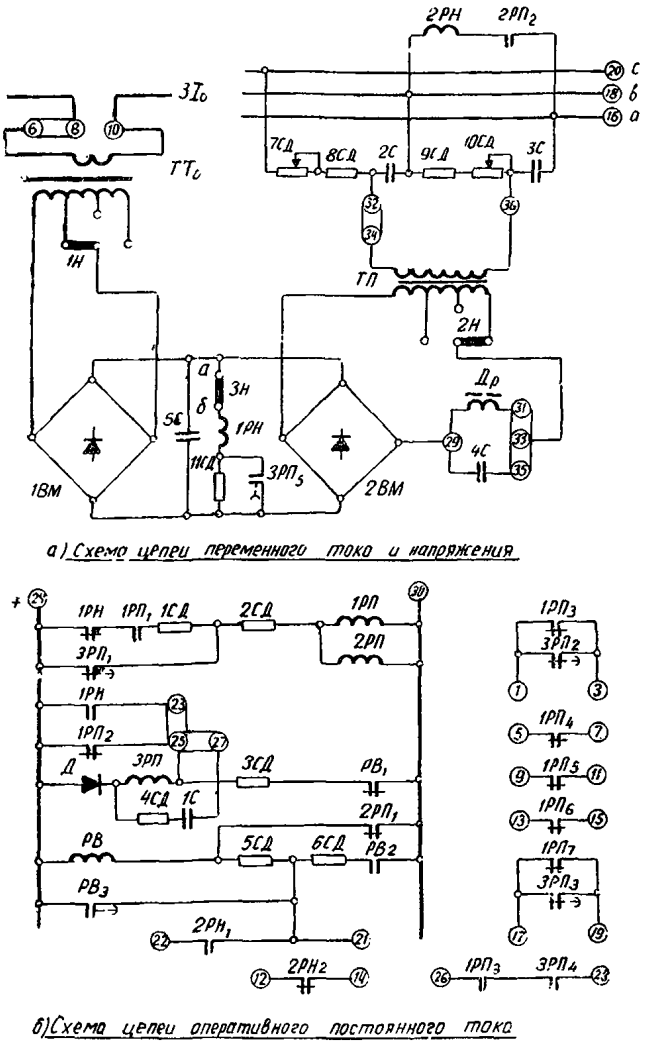
в) Трансформатор напряжения *4-1ТН*, позволяющий производить регулирование уставки раздельно по первой и второй ступеням.

Регулирование уставки для каждой ступени производится изменением суммарного числа витков двух последовательно включенных обмоток на вторичной стороне трансформатора. При этом одна из обмоток (общая для обеих ступеней) предназначена для грубой ступенчатой регулировки уставки, а вторая (отдельная для каждой ступени) — для менее грубой ступенчатой и плавной регулировки; последняя производится с помощью сопротивлений *4-15СД* и *4-16СД*.

Для сохранения неизменным сопротивления тормозного контура реле при регулировании уставки в цепях напряжения последовательно с отпайками общей обмотки (для грубой регулировки) включены компенсирующие сопротивления (*4-9СД—4-12СД*).

Сопротивления *4-13СД* и *4-14СД* предназначены для исключения короткого замыкания части обмоток трансформатора напряжения *4-1ТН* при работе контактов реле *4-1РП*.

Для сохранения постоянными минимальных значений сопротивления срабатывания, регулируемых в цепях тока, при переходе от одного угла максимальной чувствительности к другому первичная обмотка трансформатора напряжения имеет вывод, позволяющий менять значение коэффициента $k_{\text{н}}$.



а) Схема цепей переменного тока и напряжения

б) Схема цепей оперативного постоянного тока

Рис. 2. Схема устройства блокировки при качаниях типа КРБ-125.

Примечание. Схема выполнена на основании материалов технических условий на устройство блокировки при качаниях типа КРБ-125. Схема является предварительной и подлежит уточнению после выпуска соответствующей информации.

г) Трансреактор *4-1ТР*, имеющий две первичные обмотки, включенные на разность фазных токов, и две вторичные обмотки.

Для обеспечения одинакового характера зависимости напряжения $\dot{k}_{\text{т}}\dot{I}$, вводимого в рабочий и тормозной контуры реле сопротивления, от тока в обоих контурах использован трансреактор специальной конструкции с двумя независимыми вторичными обмотками, причем первичные обмотки трансреактора расположены на среднем керне Ш-образного сердечника, а вторичные для исключения влияния контуров реле друг на друга — на двух крайних кернах, имеющих воздушные зазоры.

Регулирование уставки в цепях тока производится изменением числа витков первичных обмоток трансреактора. Кроме того, предусмотрена возможность выполнения двух значений углов максимальной чувствительности шунтированием вторичных обмоток трансреактора сопротивлениями *4-1СД* и *4-3СД* или *4-2СД* и *4-4СД*.

д) Контур подпитки от неповрежденной фазы, предназначенный для обеспечения надежного действия реле при замыканиях вблизи места установки защиты.

Контур состоит из трансреактора *4-2ТР* и конденсатора *4-3С*. Первичная обмотка трансреактора через конденсатор, образуя с ним колебательный контур с резонансной частотой 50 *гц*, включается на фазное напряжение третьей, не подводимой к трансформатору *4-1ТН* фазы. Указанное обеспечивает примерное совпадение по фазе вводимого напряжения подпитки $\dot{U}_п$ с напряжением $k_в\dot{U}$ [см. выражение (3)].

Введение напряжения подпитки $\dot{U}_п$ обеспечивает надежное действие реле при замыканиях между двумя фазами вблизи места установки защиты; при трехфазных замыканиях вблизи места установки защиты действие реле обеспечивается «по памяти» энергией, запасенной в нормальном режиме колебательным контуром (первичная обмотка трансреактора *4-2ТР* — конденсатор *4-3С*).

5. Пусковой орган защиты (реле *3-1РС—3-3РС*) предназначен:

а) для управления переключением в цепях напряжения дистанционного органа (реле *4-1РС—4-3РС*); указанное переключение осуществляется для перехода с уставки первой на уставку второй ступени;

б) для осуществления третьей ступени защиты;

в) для фиксации срабатывания дистанционного органа в первый момент короткого замыкания в зоне, охватываемой второй ступенью защиты («мгновенный замер»), в случае, когда такая фиксация допустима.

Направленные реле сопротивления пускового органа (см. рис. 1,*г*) в отличие от реле сопротивления дистанционного органа, описанных выше, не содержат контура подпитки от неповрежденной фазы и не имеют регулировки уставки в цепях тока. Для обеспечения надежного срабатывания третьей ступени защиты при коротком замыкании вблизи места ее установки в случае отказа в срабатывании первой ступени предусмотрена возможность смещения характеристики реле сопротивления пускового органа в сторону надежного охвата характеристикой начала защищаемого участка.

В реле сопротивления пускового органа для повышения чувствительности последнего предусмотрена возможность перехода от круговой характеристики к эллиптической.

Получение характеристики, близкой к эллипсу, основано на различии в уровнях тока переменной составляющей относительно постоянной на выходе схемы сравнения в зависимости от угла между сравниваемыми электрическими величинами. При углах между сравниваемыми величинами, близких к нулю, переменная составляющая тока на выходе схемы сравнения минимальна, а при углах, близких к 90°, максимальна.

Переменная составляющая тока 100 *гц*, полученная с дополнительной обмотки дросселя *3-1Др* сглаживающего фильтра, после двухполупериодного выпрямления с помощью диодов *3-3Д* и *3-4Д*, подается в обмотку магнитоэлектрического реле встречно относительно постоянной составляющей тока от схемы сравнения. Отношение осей эллипса регулируется ступенчато с помощью сопротивлений *3-16СД—3-18СД*.

6. Устройство блокировки при качаниях типа КРБ-126 (см. рис. 1,*б*) имеет пуск от токов обратной и нулевой последовательностей.

Пусковой орган устройства состоит из фильтра тока обратной последовательности (*5-7СД—5-10СД*; *5-2С* и *5-3С*), трансформаторов *5-1ТТ—5-4ТТ* и *5-ТП*, выпрямительных мостов *5-1МВ—5-3МВ* и поляризованного реле *5-1РТ*, имеющего две обмотки: рабочую и тормозную. На выходе фильтра тока обратной последовательности для исключения влияния пятой гармоники на работу реле *5-1РТ* предусмотрен фильтр (*5-1Др*, *5-4С*), настроенный на частоту этой гармоники. Для сглаживания выпрямленного тока и улучшения четкости срабатывания реле *5-1РТ* в цепи его рабочей обмотки предусмотрен фильтр, настраиваемый на частоту второй гармоники (*5-2Др*, *5-6С*), а в цепи тормозной обмотки предусмотрен сглаживающий конденсатор *5-5С*. Исполнительный орган устройства блокировки представляет собой группу промежуточных реле и реле времени в цепи постоянного тока (реле *5-1РП—5-3РП*, *5-РВ*) и реле напряжения переменного тока *5-1РН*.

В схеме предусматривается возможность выполнения возврата устройства блокировки при качаниях в исходное положение:

а) с заданной выдержкой времени — с помощью реле *5-РВ*;

б) непосредственно после отключения короткого замыкания на участке, где установлена рассматриваемая защита, — с помощью замыкающего контакта *4-6РП*$_4$ реле ускорения защиты на упомянутом участке, а также на близлежащих участках — с помощью замыкающего контакта *5-1РН*$_1$ реле напряжения.

Для повышения чувствительности реле *5-1РН* при удаленных трехфазных коротких замыканиях в цепь его обмотки введен замыкающий контакт *5-2РП*$_2$. Последний заставляет реле *5-1РН* работать при каждом запуске устройства блокировки при качаниях независимо от значения остаточного напряжения.

В целях увеличения коэффициента возврата реле *5-1РТ* в схеме предусмотрено шунтирование рабочей обмотки этого реле добавочным сопротивлением *5-12СД*. Для предотвращения возврата реле *5-1РТ* при таком шунтировании предусмотрено одновременное шунтирование тормозной обмотки этого реле сопротивлением *5-11СД*.

Контакты устройства блокировки *5-1РП*$_4$ и *5-1РП*$_5$ используются для блокирования первой и второй ступеней защиты, т. е. вводят соответствующие цепи на время, достаточное для срабатывания дистанционного органа.

Блокирование защиты указанным образом может привести к отказу блокируемой ступени, например, при переходе однофазного замыкания в многофазное. Отказ в этом случае будет иметь место, если при однофазном замыкании не сработают реле сопротивления *4-1РС—4-3РС*, а указанный переход произойдет после размыкания контактов *5-1РП*$_4$ и *5-1РП*$_5$.

Контакты *5-1РП*$_3$ и *5-3РП*$_2$ используются в цепи подведения постоянного оперативного тока к защите.

7. Для исключения неправильного действия защиты из-за возможного невозврата магнитоэлектрических реле дистанционного и пускового органов после отключения защищаемой линии в защите предусмотрено чувствительное реле тока *4-1РТ* (выполнено с трехфазным сумматором и имеет ток срабатывания, примерно равный минимальному току точной работы направленных реле сопротивления), замыкающий контакт которого включен последовательно с контактами реле сопротивления.

Указанный невозврат магнитоэлектрических реле возможен при отсутствии тормозного момента на реле сопротивления после отключения линии (при питании цепей напряжения защиты от трансформатора напряжения, установленного на линии), когда кратность тока в магнитоэлектрических реле при коротком замыкании, предшествующем отключению линии, была мала (при токах короткого замыкания, близких к току точной работы). Возврат магнитоэлектрических реле в этом случае обеспечивается после включения линии за счет появления на них тормозного момента и происходит до срабатывания реле тока *4-1РТ*, имеющего небольшое (порядка 10—15 *мсек*) замедление при срабатывании.

При питании цепей напряжения защиты от трансформатора напряжения, установленного на шинах подстанции, реле тока *4-1РТ* должно быть исключено из схемы, т. е. установлены перемычки, шунтирующие контакт указанного реле (между зажимами *45* и *47*) и его обмотки (между зажимами *7* и *1*, *9* и *3*, *11* и *5*).

8. В схеме предусмотрена возможность выполнения первой ступени защиты как без выдержки, так и с выдержкой времени (последнее целесообразно использовать при выполнении защиты по п. 1,а), с блокировкой и без блокировки при качаниях.

При выполнении первой ступени защиты без выдержки времени:

а) без блокировки при качаниях должна быть установлена перемычка между зажимами *23-25*;

б) с блокировкой при качаниях между зажимами *23-25* должны быть включены контакты устройства блокировки при качаниях (как это показано на схеме рис. 1,*в*).

При выполнении первой ступени с выдержкой времени без блокировки при качаниях должны быть сняты перемычки между зажимами *23-25* (и не включен контакт *5-1РП*$_4$) и *35-37* и установлены перемычки между зажимами *30-32*, *35-33*, *19-17* и *17-15* (при этом вторая ступень защиты также не блокируется при качаниях).

При выполнении первой ступени с выдержкой времени с блокировкой при качаниях должны быть также сняты перемычки между зажимами *23-25* и *35-37* и установлены перемычки между зажимами *30-32*, *35-33* и *19-17* (вторая ступень защиты не блокируется при качаниях) или вместо перемычки между зажимами *19-17* установлена перемычка между зажимами *17-15* (вторая ступень защиты блокируется при качаниях).

При выполнении первой ступени защиты без выдержки времени предусмотрена возможность выполнения второй ступени защиты с двумя выдержками времени, при этом вторая ступень защиты с меньшей выдержкой времени (выполняется с помощью временно замыкающего контакта *4-1РВ*$_1$) блокируется при качаниях, а с большей (отстроенной по времени от цикла качаний и выполняемой с помощью контакта *4-1РВ*$_2$) не блокируется при качаниях. Такое выполнение предотвращает возможность отказа в действии второй ступени защиты, блокируемой при качаниях, например, в случае перехода однофазного замыкания в многофазное. Указанный отказ имел бы место, если бы при однофазном замыкании не сработали реле сопротивления *4-1РС—4-3РС*, а переход в многофазное произошел после размыкания контакта устройства блокировки при качаниях. При рассматриваемом выполнении второй ступени отключение повреждения произойдет со временем обычно значительно меньшим, чем время действия третьей ступени, по цепи второй ступени, не контролируемой блокировкой.

При выполнении второй ступени защиты с двумя выдержками времени должны быть установлены перемычки между зажимами *19-17* и *35-37*.

В случаях, когда вторая ступень, действующая без блокировки при качаниях, не требуется, во второй ступени, контролируемой блокировкой при качаниях, может использоваться контакт *4-1РВ*$_2$ вместо временно замыкающего контакта *4-1РВ*$_1$, для этого должна быть установлена перемычка между зажимами *15-17* и сняты перемычки между зажимами *19-17* и *35-37*.

9. Переключение в цепях напряжения дистанционного органа защиты осуществляется реле *4-1РП* с замедлением при возврате.

Кроме того, это реле используется:

а) для размыкания замыкающим контактом *4-1РП*$_1$ цепи первой ступени (при действии ее без выдержки времени) и замыкания размыкающим контактом *4-1РП*$_1$ цепи реле повторителя дистанционного органа *4-3РП* в случае, если короткое замыкание в зоне действия второй ступени; указанное выполнено с помощью перекидного контакта реле *4-1РП*, так как одновременное существование цепи на запуск реле *4-3РП* и цепи отключения от первой ступени недопустимо из-за большой нагрузки на контакты реле сопротивления дистанционного органа;

б) для размыкания контактом *4-1РП*$_2$ цепи первой ступени при выполнении ее с выдержкой времени.

Для предупреждения преждевременного возврата реле *4-1РП* в обесточенное положение и разрыва цепи первой ступени до срабатывания выходного реле *4-4РП* (например, при выполнении первой ступени с выдержкой времени) в реле *4-1РП* предусмотрена последовательная обмотка (*4-1РП*$_у$), удерживающая его при прохождении через нее тока.

10. Для размножения контактов пускового органа предусмотрено реле *4-2РП*, которое контактом *4-2РП*$_1$ размыкает цепь рабочей обмотки переключающего реле *4-1РП*, контактом *4-2РП*$_5$ пускает реле времени третьей ступени *4-2РВ*, а контактом *4-2РП*$_3$ замыкает цепь фиксации срабатывания дистанционного органа в первый момент короткого замыкания (осуществляется с помощью реле *4-3РП*).

Контакт *4-2РП*$_4$ при установке перемычки между зажимами *63-65* подготавливает цепь ускорения третьей ступени защиты после включения выключателя.

11. Для размножения контактов дистанционного органа предусмотрено реле *4-3РП*, при этом контактом *4-3РП*$_2$ реле замыкает цепь промежуточного реле *4-5РП* и реле времени *4-1РВ* второй (первой) ступени, а контактом *4-3РП*$_3$ (при установленной перемычке между зажимами *61-63*) подготавливает цепь ускорения второй ступени.

При установке перемычки между зажимами *28* и *30* реле *4-3РП* осуществляет фиксацию срабатывания дистанционного органа в первый момент короткого замыкания («мгновенный замер») в зоне, охватываемой второй ступенью или первой ступенью с выдержкой времени (дополнительно устанавливается перемычка между зажимами *30* и *32*).

Следует отметить, что при выполнении защиты по п. 1,а осуществление фиксации срабатывания дистанционного органа недопустимо, так как при этом может иметь место залипание схемы.

12. Для фиксации одновременного срабатывания дистанционного органа и устройства блокировки при качаниях (если последнее используется в схеме) предусмотрено реле *4-5РП*. Контакт *4-5РП*$_1$ шунтирует контакт блокировки и тем самым обеспечивает возможность действия второй ступени защиты на выходное промежуточное реле *4-4РП* после размыкания контакта устройства блокировки при качаниях. Кроме того, контакт *4-5РП*$_2$ подготавливает цепь отключения второй ступени защиты (при замкнутой перемычке между зажимами *35-37*) или первой ступени с выдержкой времени (при замкнутой перемычке между зажимами *35-33*).

13. Для предотвращения отказа второй не блокируемой при качаниях и третьей ступеней защиты (при возврате устройства блокировки при качаниях с заданной выдержкой времени, см. п. 6), возможного при запуске блокировки при качаниях до возникновения повреждения (например, из-за работы разрядников) и последующем трехфазном коротком замыкании, возникшем через время, близкое (но меньшее) времени возврата указанной блокировки, в схеме предусмотрен замыкающий контакт *4-3РП*$_1$ (для защиты по п. 1,а), а также возможность включения замыкающего контакта *4-2РП*$_2$ (для защиты по п. 1,б) параллельно контактам устройства блокировки при качаниях в цепи подведения плюса оперативного постоянного тока к защите.

14. В схеме предусмотрено устройство блокировки при неисправностях цепей напряжения, выполненное аналогично устройству типа КРБ-12 (см. Р. У., вып. 7, гл. 1, разд. А, п. 10). Замыкающий контакт $4\text{-}1РН_2$ устройства используется в цепи неоновой лампы *4-ЛС* и промежуточного реле *4-7РП*, которое сигнализирует неисправность цепей переменного напряжения.

Размыкающий контакт $4\text{-}1РН_1$ используется для подведения оперативного постоянного тока к защите в следующих случаях:

а) при выполнении защиты с устройством блокировки при качаниях типа КРБ-125 по пп. 1,а и 1,б;

б) при выполнении защиты с устройством блокировки при качаниях типа КРБ-126 по п. 1,б, когда пусковой орган указанной блокировки недостаточно чувствителен при коротком замыкании в конце зоны резервирования.

15. В схеме предусмотрена возможность ускорения первой (при выполнении ее с выдержкой времени), второй или третьей ступеней защиты после включения выключателя. Для осуществления указанного предусмотрено реле *4-6РП*, замыкающий контакт которого $4\text{-}6РП_3$ вводится в схему установкой перемычки между зажимами *61* и *63* (при ускорении первой с выдержкой времени или второй ступени защиты) или *63* и *65* (при ускорении третьей ступени защиты).

При ускорении второй ступени защиты целесообразно реле сопротивления дистанционного органа переключать на уставку этой ступени до включения выключателя. Для этого в цепь обмотки реле *4-1РП* вводится размыкающий контакт $4\text{-}6РП_1$ реле ускорения (устанавливается перемычка между зажимами *22-24* и снимается перемычка между зажимами *24-26*).

Кроме того, для исключения отказа защиты при включении выключателя защищаемой линии на устойчивое трехфазное короткое замыкание при опробовании линии и отказе устройства блокировки при качаниях в схеме предусмотрена возможность включения замыкающего контакта $4\text{-}6РП_2$ в цепь подведения плюса оперативного постоянного тока к защите; для этого необходимо установить перемычку между зажимами *43-45*.

16. Выходное промежуточное реле *4-4РП* имеет удерживающие обмотки в цепях отключения. В целях упрощения указанное реле выполнено без замедления при срабатывании. Поэтому при необходимости отстройки защиты от действия трубчатых разрядников должно предусматриваться дополнительное промежуточное реле, имеющее замедление при срабатывании, но не имеющее замедления при отпадании.

17. Для сигнализации действия защиты используются указательные реле: в цепях первой, второй и третьей ступеней *4-1РУ—4-4РУ*, в цепи ускорения защиты после включения выключателя *4-5РУ*, в выходных цепях защиты *4-6РУ* и *4-7РУ*. При этом указательные реле *4-1РУ—4-5РУ* бесконтактные, а реле *4-6РУ* и *4-7РУ* имеют контакты.

В случае установки дополнительного промежуточного реле с замедлением при срабатывании (см. п. 16) для исключения возможности срабатывания указательного реле первой ступени *4-1РУ* при действии установленных на линии трубчатых разрядников обмотка этого указательного реле должна быть шунтирована размыкающим контактом дополнительно предусматриваемого выходного промежуточного реле.

18. При установке на подстанции устройства резервирования при отказе выключателей (УРОВ) необходимо шунтировать контакт устройства блокировки при качаниях в цепи отключения от первой ступени защиты, а также временно замыкающий контакт реле времени $4\text{-}1РВ_1$. Указанное обеспечивает замыкание цепи на УРОВ в течение всего времени, пока работает защита, и выполняется соответственно замыкающим контактом $4\text{-}4РП_1$ выходного реле, который вводится в схему установкой перемычки между зажимами *23* и *21*, и замыкающим контактом $4\text{-}4РП_2$ выходного реле, который включен через добавочное сопротивление *4-29СД*.

Для пуска УРОВ используется выведенный на зажимы контакт $4\text{-}4РП_4$.

19. В схеме предусмотрена возможность использования второй и третьей ступеней защиты для действия с высокочастотной блокировкой. Для обеспечения возможности использования второй ступени защиты выведен на зажимы замыкающий контакт $4\text{-}3РП_4$ и предусмотрена возможность разрыва цепи обмотки реле *4-1РП* (для исключения времени переключения защиты с уставки первой на уставку второй ступени) переключателем ввода высокочастотной блокировки, который включается в разрыв между зажимами *22-24* (при снятой перемычке *24-26*) при ускорении второй ступени или между зажимами *24-26* при ускорении третьей ступени. Для обеспечения возможности использования третьей ступени выведен на зажимы замыкающий контакт $4\text{-}2РП_6$.

20. Для случаев выполнения защиты по п. 1,а в схеме предусмотрена возможность использования пускового органа устройства блокировки при качаниях в качестве резервной токовой защиты обратной последовательности. Для этого замыкающий контакт пускового органа устройства блокировки $5\text{-}1РТ_2$ приключается к обмотке реле времени *4-2РВ* (соединяются зажимы *23* устройства блокировки и *29* дистанционной защиты, перемычки между зажимами *23-25* и *27-29* снимаются), которое в данном случае используется в качестве реле времени токовой защиты обратной последовательности; контакт $4\text{-}2РВ_2$ включается между зажимами *24* и *25*.

21. В схеме предусмотрен делитель напряжения, состоящий из добавочного сопротивления *4-17СД* и стабилитронов *4-1СТ—4-3СТ*. Указанное необходимо для возможности использования защиты на подстанциях с оперативным постоянным током 220 *в* (допустимое напряжение на контактах магнитоэлектрических реле 110 *в*).

Для облегчения условий работы контактов магнитоэлектрических реле предусмотрены искрогасительные контуры, включенные параллельно контактам этих реле, а для облегчения условий работы контактов промежуточных реле параллельно обмоткам реле времени *4-1РВ*, *4-2РВ* и промежуточного реле *4-6РП* включены диоды соответственно *4-6Д*, *4-8Д* и *4-7Д*.

СХЕМА ТРЕХСТУПЕНЧАТОЙ ЗАЩИТЫ С ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ ДИСТАНЦИОННЫМИ СТУПЕНЯМИ И ПУСКОМ ПО ТОКУ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ТРЕТЬЕЙ СТУПЕНИ, ДЛЯ ЛИНИИ 35 *кв* ОТ ВСЕХ ВИДОВ МНОГОФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ, ВЫПОЛНЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКТА ЗАЩИТЫ ТИПА ДЗ-1 (рис. 3)

1. Защита, выполненная по рассматриваемой схеме может применяться в качестве основной для линий 35 *кв* с двух- и односторонним питанием, в последнем случае — при установке ее на головном участке.

Защита также может применяться в качестве основной для линий 110—220 *кв* с односторонним питанием при установке ее на головном участке и в некоторых случаях для линий с двухсторонним питанием, когда

пусковой орган, выполненный с реле тока, удовлетворяет требованиям чувствительности.

2. В отличие от защиты типа ПЗ-152 (Р. У., вып. 7, рис. 13 и 27) в рассматриваемой защите дистанционный орган и орган направления мощности выполнены на схемах сравнения с использованием полупроводниковых элементов и магнитоэлектрических реле; орган направления мощности выполнен односистемным.

3. Дистанционная защита осуществлена с помощью односистемного реле полного сопротивления *РС*, действующего при всех видах многофазных коротких замыканий и имеющего соответствующие переключения в цепях переменного тока и напряжения (дистанционный орган), односистемного реле направления мощности *РМ* и четырех реле тока *1РТ—3РТ* и *4РП* (пусковой орган).

4. Односистемное реле полного сопротивления *РС* выполнено на основе схемы сравнения абсолютных значений двух электрических величин (на циркуляцию токов). В качестве реагирующего органа применено магнитоэлектрическое реле.

Действие реле сопротивления определяется уравнением, характеризующим значение и знак напряжения на выходе схемы сравнения — на обмотке магнитоэлектрического реле:

$$U_{\text{р}} = k\{\,|\dot{k}_{\text{т}}\dot{I}\,| - |\,k_{\text{н}}\dot{U}\,|\}, \qquad (5)$$

где $U_{\text{р}}$ — напряжение на обмотке магнитоэлектрического реле;

$\dot{I}$ и $\dot{U}$ — ток и напряжение, подводимые к реле сопротивления;

$k_{\text{т}}$, $k_{\text{н}}$ и k — то же, что и в выражении (1).

Напряжение $(\dot{k}_{\text{т}}\dot{I})$ вводится в рабочий контур реле сопротивления и после выпрямления создает в обмотке магнитоэлектрического реле ток, действующий в сторону срабатывания реле; напряжение $(k_{\text{н}}\dot{U})$ вводится в тормозной контур реле сопротивления и после выпрямления создает в обмотке магнитоэлектрического реле ток, действующий в сторону возврата реле.

В условиях срабатывания реле сопротивления можно принять $U_{\text{р}} \approx 0$, тогда уравнение (5) примет вид:

$$|\,Z\,| = \left|\frac{\dot{k}_{\text{т}}}{k_{\text{н}}}\right|, \qquad (6)$$

где $Z = \dot{U}/\dot{I}$.

В комплексной плоскости сопротивлений уравнение (6) представляет собой окружность диаметром $2\left|\frac{\dot{k}_{\text{т}}}{k_{\text{н}}}\right|$ с центром в начале координат.

Возможность смещения характеристики в защите не предусмотрена.

Реле сопротивления содержит следующие элементы:

а) Схему сравнения на циркуляцию токов, состоящую из двух выпрямительных мостов (*1МВ* и *2МВ*) и балластных сопротивлений (*8СД*, *9СД* и *11СД*) на стороне переменного тока, устанавливаемых для ограничения потребления в цепях напряжения, компенсации нелинейности диодов и выравнивания сопротивлений рабочего и тормозного контуров.

б) Магнитоэлектрическое реле типа М237/054, используемое в качестве реагирующего органа.

Параллельно обмотке магнитоэлектрического реле включено сопротивление *10СД*, служащее для создания режима критического успокоения подвижной рамки реле.

Для сглаживания выпрямленного напряжения, содержащего значительный процент переменной составляющей частотой 100 *гц*, предусмотрен простейший резонансный контур второй гармоники, включенный параллельно обмотке магнитоэлектрического реле. Фильтр состоит из дросселя *1Др* и конденсатора *1С*.

в) Трансформатор напряжения *1ТН*, позволяющий производить регулирование уставки реле сопротивления в цепях напряжения раздельно по первой и второй ступеням. Регулирование уставки для каждой ступени производится изменением суммарного числа витков двух последовательно включенных обмоток на вторичной стороне трансформатора. При этом одна из обмоток (общая для обеих ступеней) предназначена для грубой ступенчатой регулировки уставки, а вторая (отдельная для каждой ступени) — для менее грубой ступенчатой и плавной регулировки; последняя производится с помощью сопротивлений *6СД* и *7СД*.

Для сохранения неизменным сопротивления тормозного контура реле при регулировании уставки в цепях напряжения последовательно с отпайками общей обмотки (для грубой регулировки) включены компенсирующие сопротивления *1СД—5СД*.

г) Трансреакторы *1ТР—3ТР*, первичные обмотки которых включены на фазные токи, и трансреактор *4ТР*, первичная обмотка которого включена на ток нулевой последовательности. Трансреактор *4ТР* предназначен для компенсации замера реле током нулевой последовательности (в случае его прохождения через защиту) при двойных замыканиях на землю, т. е. для подведения к рабочему контуру реле:

$$\dot{I} = \dot{I}_{\text{фаз}} + k_{\text{комп}}\dot{I}_0, \qquad (7)$$

где $k_{\text{комп}}$ — коэффициент компенсации.

Указанное необходимо при использовании защиты на линиях 35 *кв*.

Регулирование уставки реле сопротивления в цепях тока производится изменением числа витков первичных обмоток трансреакторов *1ТР—3ТР*. Для установки различных значений коэффициента компенсации на вторичных обмотках трансреактора *4ТР* предусмотрены отпайки.

Подведение к дистанционному органу напряжений и токов, соответствующих петле короткого замыкания, осуществляется переключениями в первичной цепи его трансформатора напряжения *1ТН* и во вторичных цепях его трансреакторов *1ТР—4ТР* с помощью реле пускового органа и соответствующих промежуточных реле.

Действие реле пускового органа и сочетания токов и напряжений, подводимых к дистанционному органу при различных видах многофазных коротких замыканий, даны в таблице.

В реле сопротивления предусмотрены переключающее устройство *1УП* и отключающие устройства *2УО* и *3УО*, предназначенные для присоединения измерительной аппаратуры при испытаниях реле, а также для шунтирования обмоток магнитоэлектрического реле при транспортировке.

4. Односистемное реле направления мощности *РМ* выполнено с помощью кольцевой фазочувствительной схемы и магнитоэлектрического реле.

Действие реле направления мощности определяется уравнением, характеризующим значение и знак напряжения на выходе кольцевой фазочувствительной схемы — на обмотке магнитоэлектрического реле:

$$U_{\text{р}} = k\,\{\,|\dot{k}_{\text{н}}\dot{U} + k_{\text{т}}\dot{I}\,| - |\,\dot{k}_{\text{н}}\dot{U} - k_{\text{т}}\dot{I}\,|\}, \qquad (8)$$

где $U_{\text{р}}$ — напряжение на обмотке магнитоэлектрического реле;

$\dot{U}$ и $\dot{I}$ — напряжение и ток, подводимые к реле направления мощности;

$\dot{k}_{\text{н}}$ — коэффициент пропорциональности между напряжением на сопротивлениях *12СД* и *13СД* (или *14СД* и *15СД*) и напряжением, подводи-

мым к первичной обмотке трансформатора напряжения *2ТН*;

$k_т$ — коэффициент пропорциональности между напряжением на сопротивлениях *25СД* (или *26СД*) и током в первичной обмотке трансформатора тока реле;

k — коэффициент пропорциональности, определяемый параметрами схемы.

Реле включается по 90-градусной схеме и имеет угол максимальной чувствительности 45°.

К реле направления мощности в нагрузочном режиме напряжение не подводится; подводится лишь питание со стороны промежуточного трансформатора тока фазы *С*. Указанное не приводит к срабатыванию реле, так как самоход отсутствует, и в то же время позволяет уменьшить количество переключающих контактов.

Подведение к реле направления мощности соответствующих напряжений и токов осуществляется переключениями в первичных цепях трансформатора напряжения *2ТН* и во вторичных цепях трансформаторов тока *1ТТ* и *2ТТ*.

Сочетания токов и напряжений, подводимых к реле направления мощности при различных видах многофазных коротких замыканий, даны в таблице.

В схеме предусмотрено выведение из действия реле направления мощности (одновременно во всех трех ступенях) с помощью перемычки, устанавливаемой между зажимами *1* и *3*.

В реле направления мощности предусмотрены переключающее устройство *5УП* и отключающие устройства *4УО* и *6УО*, назначение которых то же, что и в реле сопротивления.

5. Пусковой орган защиты выполнен с помощью следующих реле:

Трех реле тока *1РТ—3РТ* типа *РТ-40*, два из которых (*1РТ* и *3РТ*) включены соответственно на токи

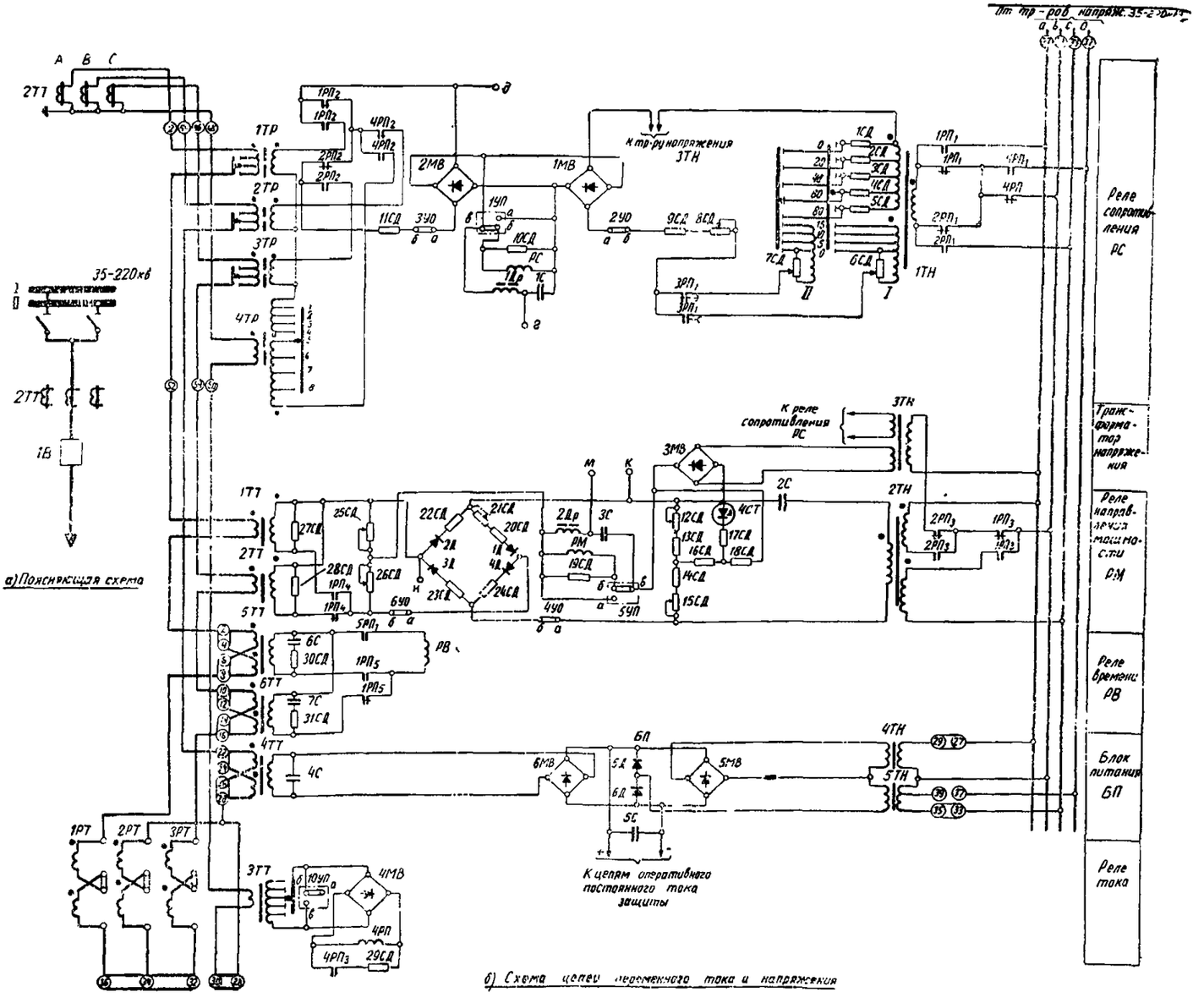


Рис. 3. Схема трехступенчатой защиты с первой и второй дистанционными ступенями с пуском по току, используемым с использованием комплекта защиты типа ДЗ-1.

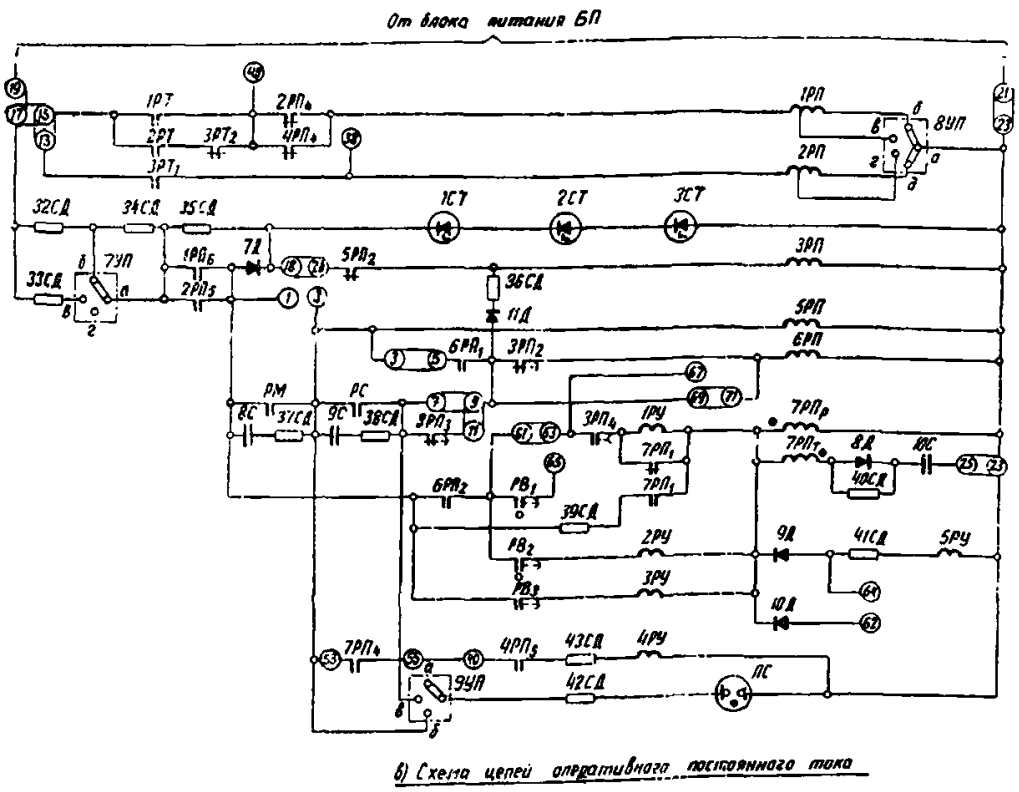
Примечания: 1. Схема выполнена на основании материалов технических условий СТУ-12 на дистанционную защиту с тоинформации.

2. Аппаратура защиты, установленная вне комплекта типа ДЗ-1 (испытательные блоки, переключающие устройства и др.), на

Сочетания токов и напряжений, подводимых к реле сопротивления *РС* и реле мощности *РМ* при различных видах повреждений

Вид повреждения	Поврежденные фазы	Фазы с током $I_р > I_{с.р}$	Работают реле		К реле сопротивления *РС* подведены		К реле мощности *РМ* подведены	
			тока	промежуточные	$\dot{I}_р$	$\dot{U}_р$	$\dot{I}_р$	$\dot{U}_р$
Трехфазное короткое замыкание	*ABC*	*ABC*	*1РТ, 2РТ, 3РТ*	*1РП, 2РП*	$\dot{I}_а - \dot{I}_с$	$\dot{U}_{ас}$	$\dot{I}_а$	$\dot{U}_{вс}$
Замыкание между двумя фазами и двойное замыкание на землю при $I_0 = 0$	*AB* *BC* *CA*	*A* и *B* *B* и *C* *C* и *A*	*1РТ, 2РТ* *2РТ, 3РТ* *1РТ, 3РТ*	*1РП* *2РП* *1РП, 2РП*	$\dot{I}_а - \dot{I}_в$ $\dot{I}_в - \dot{I}_с$ $\dot{I}_а - \dot{I}_с$	$\dot{U}_{ав}$ $\dot{U}_{вс}$ $\dot{U}_{ас}$	$\dot{I}_а$ $\dot{I}_с$ $\dot{I}_а$	$\dot{U}_{вс}$ $\dot{U}_{ав}$ $\dot{U}_{вс}$
Двойное замыкание на землю на разных линиях при одностороннем питании[1] $I_0 \neq 0$	*AB* *BC* *CA* *BA* *CB* *AC*	*A* *B* *C* *B* *C* *A*	*1РТ, 2РТ, 4РП* *4РП* *2РТ, 3РТ, 4РП* *4РП* *2РТ, 3РТ, 4РП* *1РТ, 2РТ, 4РП*	*1РП* *2РП* *2РП* *1РП*	$\dot{I}_а + k\dot{I}_0$ $-\dot{I}_с - k\dot{I}_0$ $-\dot{I}_с - k\dot{I}_0$ $\dot{I}_а + k\dot{I}_0$	$\dot{U}_а$ $-\dot{U}_с$ $-\dot{U}_с$ $\dot{U}_а$	$\dot{I}_а$ $\dot{I}_с$ $\dot{I}_с$ $\dot{I}_а$	$\dot{U}_{вс}$ $\dot{U}_{ав}$ $\dot{U}_{ав}$ $\dot{U}_{вс}$

[1] Первыми буквами указаны фазы, поврежденные на защищаемой линии.



для осуществления третьей ступени, для линий 35 *кв* от всех видов многофазных коротких замыканий, выполненной ковыми пусковыми органами типа ДЗ-1. Схема является предварительной и подлежит уточнению после выпуска соответствующей схеме не показана.

фаз *А* и *С*, а третье реле (*2РТ*) может включаться на сумму токов фаз *А* и *С* (при использовании защиты на линиях 35 *кв*), или на ток фазы *В* (при использовании защиты на линиях 110—220 *кв*); при этом в первом случае устанавливаются перемычки между зажимами *36-34-32* и *30-28* (как показано на рис. 3), а во втором — между зажимами *36-34-32-30*.

Реле тока нулевой последовательности (используется только для линий 35 *кв*), выполненного с использованием промежуточного реле *4РП*, включенного через насыщающийся трансформатор тока *3ТТ* и выпрямительный мост *4МВ*. Использование промежуточного реле, имеющего необходимое число контактов, позволяет не предусматривать дополнительных реле для размножения контактов. Повышение коэффициента возврата реле *4РП* осуществляется шунтированием его обмотки сопротивлением *29СД* после срабатывания указанного реле. В цепи вторичной обмотки трансформатора тока *3ТТ* предусмотрено переключающее устройство *10УП*, которое при использовании защиты на линиях 110—220 *кв* устанавливается в положение *б — в*. Указанное предотвращает переключение дистанционного органа на фазные токи и напряжения при замыканиях на землю, что могло бы привести к снижению чувствительности защиты при замыкании на землю двух фаз.

Пусковой орган защиты предназначен для:

а) управления переключениями в цепях тока и напряжения дистанционного органа и органа направления мощности при различных видах коротких замыканий (с помощью реле *1РП* и *2РП*);

б) управления переключением в цепях напряжения дистанционного органа для перехода с уставки первой на уставку второй ступени (с помощью реле *5РП* и *3РП*);

в) осуществления третьей ступени защиты;

г) пуска реле времени защиты *РВ* (с помощью реле *1РП* и *5РП*);

д) фиксации срабатывания дистанционного органа в первый момент короткого замыкания в зоне, охватываемой второй ступенью защиты («мгновенный замер»), в случаях, когда такая фиксация допустима (с помощью реле *6РП*);

е) снятия тормозного напряжения с реле сопротивления и реле направления мощности (см. п. 6).

Следует отметить, что защита обеспечивает отключение только одного из мест повреждения не менее чем в 67% случаев двойных замыканий на землю. Указанное достигается за счет того, что при установке защиты в сети 35 *кв* в пусковом органе отсутствует реле, включенное на ток фазы *В*; реле *2РТ*, включаемое в этом случае на сумму токов фаз *А* и *С*, повышает чувствительность защиты к повреждениям за трансформатором с соединением обмоток Y/Δ-11.

В схеме предусмотрена возможность пуска защиты от внешних пусковых органов, для подключения контактов которых предусмотрены зажимы *40* и *38*.

6. Для надежного возврата магнитоэлектрических реле, используемых в качестве реагирующего органа в реле сопротивления и реле направления мощности, предусматривается прохождение по обмоткам этих реле в нагрузочном режиме тормозного тока. Указанный ток подводится от трансформатора напряжения *3ТН* через выпрямительные мосты *1МВ* (в реле сопротивления) и *3МВ* (в реле направления мощности). При срабатывании пускового органа напряжение с трансформатора *3ТН* снимается контактами реле *1РП* и *2РП*.

7. В схеме предусмотрена возможность выполнения первой ступени защиты как без выдержки времени, так и с выдержкой времени. В первом случае перемычка устанавливается между зажимами *61* и *63* (как показано в схеме), а во втором случае — между зажимами *63* и *65*.

8. Переключение в цепях напряжения дистанционного органа для перехода с уставки первой на уставку второй ступени осуществляется переключающими контактами реле *3РП* с замедлением при возврате (порядка 0,15 *сек*).

Кроме того, это реле используется для размыкания замыкающим контактом $3РП_4$ цепи первой ступени защиты.

Для исключения преждевременного возврата реле *3РП* в обесточенное положение и разрыва цепи первой ступени до срабатывания выходного реле *7РП* предусмотрено удерживание реле *3РП* через добавочное сопротивление *36СД*.

9. Для размножения контактов реле направления мощности в схеме предусмотрено промежуточное реле *5РП*, которое контактом $5РП_2$ размыкает цепь обмотки переключающего реле *3РП*, а контактом $5РП_1$ пускает реле времени *РВ*.

Для исключения подведения напряжения на обмотку реле *5РП* и удерживания реле *6РП* в нормальном нагрузочном режиме в случае, когда контакт реле направления мощности зашунтирован перемычкой (устанавливается между зажимами *1* и *3*), в схеме предусмотрен диод *7Д*.

10. В качестве реле времени *РВ* применено модернизированное реле типа РВМ-13, работающее на переменном токе. Реле имеет три контакта, из которых два временно замыкающие.

Запуск реле времени осуществляется от промежуточных реле *1РП* и *5РП*, управляемых реле тока и реле направления мощности (что обеспечивает направленность третьей ступени защиты).

При всех видах коротких замыканий к реле подводится ток фазы *А* или фазы *С*, что обеспечивается контактами реле *1РП*.

При коротком замыкании за трансформатором (с соединением обмоток Y/Δ-11) между фазами *А* и *В* токи в фазах *А* и *С* вдвое меньше тока фазы *В*. Действие реле *1РП* в этом случае обеспечивается в схеме благодаря дополнительному его запуску от реле тока *2РТ*. Для того чтобы реле времени, в обмотке которого в этом случае протекает ток фазы *А* вдвое меньший, чем в обмотке реле тока *2РТ*, не ограничивало чувствительность защиты, ток срабатывания реле времени снижен примерно в 1,5 раза и соответственно повышено потребление реле.

11. Для предотвращения неправильного действия защиты, возможного в случае замедленной переориентации реле направления мощности в сложных сетях, где может иметь место изменение направления мощности короткого замыкания, предусмотрено увеличение времени отключения от первой без выдержки времени ступени защиты, осуществляемое путем последовательного пуска реле *6РП* и *7РП* (устанавливается перемычка между зажимами *69* и *71*); реле *6РП* подготавливает также цепи на выходное промежуточное реле *7РП* от первой с выдержкой времени и второй ступеней защиты.

Для обеспечения действия реле сопротивления и реле направления мощности по цепи первой без выдержки времени ступени непосредственно на выходное промежуточное реле *7РП* (в сетях, где не может иметь место изменение направления мощности короткого замыкания) вместо указанной перемычки между зажимами *69* и *71* должна быть установлена перемычка *67-69*. Схема выполнена таким образом, что и в этом случае в целях разгрузки контактов магнитоэлектрических реле предотвращается одновременное прохождение по ним тока цепей обмоток промежуточных реле *6РП* и *7РП*.

Реле *6РП* запускается при одновременном срабатывании реле направления мощности и реле сопротивления (а также устройства блокировки при качаниях

в тех случаях, когда оно используется в защите — см. п. 13).

Кроме того, это реле контактом $6РП_1$ осуществляет, когда это допустимо, фиксацию срабатывания дистанционного органа (с помощью пускового органа) в первый момент короткого замыкания в зоне, охватываемой второй ступенью защиты («мгновенный замер») при установке перемычки между зажимами *3* и *5*.

12. В схеме предусмотрена возможность ускорения второй или третьей ступеней защиты после включения выключателя. Для осуществления указанного замыкающий контакт реле ускорения вводится между зажимами *61* и *64* (ускорение второй ступени защиты) или между зажимами *1* или *3* и *64* (ускорение третьей ступени защиты).

При ускорении второй ступени защиты целесообразно реле сопротивления дистанционного органа переключать на уставку этой ступени до включения выключателя. Для этого вместо перемычки между зажимами *18* и *20* должен быть включен размыкающий контакт реле ускорения защиты.

13. В схеме предусмотрена возможность выполнения защиты с блокировкой при качаниях в первой и второй ступенях. При этом контакты устройства блокировки при качаниях включаются между зажимами *7* и *9*.

Для одновременного осуществления мгновенного замера и фиксации действия устройства блокировки при качаниях устанавливается перемычка между зажимами *3* и *5*. В том случае, когда мгновенный замер недопустим, перемычка устанавливается между зажимами *5* и *7*; при этом осуществляется только фиксация действия блокировки.

Для осуществления блокировки при качаниях только первой ступени защиты устанавливается также перемычка между зажимами *9* и *11*.

14. Выходное промежуточное реле защиты *7РП* имеет четыре обмотки: одну рабочую, две удерживающие, включаемые последовательно со своими контактами в выходных цепях защиты, и одну вспомогательную обмотку, создающую задержку при срабатывании реле, необходимую для исключения действия защиты при работе трубчатых разрядников.

В цепи вспомогательной обмотки включены диод *8Д*, конденсатор *10С* и параллельно диоду сопротивление *40СД*.

Рабочая и вспомогательная обмотка включены встречно. В первый момент подачи напряжения н. с. рабочей и тормозной обмоток равны, поток в реле равен нулю, и оно не работает. По мере заряда конденсатора *10С* н. с. тормозной обмотки снижается, а поток в реле нарастает. При достижении определенного значения потока происходит срабатывание реле. Этим достигается задержка при срабатывании реле.

Для снижения времени возврата реле последовательно с конденсатором *10С* включен диод *8Д*. Сопротивление *40СД* служит для создания цепи разряда конденсатора.

В схеме предусмотрена возможность воздействия на выходное промежуточное реле *7РП* от других защит (зажим *62*). При этом предполагается, что указательные реле, сигнализирующие действие других защит, находятся на панелях этих защит.

15. Для сигнализации действия защиты используются указательные реле: в цепях первой, второй и третьей ступеней защиты *1РУ—3РУ*, в цепи ускорения защиты после включения выключателя (см. п. 12) *5РУ*, в выходных цепях защиты *6РУ* и *7РУ*, для сигнализации замыкания на землю *4РУ*. При этом указательные реле *1РУ—5РУ* бесконтактные, а реле *6РУ* и *7РУ* имеют контакты.

Для исключения возможности срабатывания указательного реле первой ступени *1РУ* при действии установленных на линии трубчатых разрядников обмотка этого реле шунтирована размыкающим контактом $7РП_1$ выходного реле; для исключения возможности срабатывания указательного реле в цепи ускорения *5РУ* по обходной цепи предусмотрен диод *9Д*.

16. При использовании защиты для пуска устройства резервирования при отказе выключателей необходимо шунтировать временно замыкающие контакты реле времени: $РВ_1$ в цепи первой ступени (в случае ее выполнения с выдержкой времени) и $РВ_2$ в цепи второй ступени. Указанное обеспечивает замыкание цепи на УРОВ в течение всего времени, пока работает защита, и выполняется замыкающим контактом $7РП_1$ выходного реле, который включен через добавочное сопротивление *39СД*.

Для пуска схемы УРОВ используется контакт $7РП_4$ выходного реле; в этом случае сигнализация замыкания на землю (см. п. 15) не предусматривается.

17. В схеме предусмотрена возможность использования защиты как на постоянном (110 или 220 *в*), так и на переменном оперативном токе.

Для работы защиты на оперативном переменном токе в схеме используется блок питания *БП*, состоящий из двух трансформаторов напряжения *4ТН* и *5ТН*, включенных на междуфазные напряжения, и феррорезонансного стабилизатора напряжения (трансформатор тока *4ТТ* и конденсатор *4С*).

Два трансформатора напряжения предусмотрены для обеспечения требуемого значения напряжения на выходе блока питания при двухфазных коротких замыканиях за трансформатором с соединением обмоток Y/Δ-11.

Для обеспечения требуемого значения напряжения, снимаемого с блока питания при двухфазном коротком замыкании на землю фаз *А* и *С* в сети рассматриваемого напряжения, при использовании защиты в сетях с большим током замыкания на землю первичная обмотка трансформатора *5ТН* переключается на фазное напряжение $U_в$. При этом повышается коэффициент трансформации трансформатора *5ТН* в $\sqrt{3}$ раз. Указанные переключения осуществляются снятием перемычки между зажимами *35* и *33* и установкой перемычки между зажимами *39* и *37*.

Для дополнительной стабилизации напряжения, подводимого от источника питания (аккумуляторной батареи или блока питания) предусмотрены стабилитроны *1СТ—3СТ*.

Дополнительная стабилизация напряжения необходима для исключения перегрузки контактов магнитоэлектрических реле при повышениях напряжения, а также для обеспечения постоянства времени реле *3РП* на отпадание и реле *7РП* на срабатывание (п. 14). Питание к стабилитронам для облегчения их работы в нормальном режиме подводится через сопротивления *32СД*, *34СД* и *35СД*, что приводит к снижению уровня токов в них. В этом режиме к стабилитронам подключено лишь промежуточное реле *3РП*.

При возникновении повреждения сопротивление *35СД* шунтируется контактами промежуточных реле *1РП* и *2РП* и к стабилитронам подключается ряд дополнительных реле. Шунтирование необходимо для обеспечения требуемого уровня токов в этих реле и стабилитронах. Сопротивления *32СД* и *34СД* обеспечивают работу стабилитронов в требуемом диапазоне токов.

В схеме питания стабилитронов предусмотрено переключающее устройство *7УП*, которое устанавливается при напряжении постоянного оперативного тока 110 *в* между зажимами *а-в*, при напряжении 220 *в* — между зажимами *а-г*, а при использовании блока питания — между зажимами *а-б*.

В цепи обмоток промежуточных реле *1РП* и *2РП* предусмотрено переключающее устройство *8УП*, которое устанавливается при напряжении постоянного оперативного тока 110 *в* между зажимами *а-в* и *а-г*, а при напряжении 220 *в* — между зажимами *а-б* и *а-д*.

18. В схеме предусмотрена возможность использования размыкающего контакта $3РП_5$ (выведен на зажимы *78* и *80*) в цепях сигнализации для контроля наличия оперативного постоянного тока.

19. В защите установлена неоновая лампа *ЛС*, которая используется при испытаниях дистанционного органа и органа направления мощности, в целях разгрузки контактов магнитоэлектрических реле.

В предыдущих выпусках должны быть внесены следующие исправления:

В выпуске 6. В схеме рис. П-3 параллельно соединенные блок-контакты $1В_а$, $1В_в$, $1В_с$ и контакт реле *22РПВ* должны быть перенесены в цепь обмотки реле *5РВ*. Кроме того, в соответствии с предложением Днепроэнерго, целесообразно предусмотреть в схеме шунтирование указанных параллельно соединенных контактов действующим без замедления контактом реле *5РВ*.

В выпуске 7.

1. Стр. 7, правый столбец, строка 30 снизу. Исключить слова: «или отсутствия напряжения на панели защиты».

2. Стр. 14, левый столбец, строки 12—14 сверху. Исключить слова: «в случае неисправности цепи отключения и возможного в этом случае возврата выходного промежуточного реле *10РПВ*».

3. Стр. 20—21, в подрисуночной подписи к рис. 4 добавить: «*1РПЗ* — реле промежуточное типа РП-251, *1РПУ* — реле промежуточное типа РП-252».

4. Стр. 24, в подрисуночной подписи к рис. 5. Вместо «*2РВЗ* — реле времени типа ЭВ-122» должно быть «*1РПЗ* — реле промежуточное типа РП-251».

5. Стр. 41 и 71. Схемы рис. 14,*г* и 28,*г* следует поменять местами.

6. Стр. 85. В знаменателе выражения (2) должно быть $2I_{мин}$.

7. Стр. 104. В табл. 15 ток точной работы дан для времени $t=\infty$ от начала трехфазного короткого замыкания.

8. Стр. 131, п. 5. Вместо 95 должно быть 123.

9. Стр. 135, п. 33 вместо $z^{II}_{сз7} = z^{II}_{сз8} = 0{,}85z_{л\text{-}1} + 0{,}78\dfrac{z^{I}_{сз6\ или\ 5}}{k_т}$ должно быть

$$z^{II}_{сз7} = z^{II}_{сз8} = 0{,}85z_{л\text{-}2} + 0{,}78\,\frac{z^{I}_{сз6\ или\ 5}}{k_т}.$$

gost.e-ecolog.ru