

Г.Г.ФОКИН, М.Н.ХОМЯКОВ



**ПАНЕЛИ
ДИСТАНЦИОННЫХ
ЗАЩИТ
ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2**



БИБЛИОТЕКА
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 411

Г. Г. ФОКИН, М. Н. ХОМЯКОВ

ПАНЕЛИ
ДИСТАНЦИОННЫХ
ЗАЩИТ
ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2



«ЭНЕРГИЯ» • МОСКВА • 1975

6П2.13

Ф 75

УДК 621.316.314

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большаков Я. М., Зевакин А. И., Камчатский Е. А.,
Мандрыкин С. А., Розанов С. П., Рябцев Ю. И.,
Сивягунов Ф. И., Смирнов А. Д., Сколков Б. А.,
Семенов В. А., Устинов П. И.

Фокин Г. Г. и Хомяков М. Н.

Ф 75 Панели дистанционных защит ПЗ-2/1 и
М., «Энергия», 1975.

112 с. с ил. (Б-ка электромонтера. Вып. 411).

В брошюре рассмотрены устройство и методы наладки панелей дистанционных защит типов ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2. Подробно рассмотрены принцип действия и конструктивные исполнения панелей; особенности схемы выполнения дистанционных органов и устройство дополнительных блокировок. Даны рекомендации по выделению сигналов панелей защиты в целом и проверке их отдельных элементов.

Брошюра предназначена для электромонтеров и мастеров наладочных и эксплуатирующих организаций, обслуживающих устройства релейной защиты и электродистанции.

Ф 30311-014
051(01)-75 132-74

6П2.13

© Издательство «Энергия», 1975 г.

**Герман Георгиевич Фокин,
Михаил Николаевич Хомяков**

ПАНЕЛИ ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАЩИТ ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2

Редактор издательства И. П. Березнига
Технический редактор Т. А. Маслова
Корректор З. Б. Драновская

Сдано в набор 1/VII 1974 г. Подписано к печати 22/II 1975 г.

Формат 84x108^{1/2}

Бумага типграфская № 2

Усл.

1-0293

лет. л. 5,68

Уч.-изд. л. 6,04

Тираж 18000 экз.

Зак. 830

Цена 28 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Отпечатано во Владимирской типографии Связьполиграфрема при
Государственном комитете Совета Министров СССР по делам
издательства, полиграфии и книжного торгово-
г. Владимир, ул. Победы, д. 18-С. Заказ 60

ПРЕДИСЛОВИЕ

Директивы XXIV съезда КПСС по девятому пятилетнему плану предусматривают дальнейшее бурное развитие отечественной энергетики.

За пятилетку предполагается ввести в действие на электростанциях 65—67 млн. кВт мощности, довести выработку электроэнергии в 1975 г. до 1030—1070 млрд. кВт·ч, продолжить работу по созданию Единой энергетической системы страны, дальних линий электропередач постоянного и переменного тока.

Решение этих больших задач невозможно без широкого использования последних достижений науки и техники. Появление же большого количества новых, более совершенных энергетических устройств требует постоянного повышения технического уровня энергетиков и расширения зоны обслуживания.

Для подготовки квалифицированных рабочих-энергетиков, в том числе и электромонтеров, работающих в области релейной защиты, выпускается специальная литература.

Настоящая книга знакомит квалифицированных электромонтеров и мастеров служб релейной защиты с принципом действия, устройством и эксплуатацией сравнительно сложных панелей дистанционных защит типа ПЗ-2, где используются принципиально новые дистанционные органы. Указанные защиты находят широкое применение в энергосистемах.

Пожелания и замечания по брошюре просим направлять по адресу: Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, изд-во «Энергия».

Авторы

I. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ

1. НАЗНАЧЕНИЕ. ОСОБЕННОСТИ СХЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ОРГАНОВ

Панели дистанционной защиты типов ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2 предназначены для применения в качестве основной или резервной защиты линий электропередач высокого напряжения с большими токами замыкания на землю. Защиты обеспечивают селективное отключение междуфазных повреждений в сетях любой конфигурации с любым числом точек питания. Защиты обеспечивают также селективное отключение двухфазных замыканий на землю. Защиты могут приходить в действие при близких однофазных к з с сильным сокращением зоны действия отдельных ступеней.

Схемы панелей позволяют осуществлять трехфазную трехступенчатую защиту с независимой выдержкой времени в каждой ступени. Исполнение панелей защиты с дополнительным индексом «Т» в обозначении типа (ПЗ-2/1-Т и ПЗ-2/2-Т) пригодно для работы в условиях тропического климата. Тропическое исполнение панелей отличается от общепромышленного материалами и покрытиями.

Защита ПЗ-2/1 снабжена устройством блокировки при качаниях типа КРБ-125 с пуском от напряжения обратной последовательности и тока нулевой последовательности для блокировки первой и второй ступеней при качаниях, защита ПЗ-2/2 — устройством блокировки КРБ-126 с пуском от тока обратной и нулевой последовательностей.

По назначению и использованию панели защит типов ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2 очень похожи и заменяют панели дистанционных защит типов ПЗ-158 и ПЗ-159.

Для осуществления дистанционных защит типов ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2 с высокочастотной блокировкой может быть применено специальное устройство — приставка типа ПББ 158.

Назначение, принцип действия и характеристики дистанционных защит подробно изложены во многих работах и здесь не рассматриваются [Л 1, 12]

Отличительной особенностью панелей типов ПЗ-2/1 и ПЗ 2/2 по сравнению со всеми выпускавшимися ранее типами дистанционных защит (панели типов ПЗ-151, ПЗ 152, ПЗ 153, ПЗ-156, ПЗ-157, ПЗ 158, ПЗ-159) является использование в измерительных дистанционных органах полупроводниковой схемы сравнения абсолютных значений электрических величин при помощи выпрямления. Реагирующим органом является высокочувствительное магнитоэлектрическое реле с мощностью срабатывания порядка $2 \cdot 10^{-7}$ Вт. Высокая чувствительность реагирующего органа позволяет выполнить схему сравнения весьма маломощной. Такое исполнение по сравнению с электромеханическим реле имеет ряд преимуществ. Наиболее существенными из них являются значительно меньшее потребление по цепям переменного тока и напряжения, меньшие размеры, простота наладки ввиду отсутствия подвижных частей.

2. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ПАНЕЛЕЙ ТИПОВ

ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2

В схемы защит типов ПЗ-2/1 и ПЗ 2/2 входят комплект двухступенчатой дистанционной защиты типа ДЗ-2 (три направленных реле сопротивления, используемые в качестве дистанционных органов I и II ступеней),

комплект реле сопротивления типа КРС-1, содержащий три направленных реле сопротивления, являющихся пусковыми органами защиты и измерительными органами III ступени;

устройство блокировки при качаниях типа КРБ-125 (для панели типа ПЗ-2/1) или устройство блокировки типа КРБ-126 (для панели типа ПЗ-2/2),

промежуточное реле типа РП 253,

реле указательное типа РУ 21/0,25;

лампа сигнальная типа ЛС-53,

пять трехпозиционных переключателей (накладок) типа НКР-3,

три испытательных блока типа БИ-4 и один блок типа БИ-6.

Все перечисленные элементы монтируются с лицевой стороны стандартной заводской панели представляющей

собой стальной сварной каркас размером $2400 \times 800 \times 550$ мм.

Общий вид панели и расположение аппаратов приведены на рис. 1. Все основные элементы схемы защиты, установленные на лицевой стороне панели, имеют маркировку в виде табличек, расположенных у этих аппаратов. Для удобства эксплуатации на панели предусмотрено четыре испытательных блока, через которые заведены цепи переменного тока и напряжения и цепи оперативного постоянного тока. В нижней части панели имеется круглое отверстие, закрытое пластинкой с товарным знаком.

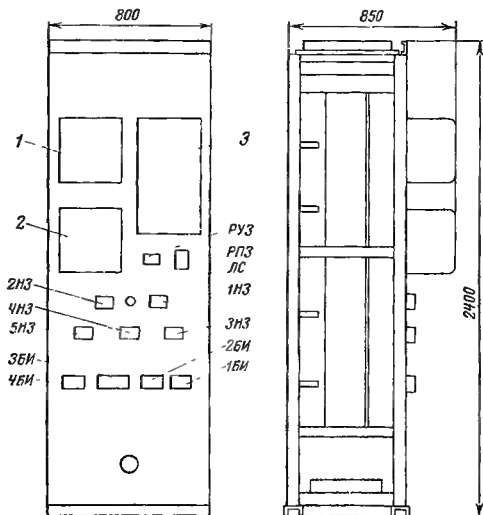


Рис 1. Общий вид и размеры панелей типов ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2.

1 — устройство блокировки при качаниях; 2 — комплект реле сопротивления типа КРС 1, 3 — двухступенчатая дистанционная защита типа ДЗ 2; РПЗ — реле промежуточное типа РП-253, РУЗ — реле указательное типа РУ-21/0,25, ЛС — лампа сигнальная типа ЛС-53; 1ИЗ—5ИЗ — трехпозиционный переключатель типа НКР-3, 1БИ, 2БИ, 4БИ — блок испытательный типа БИ-4; 3БИ — блок испытательный типа БИ-6.

ком предприятия, сквозь которое можно пропускать про- вода при наладке защиты.

С задней стороны панели расположены ряды зажимов (горизонтально в нижней части — первые выпуски панелей и вертикально на боковинах — последующие выпуски). В комплекте с панелью поставляются шинки с зажимами, упакованные магнитоэлектрические реле, испытательные крышки для блоков и другие запасные части. Конструктивное выполнение отдельных комплектов описано ниже.

3. ДИСТАНЦИОННЫЙ ОРГАН I И II СТУПЕНЕЙ

Дистанционными органами I и II ступеней защиты являются направленные реле сопротивления, в основу которых положена схема сравнения абсолютных значений величин на равновесие напряжений [Л. 2, 3]. В комплексной плоскости сопротивлений характеристика реле представляет собой окружность, проходящую через начало координат. Угол между диаметром окружности, проведенным через начало координат, и осью активных сопротивлений является углом максимальной чувствительности реле $\varphi_{мч}$ (рис. 2). Предусмотрена возможность получения двух значений $\varphi_{мч}$.

Схема сравнения реле состоит из двух выпрямительных мостов, включаемых на баланс напряжений (рис. 3). К одному из мостов (рабочему) подводится напряжение, действующее в сторону срабатывания, $\dot{E}_p = K_1 I$; к другому (тормозному) — напряжение, действующее в сторону торможения, $\dot{E}_t = k_U \dot{U} - k_I I$. При $\dot{E}_p > \dot{E}_t$ все вентили тормозного моста закрываются и через реагирующий орган и балластное сопротивление начинает проходить ток в направлении срабатывания. При достижении им величины, равной току срабатывания реагирующего органа, последний срабатывает. Пренебрегая чувствительностью реагирующего органа, уравнение его срабатывания можно записать в виде

$$|k_U \dot{U} - k_I I| \leq |k_I I|, \quad (1)$$

где k_U — коэффициент трансформации трансформатора напряжения ИТН; k_I — коэффициент, численно равный величине э. д. с. на вторичной обмотке трансформатора при

токе I А через последовательно соединенные первичные обмотки.

Разделив обе части выражения (1) на $k_U \dot{I}$, получим условие срабатывания реагирующего органа

$$\left| Z - \frac{\dot{k}_I}{k_U} \right| \leq \left| \frac{\dot{k}_I}{k_U} \right|. \quad (2)$$

В комплексной плоскости сопротивлений это выражение соответствует окружности, проходящей через начало координат, диаметр которой есть вектор $2 \frac{\dot{k}_I}{k_U}$ (рис. 2).

Контур, в котором действует напряжение $E_p = \dot{k}_I I$, называется рабочим, так как выпрямленное напряжение этого контура создает в реагирующем органе момент в сторону срабатывания. Соответственно контур, в котором действует напряжение $E_T = k_U \dot{U} - k_I I$, называется тормозным.

Поскольку начало защищаемой линии является границей зоны работы реле, выполненного согласно выражению (1), то не обеспечивается четкая направленность и достаточный момент при коротких замыканиях в начале защищаемой зоны. Кроме того, ввиду невозможности сделать э. д. с. трансформатора, вводимые в рабочий и тормозной контуры схемы сравнения, абсолютно одинаковыми, характеристическая окружность может охватывать начало координат или быть смещенной в сторону первого квадранта комплексной плоскости. Оба случая являются недопустимыми, так как

Рис. 2 Характеристика направленного реле сопротивления в комплексной плоскости

приводят к неселективному действию защиты при к. з. «за спиной», т. е. на шинах или в начале других линий, или к нечувствительности защиты при к. з. в начале защищаемой линии.

Для устранения указанных недостатков в основу работы реле положено выражение

$$|k_U \dot{U} - \dot{k}_I I + \dot{E}_T| \leq |k_I I + \dot{E}_T|, \quad (3)$$

несколько отличающиеся от выражения (1). Здесь \dot{E}_n — напряжение подпитки, вводимое с помощью трансреактора в рабочий и в тормозной контуры. При малых значениях \dot{E}_n по сравнению с $k_U \dot{U}$ характеристика реле в комплексной плоскости незначительно отличается от окружности.

В выражении (3) E_n совпадает по фазе с $k_U \dot{U}$. Это приводит к тому, что при угле максимальной чувствительности, когда комплексные величины, стоящие в скобках, можно сравнить арифметически, введение в оба контура схемы сравнения равных э. д. с. \dot{E}_n при равенстве балластных сопротивлений, включенных на выходе выпрямительных мостов, не меняет уставки реле.

При близких многофазных коротких замыканиях, когда величина \dot{E}_n больше, чем $k_U \dot{U}$, уравнение срабатывания реле принимает вид выражения (4), которое, как известно [Л. 2, 3] является уравнением реле направления мощности. Таким образом, при близких к. з. реле сопротивления превращается в реле направления мощности

$$|E_n - k_I I| = |E_n + k_I I|. \quad (4)$$

Так как \dot{E}_n и $k_U \dot{U}$ совпадают по фазе, то прямая максимальных моментов реле направления мощности будет совпадать с углом максимальной чувствительности направленного реле сопротивления.

Таким образом, направленное реле сопротивления, выполненное согласно выражению (3), обеспечивает четкую направленность защиты при к. з. в начале защищаемой зоны. На рис. 3 приведены упрощенная принципиальная и полная схема дистанционного органа.

Реле сопротивления содержит элементы.

Трансформатор напряжения *ITN* позволяет регулировать уставку по I и II зонам изменением величины напряжения $k_U \dot{U}$, вводимого в тормозной контур.

Регулировка уставки в каждой зоне производится изменением суммарного числа витков двух последовательно включенных обмоток на вторичной стороне. Одна из обмоток w_0 содержит 80% витков и предназначена для грубой регулировки уставки (через 20%). Кроме этого, имеются две обмотки w_I и w_{II} (соответственно для I и

II зон), каждая из которых имеет три отпайки, позволяющие регулировать уставку через 5%, и четвертую отпайку с 8% витков, к которой подключен потенциометр плавной регулировки уставки (16R и 15R соответственно для I и II зон). Для поддержания неизменным сопротивления тормозного контура при регулировке уставок трансформатора ИТН последовательно с отпайками грубой регулировки уставки включены резисторы 9R—12R.

Для сохранения постоянными минимальных величин срабатывания, регулируемых в целях тока, при переходе от одного угла максимальной чувствительности к другому первичная обмотка трансформатора напряжения имеет отвод, позволяющий менять величину коэффициента k_U .

Трансреактор ИТР имеет две первичные обмотки, включаемые на разность фазных токов, и две вторичные обмотки. Два значения углов максимальной чувствительности получаются шунтированием вторичных обмоток трансреактора резисторами 1R и 3R или 2R и 4R. Напряжение, вводимое в схему сравнения со вторичных обмоток ИТР, пропорционально первичному току и сдвинуто относительно его на угол $\varphi_{мч}$ в сторону опережения. Таким образом, если при коротком замыкании угол между напряжением и током, подводимыми к реле $\varphi_{кз}$, будет равен углу $\varphi_{мч}$, то в тормозном контуре ЭД с от на-

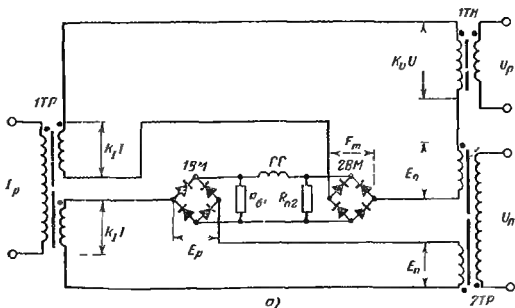
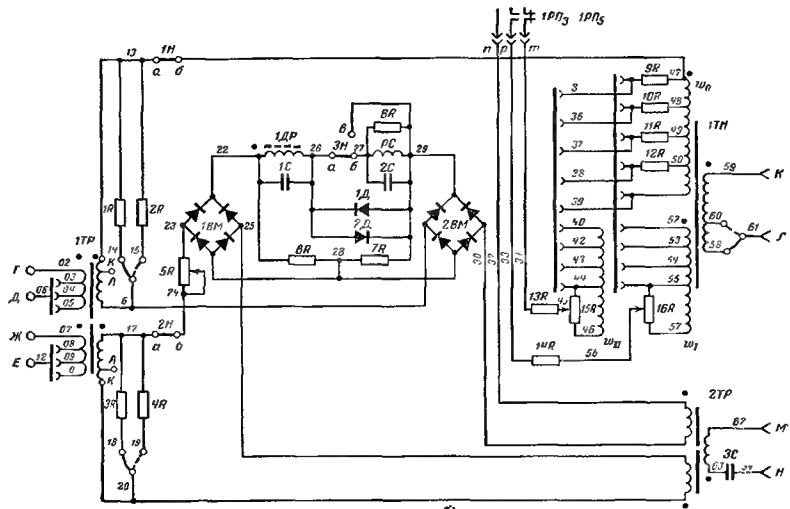


Рис 3 Схема дистанционного органа комплекта ДЗ-2

а — упрощенная схема, б — полная схема



б)

пряжения и тока окажутся в противофазе. Следовательно, результирующая э. д. с. тормозного контура будет минимальна и реле сопротивления будет иметь наибольшую (максимальную) чувствительность. Чем больше сопротивление, шунтирующее вторичную обмотку трансреактора $1TR$, тем больше угол между первичным током I и вторичным напряжением, вводимым в схему сравнения. Так, для $\varphi_{MЧ} = 65^\circ$ сопротивление резисторов $1R$ и $3R$ равно $3,9$ кОм, а для $\varphi_{MЧ} = 80^\circ$ сопротивление резисторов $2R$ и $4R$ равно 13 кОм.

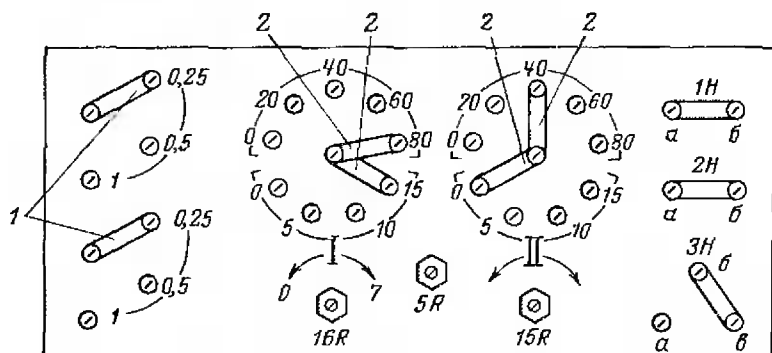


Рис 4 Передняя плата дистанционного органа комплекта ДЗ 2

1 — переключатели уставок в цепях тока, 2 — переключатели грубой регулировки уставок по I и II зонам, 15R, 16R — потенциометры плавной регулировки уставок по I и II зонам, 5R — выравнивающее сопротивление, 1H, 2H — переключики в тормозном и рабочем контурах дистанционного органа, 3H — переключик в цепи магнитоэлектрического реле

Регулировка уставки в цепях тока производится изменением числа витков первичных обмоток трансреактора, что изменяет э. д. с., вводимые в контуры реле. Это позволяет изменять уставку реле сопротивления в 2 и 4 раза.

На рис. 4 показана верхняя плата дистанционного органа, на которой расположены элементы регулировки уставки сопротивления срабатывания по I и II зонам. Обозначения у переключателей уставки в цепях тока (0,25; 0,5; 1) соответствуют номинальным значениям минимальных уставок реле сопротивления (в омах на фазу) при исполнении реле на номинальный вторичный ток 5А. При исполнении реле на номинальный ток 1А этим обозначениям соответствуют значения минимальных уставок

реле, увеличенные соответственно в 5 раз (1,25; 2,5; 5 Ом на фазу)

Контур подпитки предназначен для обеспечения правильной работы реле при близких к. з., состоит из трансреактора подпитки $2TP$ и конденсатора $3C$ (рис. 3).

Первичная обмотка трансреактора и конденсатор $3C$ образуют резонансные контур, настроенный на частоту 50 Гц.

Для исключения неправильного действия при к. з. на шинах характеристика реле (при отсутствии напряжения на контуре подпитки) должна быть смещена относительно начала координат в сторону первого квадранта комплексной плоскости (рис. 5) на величину $(0,01 \div 0,02) Z_y$.

Величина $E_{п}$, вносимая контуром подпитки, должна быть достаточной для перекрытия этой «мертвой зоны». Контур подпитки выполнен таким образом, что э. д. с. $E_{п}$, вводимая в оба контура схемы сравнения, совпадает по фазе с линейным напряжением, подводимым к первичной обмотке трансформатора ITH , и благодаря наличию колебательного контура не исчезает мгновенно и при трехфазных к. з. в начале защищаемой зоны.

На вход контура подпитки подается напряжение фазы, не подводимой к тормозному контуру. Так, для реле, включенного на линейное напряжение U_{AB} и разность фазных токов $I_A - I_B$, необходимо к контуру подпитки подать напряжение U_{C0} .

Схема и векторная диаграмма, поясняющие работу контура подпитки на примере дистанционного органа AB , приведены на рис. 6.

При к. з. в начале зоны защиты между фазами A и B линейное напряжение U_{AB} снижается до нуля. Четкая направленность реле и достаточный момент в реагирующем органе обеспечиваются тем, что напряжение U_{C0} , подводимое к контуру подпитки, остается без изменения.

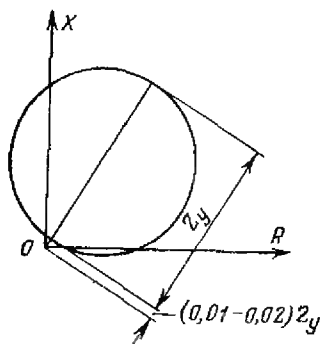


Рис 5. Характеристика дистанционного органа при отсутствии напряжения на входе контура подпитки

При трехфазном к. з. в начале зоны постоянная подпитка от третьей фазы не может быть обеспечена. Перекрытие «мертвой зоны» обеспечивается тем, что в резонансном контуре подпитки, настроенном на 50 Гц, энергия, запасенная конденсатором и индуктивностью, не может исчезнуть мгновенно. Это приводит к тому, что

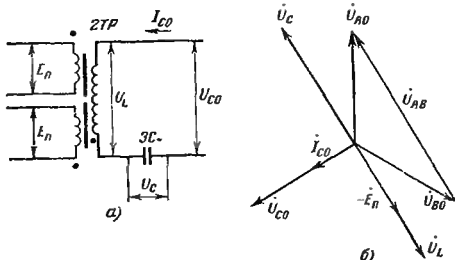


Рис. 6. Контур подпитки дистанционного органа комплекта ДЗ-2.

а — схема контура; б — векторная диаграмма.

э. д. с. \dot{E}_n снижается постепенно, обеспечивая работу дистанционного органа по «памяти».

Схема сравнения (рис. 3) состоит из двух выпрямительных мостов $1ВМ$, $2ВМ$, балластных сопротивлений (резисторы $6R$, $7R$) и переменного сопротивления (резистор $5R$), необходимого для выравнивания сопротивления рабочего и тормозного контуров схемы сравнения. Резисторы $13R$ и $14R$ включают к. з. в цепях напряжения при переключении зон.

Для защиты магнитоэлектрического реле от больших кратностей тока параллельно его обмотке включены диоды $1Д$, $2Д$. Таким образом, напряжение на обмотке реле не может быть более падения напряжения на открытом диоде (около 1 В). Это же снижает чувствительности схемы, так как напряжение на обмотке реле при токе его срабатывания составляет около 20 мВ, а при таком напряжении шунтирующий диод имеет сопротивление, значительно превышающее сопротивление обмотки реле.

Резистор $8R$ по величине в 8—10 раз больше, чем сопротивление обмотки магнитоэлектрического реле, служит для создания режима критического успокоения рам-

ки магнитоэлектрического реле. В этом случае приближение подвижного контакта к неподвижному при срабатывании реле носит аperiodический характер.

Ввиду того что напряжение на диодах выпрямительных мостов при к. з., сопровождающихся большими токами (до 150 А), достигает значительной величины, схема сравнения выполнена на диодах типа Д211, имеющих допустимое обратное напряжение 600 В.

Для сглаживания выпрямленного тока в реагирующем органе последовательно с ним включен фильтр-пробка, рассчитанный на резонанс токов при частоте 100 Гц, частоте основной гармоники выпрямленного тока. Фильтр состоит из дросселя *ИДР*, выполненного с регулируемым зазором в сердечнике, и конденсатора *ИС*.

Реагирующим органом схемы сравнения является высокочувствительное магнитоэлектрическое реле типа М 237/054.

Основные параметры реле:

Ток срабатывания, мкА	6—10
Сопротивление рамки реле, Ом	1400—2000
Зазор между подвижным и неподвижным контактом, мм	0,5—0,7
Ток термической устойчивости, мА	2
Допустимое напряжение на контактах, В	60—120

Важным условием надежной работы реле является наличие искрогасительного контура, подключенного параллельно контактам реле. Работа реле без искрогасительного контура недопустима.

Определение положения переключателей регулировки уставки реле в цепях тока и напряжения. Расчет сопротивления срабатывания производится по формуле

$$Z_{\text{ср}} = \frac{Z_{\text{ср п}} n_{\text{т}}}{n_{\text{н}}},$$

где $Z_{\text{ср п}}$ — первичное значение сопротивления срабатывания защиты соответствующей зоны; $n_{\text{т}}$ — коэффициент трансформации трансформаторов тока; $n_{\text{н}}$ — коэффициент трансформации трансформатора напряжения.

Выбор положения переключателя регулировки уставки в цепях тока $Z_{\text{уст мин}}$ производят, исходя из следующих соображений:

а) если ток к. з. на границе зон мал, то для увеличения чувствительности реле (уменьшения тока точной работы) следует стремиться установить большую уставку

на трансреакторе *ИТР*, соответствующую большему числу витков его первичной обмотки;

б) если токи к. з. значительно превышают токи точной работы, то для обеспечения лучшей работы реле по «памяти» уставка в цепях тока должна быть по возможности меньшей.

Выбор уставки на трансформаторе напряжения для I и II зон при расчетном $Z_{ср}$ и при выбранной уставке в цепях тока $Z_{уст\ мин}$ производится по формуле, %:

$$N = \frac{Z_{уст. \ мин}}{Z_{уст}} \cdot 100,$$

где N соответствует процентному отношению включенных вторичных витков к общему числу вторичных витков трансформатора *ИТН*.

Особенности настройки дистанционного органа. При настройке контуров схемы сравнения следует иметь в виду, что расширенне характеристики срабатывания реле по сравнению с приведенной на рис. 2 (во всех направлениях, включая третий квадрант) может быть вызвано следующим:

а) превышением э. д. с. рабочего контура над э. д. с. тормозного при равных сопротивлениях контуров;

б) превышением сопротивления тормозного контура над сопротивлением рабочего при равных э. д. с. контуров

Соответственно сужение характеристики (смещение в первый квадрант) может быть вызвано превышением э. д. с. тормозного контура или превышением сопротивления рабочего контура.

Так, если (при равных сопротивлениях контуров схемы сравнения) э. д. с. рабочей обмотки трансреактора будет больше, чем э. д. с. тормозной, то это приведет к охвату характеристикой реле начала координат (места установки защиты). К аналогичному явлению приведет превышение сопротивления тормозного контура схемы сравнения над сопротивлением рабочего контура при равных э. д. с. трансреактора.

И, наоборот, значительное превышение э. д. с. тормозной обмотки трансреактора над э. д. с. рабочей (при одинаковых сопротивлениях) или превышение сопротивления рабочего контура над тормозным (при одинаковых э. д. с.) может привести к увеличению «мертвой зоны» защиты до таких размеров, что даже влияние

контура подпитки не сможет устранить ее. Поскольку величина отрицательного тока (действующего в сторону торможения) в реагирующем органе будет пропорциональна разности э. д. с., наибольшее значение этого тока и, следовательно, наибольшая возможность отказа при к. з. в начале линии будут при максимальном токе короткого замыкания.

При выбранных параметрах контура подпитки реле обеспечивает правильную работу по «памяти» при трехфазном к. з. в начале линии, сопровождающимся током до 150 А, в случае, если величина «мертвой зоны» реле при отсутствии контура подпитки не превышает примерно 1% сопротивления уставки реле. Это соответствует величине отрицательного тока в реагирующем органе около 15 мкА при токе 5 А, проходящем по первичным обмоткам трансреактора *ИТР* и уставке в цепях тока 1 Ом на фазу. При меньшей величине тока к. з. величина «мертвой зоны» реле, которую может перекрыть контур подпитки, может быть увеличена.

Получение необходимой характеристики реле путем изменения величины сопротивления контуров можно выполнять лишь в небольших пределах. Необходимо иметь в виду, что кроме э. д. с. от трансреактора *ИТР* в оба контура схемы сравнения вводятся две равные э. д. с. E_{II} от трансреактора *2ТР* (от контура подпитки).

При неравных сопротивлениях контуров от э. д. с. E_{II} в реагирующем органе будет проходить своя составляющая тока, знак которой зависит от того, какой из контуров реле имеет большее сопротивление. Положительное значение этого тока недопустимо из-за возможности кратковременного срабатывания реагирующего органа в момент снятия напряжения при отсутствии тока в реле, так как э. д. с. контура подпитки ввиду наличия «памяти» исчезнет не сразу. Отрицательное значение этого тока приводит к загроблению реле (увеличению тока точной работы). Исходя из этих соображений, считается допустимым наличие отрицательного тока от э. д. с. подпитки от 0 до 10 мкА, при этом загробление реле будет незначительным.

Для обеспечения идентичности изменения э. д. с., вводимых от цепей тока, трансреактор *ИТР* выполнен на сложном магнитопроводе, показанном на рис. 7. Первичные (токовые) обмотки ω_1 , ω_2 трансреактора расположены на орднем керне магнитопровода, а две одинаковых

вторичных обмотки w_3 , w_4 расположены раздельно на крайних ядрах, имеющих воздушный зазор. Таким образом, идентичность наведенных э. д. с. во вторичных обмотках зависит только от величины воздушного зазора. При настройке на заводе магнитопровод трансреактора закрепляется на основании (скобе) блока рсле сопротивления, при этом выравниваются э. д. с. и фиксируются

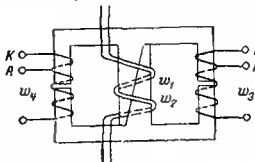


Рис 7 Трансреактор ИТР дистанционного органа

зазоры трансреактора. Наличие отпайки у конца вторичных обмоток позволяет в некоторых пределах регулировать соотношения э. д. с. изменением числа включенных витков (выводы А, К).

Величина «мертвой зоны» и баланс сопротивлений контуров реле могут несколько изменяться

при регулировке уставки в цепях трансформатора напряжения ИТН из-за неточной компенсации сопротивления обмотки грубой регулировки уставки, отсутствия такой компенсации в обмотках, регулирующих уставку через 5%, и различного положения потенциометров плавной регулировки.

При трехфазных к. з. время наложения контактов реле сопротивления в замкнутом состоянии при их работе по «памяти» зависит от величины «мертвой зоны» и уровня токов к. з. С увеличением «мертвой зоны» и тока к. з. это время уменьшается. Это необходимо учитывать, если выходное реле используется без самоудерживания.

4. ДИСТАНЦИОННЫЙ ОРГАН III СТУПЕНИ

Дистанционным органом III ступени служит комплект рсле сопротивления типа КРС-1, содержащий три направленных реле сопротивления, каждое из которых включено на линейное напряжение и разность фазных токов. Принципиальная схема дистанционного органа комплекта КРС-1 приведена на рис. 8.

Аналогично дистанционным реле I и II ступени (комплект ДЗ-2) реле типа КРС-1 выполнено по схеме сравнения абсолютных величин на равновесии напряжений с использованием высокочувствительного магнито-

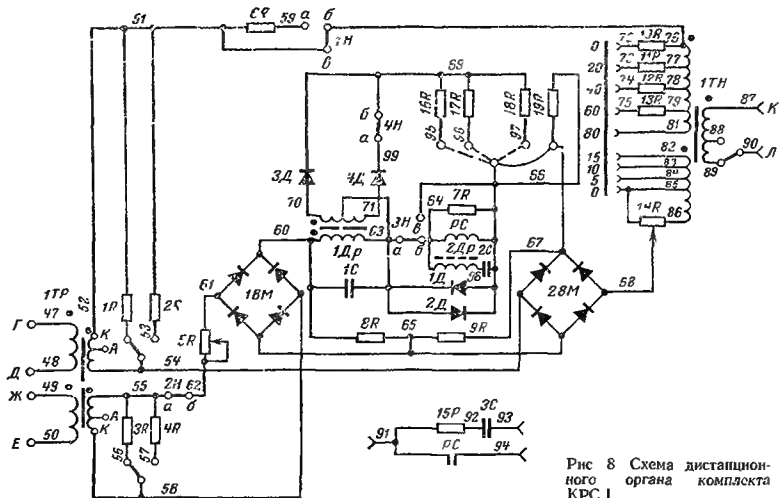


Рис 8 Схема дистанционного органа комплекта КРС I

электрического реле в качестве реагирующего органа схемы сравнения

Условие срабатывания реле выражается уравнением (1)

Характеристики срабатывания направленного реле сопротивления в комплексной плоскости сопротивлений приведены на рис 9 Как видно из рис 9, характеристика реле сопротивления типа КРС-1 может иметь вид окружности или эллипса, проходящих через начало координат

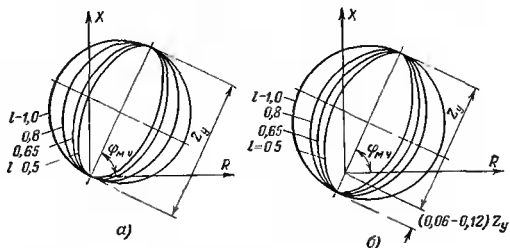


Рис 9 Характеристика срабатывания дистанционного органа комплекта КРС 1

а — без смещения б — со смещением

или охватывающих начало координат. Смещение характеристики срабатывания в III квадрант комплексной плоскости сопротивлений осуществляется введенным дополнительного сопротивления bR в тормозной контур.

Указанное смещение характеристики срабатывания может быть необходимо для предотвращения отказа трехступенчатой дистанционной защиты, в которой комплект реле сопротивления типа КРС-1 используется в качестве третьей пусковой ступени, при установке трансформаторов напряжения на линии и включении ее на короткую. В этом случае напряжение на защите до и после включения линии равно нулю и поэтому дистанционные органы первой ступени по «лапям» не работают, отключенные к з будет происходить по цепи третьей пусковой ступени, если ее характеристика охватывает на-

чало координат, т. е. смещена в III квадрант комплексной плоскости сопротивлений

Для получения эллиптической характеристики срабатывания используется то обстоятельство, что переменная составляющая на выходе схемы сравнения имеет минимальное значение при угле между сравниваемыми электрическими величинами, равным нулю, и максимальное значение при угле 90° . Эллиптическая характеристика срабатывания реле сопротивления облегчает отстройку защиты от токов нагрузочного режима на длинных, сильно нагруженных линиях электропередач, когда токи нагрузки соизмеримы с токами k_3 .

Реле сопротивления комплекта типа КРС-1 (рис. 8) выполнены аналогично дистанционным реле комплекта ДЗ-2. Особенности схемы рассматриваемого реле по сравнению со схемой реле комплекта ДЗ-2 состоят в следующем:

- а) отсутствует контур подпитки,
- б) трансформатор напряжения *ITN* имеет только одну обмотку точной регулировки и один потенциометр плавной регулировки уставки (так как всего одна ступень),
- в) для получения такой характеристики на дросселе *Идр* сглаживающего фильтра предусматривается дополнительная трансформаторная обмотка. Переменная составляющая 100 Гц, полученная с этой обмотки, после двухполупериодного выпрямления диодами *3Д*, *4Д* подается на магнитоэлектрическое реле встречно относительно постоянной составляющей от схемы сравнения, которая не зависит от угла сдвига между сравниваемыми электрическими величинами. Таким образом, получается торможение от переменной составляющей 100 Гц, выделяемой на дросселе. Уровень переменной составляющей на выходе схемы сравнения изменяется в зависимости от угла между ε и δ с рабочего и тормозного контуров.

При угле между током и напряжением, подводимым к реле, равном $\varphi_{м.ч.}$, рабочая и тормозная ε и δ совпадают по фазе (или противоположны). При этом переменные составляющие 100 Гц рабочего и тормозного контуров взаимно вычитаются. Переменная составляющая в цепи реле отсутствует, торможения нет, следовательно, отличия характеристики от окружности нет.

При угле между тормозной и рабочей ε и δ , равном $\pm 90^\circ$, переменные составляющие 100 Гц контуров скла-

дываются (так как сдвиг э. д. с. 50 Гц на 90° соответствует сдвигу между э. д. с. второй гармоники на 180°). Переменная составляющая в цепи реле имеет максимальное значение, торможение и, следовательно, отличие характеристики от окружности наибольшее. Результирующая характеристика реле оказывается близкой к эллипсу.

Регулирование эллиптичности производится резисторами $16R$ — $18R$. Резистор $19R$ снижает уровень постоянной составляющей от схемы сравнения, следовательно, увеличивает эллиптичность. Введение резистора $19R$ несколько загружает реле, т. е. увеличивает ток точной работы его. Время срабатывания реле сопротивления с эллиптической характеристикой больше времени срабатывания реле с круговой характеристикой за счет шунтирующей магнитоэлектрическое реле цепочки, состоящей из сопротивления вторичной обмотки дросселя, диодов $3D$, $4D$ и одного из резисторов $16R$ — $18R$.

Данные по величинам токов точной работы с круговой характеристикой приведены в табл. ПЗ.

Для уменьшения вибрации реагирующего органа схемы сравнения, могущей иметь место при работе реле сопротивления с характеристикой срабатывания, близкой к эллипсу, параллельно обмотке магнитоэлектрического реле включается фильтр — «шунит», настроенный на резонанс напряжений при частоте 100 Гц. Фильтр состоит из дросселя $2Dr$ с регулируемым зазором в сердечнике и конденсатора $2C$.

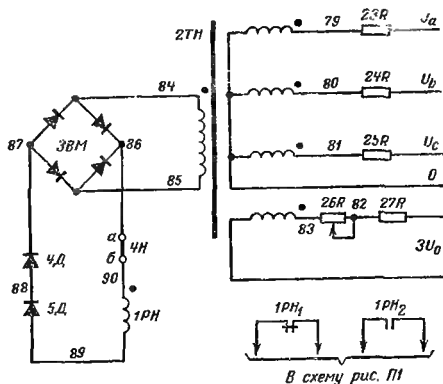
5. УСТРОЙСТВО БЛОКИРОВКИ ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ В ЦЕПЯХ НАПЯЖЕНИЯ

Для предотвращения ложного срабатывания защиты при неисправностях в цепях напряжения предусмотрено устройство блокировки, позволяющее выводить защиту из действия при неисправностях в цепях напряжения. По принципу действия блокировка аналогична блокировке типа КРБ-12, подробно описанной в [Л. 7].

Устройство размещено в комплекте ДЗ-2. Устройство состоит из пятиобмоточного промежуточного трансформатора $2TH$, три обмотки которого подключены через резисторы $23R$, $24R$, $25R$ к фазным напряжениям. Четвертая, компенсирующая, обмотка подключена через переменный резистор $26R$ — $27R$ на напряжение нулевой последовательности (рис. 10).

Поляризованное реле $1PH$ подключено к лямбы обмотке трансформатора. Плюс постоянного оперативного тока подводится к схеме оперативных цепей через размыкающий контакт реле $1PH$.

При симметричных режимах и междуфазных коротких замыканиях без земли сумма потоков, циркулирующих в магнитопроводе трансформатора, равна нулю. При замыканиях на землю магнитный поток от составляющих нулевой последовательности в трехфазных обмотках



В схему рис. III

Рис. 10 Принципиальная схема устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения.

компенсируется потоком от четвертой обмотки, включенной на $3U_0$. Сумма потоков в магнитопроводе трансформатора становится не равной нулю лишь в случае повреждения одного или двух предохранителей в цепях напряжения. При одновременном перегорании трех предохранителей блокировка не действует.

Последовательно с поляризованным реле $1PH$ включены два кремниевых диода $4Д$ и $5Д$, нелинейная характеристика которых позволяет снизить ток небаланса, не уменьшая кратности тока в реле $1PH$, так как при малых токах в обмотках реле $1PH$ сопротивление диодов возрастает,

Ввиду того что в сетях с большими токами замыкания на землю при однофазном к. з. по каждой из фаз протекает составляющая нулевой последовательности, равная одной трети фазного напряжения, а на четвертую обмотку подается напряжение нулевой последовательности, равное по величине линейному напряжению, то при равенстве числа витков во всех обмотках для компенсации потоков нулевой последовательности в фазных обмотках нужно, чтобы сопротивление, включенное последовательно с компенсирующей обмоткой, было в $\sqrt{3}$ раз больше, чем сопротивление в фазных обмотках.

Часть резистора $26R$ выполнена регулируемой, чтобы иметь возможность настройки схемы на отсутствие тока небаланса в поляризованном реле $1PH$. При необходимости блокировка может быть реконструирована в соответствии с Эксплуатационным циркуляром Э-8/73 от 29/VI 1973 г.

6. ТРЕХФАЗНЫЙ ТОКОВЫЙ ОРГАН

В эксплуатации возможен случай, когда кратность тока в магнитоэлектрическом реле (по отношению к току срабатывания) при к. з., предшествующем отключению линии, будет мала. Если измерительные трансформаторы напряжения установлены на линии, то после отключения линии с дистанционных органов снимается напряжение и в магнитоэлектрическом реле отсутствует тормозной момент. Из-за слабой возвратной пружины магнитоэлектрического реле при малой кратности тока и отсутствии тормозного момента после отключения линии возможно, что контакты реле останутся в замкнутом («защипшем») состоянии.

Для устранения указанной возможности в защите предусмотрен трехфазный токовый орган, состоящий из трансформатора тока (сумматора) $1TT$ и поляризованного реле $1PT$, подключенного ко вторичной обмотке сумматора через выпрямительный мост $4BM$ (рис. 11).

Трансформатор тока $1TT$ имеет три первичные обмотки, включенные в разные фазы. Обмоточные данные трансформатора выбраны так, что при любом виде к. з., сопровождающимся током, приблизительно равным току точной работы дистанционных реле защиты, поляризованное реле $1PT$ срабатывает. Принцип действия реле аналогичен реле типа РТ-40/Р.

Стабилитроны *4СТ* и *5СТ* служат для защиты поляризованного реле от больших кратностей напряжения.

При отключении короткого замыкания исчезает ток в первичных обмотках трансформатора *1ТТ*, реле *1РТ* размыкает свой контакт *1РТ* и снимает питание с оперативных цепей. В этом случае даже при «залипании» контактов магнитоэлектрических реле защита возвращается в состояние готовности к следующему включению.

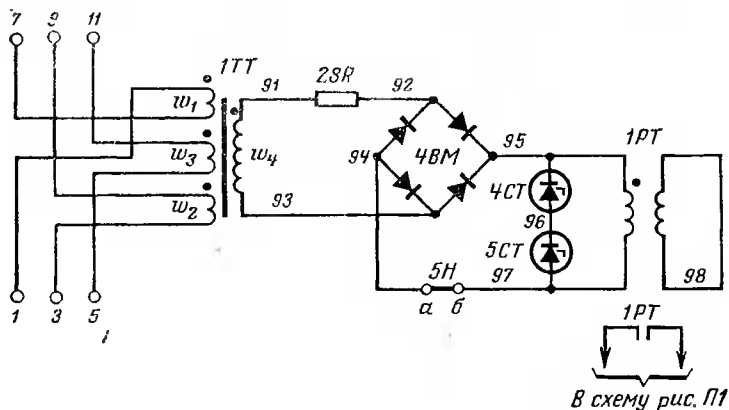


Рис. 11. Принципиальная схема трехфазного токового органа $w_0 = 2w_1 = 2w_2$.

Для того чтобы защита не сработала ложно в момент включения линии, если контакты магнитоэлектрических реле были перед этим в замкнутом состоянии, поляризованное реле *1РТ* выполнено с небольшим замедлением при срабатывании (порядка 10—15 мс). Для этого закорачивается одна из обмоток реле *1РТ*. Использовать трехфазный токовый орган обязательно в случае установки измерительных трансформаторов напряжения на линии. Этот орган может быть исключен из схемы защиты установкой перемычек между зажимами ДЗ-2.

7. БЛОКИРОВКИ ПРИ КАЧАНИЯХ ТИПОВ КРБ-125 И КРБ-126

Устройства блокировки при качаниях типов КРБ-125 и КРБ-126 применяются в схемах релейной защиты для их блокирования при возникновении качаний.

При коротких замыканиях устройство блокировки вводит в действие защиту на определенное время, достаточное для ее срабатывания и, если срабатывание за-

щиты за это время не произошло, блокирует ее. При качаниях устройства блокировки не срабатывают и защита остается выведенной из действия (заблокированной).

Цепи переменного напряжения и тока. Устройство типа КРБ-125 (см. рис. П4). Пусковой орган устройства блокировки типа КРБ-125 состоит из фильтра напряжения обратной последовательности (резисторы $7R$, $8R$, $9R$, $10R$ и конденсаторы $2C$ и $3C$), трансформаторов $ТП$ и $ТТ_0$, выпрямительных мостов $1ВМ$, $2ВМ$ и пускового поляризованного реле $1РН$.

Обмотка реле $1РН$ обтекается током, пропорциональным напряжению U_2 и току $3I_0$.

Чувствительность пускового реле по напряжению U_2 регулируется изменением числа включенных витков вторичной обмотки трансформатора $ТП$, чувствительность по току $3I_0$ регулируется изменением числа включенных витков вторичной обмотки трансформатора $ТТ_0$. Регулировка осуществляется перестановкой переключателей уставок на установочном плато.

На выходе фильтра напряжения обратной последовательности для исключения влияния пятой гармонической составляющей на работу реле $1РН$ установлен фильтр $ДР-4С$, настроенный на эту частоту.

Для сглаживания выпрямленного тока и улучшения четкости срабатывания поляризованного реле $1РН$ предусмотрен конденсатор $5С$.

Подключенные последовательно с обмоткой реле $1РН$ резистора $11R$, происходящее после размыкания контакта $3РП_5$, позволяет увеличивать коэффициент возврата схемы.

Устройство типа КРБ-126 (рис. П5). Пусковой орган устройства блокировки состоит из фильтра тока обратной последовательности (резисторы $7R$, $8R$, $9R$, $10R$, трансформаторы $2ТТ$ и $3ТТ$, конденсаторы $2С$ и $3С$), трансформаторов $1ТТ$, $4ТТ$, $ТП$, выпрямительных мостов $1ВМ$, $2ВМ$, $3ВМ$ и пускового поляризованного реле $1РТ$.

Рабочая обмотка ω_p реле $1РТ$ обтекается током, пропорциональным током I_2 и $3I_0$. Чувствительность пускового реле по току I_2 регулируется изменением числа включенных витков первичной обмотки трансформатора $ТП$, чувствительность по току $3I_0$ регулируется изменением числа включенных витков вторичной обмотки трансформатора $4ТТ$. Регулировка осуществляется перестановкой переключателей уставок на установочном плато.

новкой переключателей уставок на установочном плато. Тормозная обмотка ω_T реле *1PT* включена встречно рабочей и обтекается током, пропорциональным току одной из фаз. При наличии торможения пусковой орган блокировки загрубляется. Степень этого загрубления зависит от величины тормозного (фазного) тока и коэффициента торможения. Применение торможения позволяет существенно повысить чувствительность устройства блокировки, что особенно важно для сильно загруженных линий с малыми токами к. з.

На выходе фильтра тока обратной последовательности для исключения влияния пятой гармонической составляющей на работу реле *1PT* имеется фильтр *1ДР—4С*, настроенный на эту частоту.

Для сглаживания выпрямленного тока и улучшения четкости срабатывания реле *1PT* в цепи рабочей обмотки предусмотрен фильтр (*2ДР—6С*), настраиваемый на частоту второй гармоники, а в цепи тормозной обмотки предусмотрен сглаживающий конденсатор *5С*.

Шунтирование рабочей обмотки реле *1PT* резистором *12R*, происходящее после замыкания контакта *ЗРП₆*, позволяет увеличивать коэффициент возврата схемы. Для предотвращения возврата реле *1PT* при шунтировании его рабочей обмотки резистором *12R* предусмотрено одновременное шунтирование тормозной обмотки резистором *11R*.

Характеристика срабатывания пускового реле, показывающая зависимость тока его срабатывания от величины тормозного тока I_T и коэффициента торможения, приближенно определяется выражением

$$I_{2cp} = I_{2уст\ мин} + \frac{k_T}{100} I_T, \quad (5)$$

где I_{2cp} — расчетный ток срабатывания пускового реле по току I_2 при наличии торможения и минимальной уставке по I_2 ; $I_{2уст\ мин}$ — номинальное значение тока срабатывания пускового реле на минимальной уставке по I_2 при $I_T = 0$; k_T — коэффициент торможения (выраженный в процентах), выбранный для минимальной уставки по току I_2 .

При изменении уставки $I_{2уст}$ будет изменяться напряжение, подводимое к рабочей обмотке реле *1PT* через мост *2ВМ*, а напряжение, подводимое к тормозной обмотке реле, будет оставаться прежним. Таким образом,

будет изменяться соотношение между рабочим и тормозным моментами, действующими на якорь реле, или, иначе, будет изменяться величина торможения.

Характеристика срабатывания пускового реле для общего случая

$$I_{\text{зсп}} = I_{\text{зуст}} + \frac{k_T}{100} \cdot \frac{I_{\text{зуст}}}{I_{\text{зуст. мин}}} I_T. \quad (6)$$

Для обеспечения возврата устройств блокировки в исходное положение немедленно после ликвидации аварии в схеме предусмотрено включенное на линейное напряжение реле минимального напряжения $2PH$ в блокировке типа КРБ-125 и $1PH$ в блокировке типа КРБ-126. Имеется также возможность выполнения возврата блокировки с помощью внешнего контакта (зажим $2I$).

Цепи оперативного постоянного тока (рис. П4, П5). Промежуточное реле $1PP$ типа КДР-1 является тем реле, контакты которого используются в устройствах релейной защиты, разрешая им работать после начала к. з., а затем блокируя их. В нормальном, подготовленном к действию режиме это реле находится под напряжением.

Промежуточное реле $2PP$ типа КДР-1, установленное из-за недостаточности числа контактов реле $1PP$, работает одновременно с этим реле и является вспомогательным, поскольку его контакты используются в схеме самого устройства блокировки.

Промежуточное реле $3PP$ типа КДР-3М имеет выдержку времени при возврате, величина которой в основном определяет время нахождения контактов реле $1PP$ в замкнутом, разрешающем состоянии. Эта выдержка времени может быть увеличена подключением контура $4R-1C$ за счет разряда конденсатора $1C$ через обмотку реле $3PP$.

Длительное или кратковременное размыкание размыкающего контакта реле $1PH$ в блокировке типа КРБ-125 и реле $1PT$ в блокировке типа КРБ-126 приводит к обесточению реле $1PP$ и $2PP$, которые нормально самоудерживаются контактом $1PP_1$ через резисторы $1R$ и $2R$. При отпадании реле $1PP$ ступени защиты, заведенные под блокировку, вводятся в работу.

При замыкании размыкающего контакта $2PP_1$ пускается реле времени PB типа ЭВ-144, которое в дальнейшем самоудерживается контактом PB_2 . Размыкание контакта PB_1 , равно как и замыкание замыкающего контак-

та реле IPH в блокировке типа КРБ-125 или реле IPT в блокировке типа КРБ-126 и замыкание размыкающего контакта $IPП_2$, приводит к отпаданию с выдержкой времени реле $ЗРП$, которое в свою очередь контактом $ЗРП_1$ через резистор $2R$ приводит в рабочее состояние реле $IPП$ и $2РП$.

После подтягивания реле $IPП$ (при отпадшем реле $ЗРП$) ступени защиты, заведенные под блокировку, выводятся. Повторное появление несимметрии в этот период уже не вызовет срабатывание защиты по цепям этих ступеней (до возврата блокировки).

Возврат схемы в исходное положение, положение готовности к повторному действию может происходить либо с заданной выдержкой времени, либо немедленно после ликвидации аварии. В первом случае схема возвращается в исходное положение по истечении выдержки времени контакта $PВ_3$. Во втором случае плюс оперативного постоянного тока подается на зажим блокировки 22 и возврат схемы происходит немедленно после замыкания контакта $2PH_1$ в блокировке типа КРБ-125 и контакта IPH_1 в блокировке типа КРБ-126 реле минимального напряжения типа РН-54/160 ($2PH$ в КРБ-125 и IPH в КРБ-126), включенного на междуфазное напряжение. Зажим 21 предназначен для подсоединения контактов внешних реле, обеспечивающих быстрый возврат схемы блокировки (например, реле, контролирующее отключенное положение выключателя). Если к з. произошло между фазами, на которые реле минимального напряжения не включено, его контакт может замкнуться до отключения к. з., однако это не вызовет преждевременного срабатывания реле $ЗРП$, так как при несимметричных к. з. замыкающий контакт реле IPH в блокировке типа КРБ-125 и IPT в блокировке типа КРБ-126 шунтирует катушку реле $ЗРП$.

8. ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ [РИС. ПЗ]

Реле сопротивления пусковых и дистанционных органов панелей типов ПЗ-2/1, ПЗ-2/2 включаются на междуфазные (линейные) напряжения и разность фазных токов. В блокировке типа КРБ-125 используются ток $3I_0$ и линейные напряжения; в блокировке типа КРБ-126 используются ток $3I_0$, фазные токи I_A, I_B и линейное напряжение U_{AC} .

Цепи напряжения. Фазы *A, B, C, 0* и $3U_0$ подаются на зажимы панели соответственно *91, 92, 93, 94, 95, 97*.

С этих зажимов через испытательный блок *ЗБИ* напряжение подается на зажимы *42, 44, 46, 48, 38, 40* комплекта ДЗ-2; на зажимы *16, 18, 20* комплекта КРС-1; на зажимы *16, 18, 20* устройства блокировки типа КРБ-125 или на зажимы *18, 20* устройства блокировки типа КРБ-126.

Цепи тока подаются к отдельным комплектам следующим образом

Панель защиты ПЗ-2/1.

Фазы *A, B, C* подаются на зажимы панели *101, 103, 105*; далее на испытательные блоки *1БИ, 2БИ*; комплект ДЗ-2 (вход — зажимы *55, 57, 59*; выход — зажимы *1, 3, 5*); комплект КРС-1 (вход — зажимы *15, 17, 19*; выход — зажимы *1, 3, 5*); испытательные блоки *1БИ, 2БИ* и зажимы панели *109, 110, 111*.

$3I_0$ подается на зажим панели *107*; далее на испытательный блок *2БИ*; комплект КРБ-125 (вход — зажим *8*; выход — зажим *10*); испытательный блок *2БИ* и зажим панели *112*.

Панель защиты ПЗ-2/2.

Фазы *A, B, C* подаются на зажимы панели *101, 103, 105*; далее на испытательные блоки *1БИ, 2БИ*; комплект ДЗ-2 (вход — зажимы *55, 57, 59*; выход — зажимы *1, 3, 5*); комплект КРС-1 (вход — зажимы *15, 17, 19*; выход — зажимы *1, 3, 5*); а далее фазы *A, B* через комплект КРБ-126 (вход — зажимы *4, 10*; выход — зажимы *32, 34*) и испытательный блок *1БИ* на зажимы панели *109, 110*, а фаза *C* через *2БИ* — на зажим панели *111*.

$3I_0$ подается на зажим панели *107*, далее на испытательный блок *2БИ*; комплект КРБ-126 (вход — зажим *12*; выход — зажим *40*); испытательный блок *2БИ* и зажим панели *112*. Если рассматриваемая панель защиты проходная, то с зажимов *109, 110, 111, 112* цепи тока подаются к следующим панелям, в остальных случаях зажимы *109, 110, 111, 112* объединяются.

9. ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА И СИГНАЛИЗАЦИИ (РИС. 11)

В связи с использованием в дистанционных органах магнитоэлектрических реле, напряжение на контактах которых не должно превышать 120 В, в защите в комплекте ДЗ-2 имеется делитель напряжения, выполненный

на стабилитронах *1СТ, 2СТ, 3СТ* типа Д816В и резисторе *17R*. Делитель выполняет также функцию стабилизатора напряжения. К выходу делителя подключаются цепи, непосредственно связанные с контактами магнитоэлектрических реле.

Для облегчения условий работы контактов магнитоэлектрических и кодовых реле обмотки реле времени *1РВ, 2РВ* и обмотки промежуточных реле *2РП_р, 6РП* шунтированы диодами (*6Д, 8Д, 10Д, 7Д* — диоды типа Д226Б). Диод *3Д* (типа Д226Б) служит для разделения цепей. Диод *9Д* является элементом искрогасительного контура *19R—4C—9Д*, предусмотренного для облегчения условий работы контактов магнитоэлектрических реле.

Следует иметь в виду, что шунтирование обмоток реле диодами имеет и отрицательные стороны. В частности, пробой такого диода приводит к к. з. в цепях оперативного тока при срабатывании защиты (отказ защиты, повреждение ее элементов).

Назначение резисторов схемы постоянного тока — обеспечение наилучших условий работы реле, исключение возможности к. з. в оперативных цепях в различных режимах работы схемы.

Почти все элементы оперативных цепей защиты (делитель напряжения, промежуточные реле, реле времени, указательные реле, неоновая сигнальная лампа, диоды, резисторы, конденсатор) расположены в комплекте ДЗ-2. Ниже приводится назначение основных элементов схемы оперативных цепей защиты.

Промежуточное реле *1РП* типа КДР-3 предназначается для переключения уставок дистанционного органа с I ступени на II. При размыкании цепи рабочей обмотки реле *1РП_р* оно с выдержкой времени 0,1—0,14 с переключает свои контакты *1РП₃—1РП₅* (рис. 3), изменяя число включенных витков трансформаторов напряжения *1ТН* дистанционных органов и тем самым изменяя их уставку. Эти контакты отрегулированы так, что переключение производится без разрыва цепи тормозного контура. Переключающий контакт *1РП₁* (рис. П1) размыкает цепь, связывающую контакты магнитоэлектрических реле с катушкой выходного реле *4РП_р*, и подключает к контактам магнитоэлектрических реле обмотку реле *3РП*, после чего защита может работать только с выдержкой времени. Включение переключающего контакта в цепи обмоток *3РП* и *4РП* обеспечивает меньшую нагрузку

на контакты магнитоэлектрических реле, всегда подключено только одно реле — $4РП$ или $3РП$.

Нормально открытый контакт реле $1РП_2$ используется при осуществлении I ступени с выдержкой времени. Удерживающая обмотка рассматриваемого реле $1РП_y$ включается последовательно с контактами магнитоэлектрических реле дистанционных органов. При работе защиты по I ступени после срабатывания дистанционных органов реле $1РП$ уже не может переключиться и разорвать цепь отключения защиты по I ступени, так как оно удерживается с помощью обмотки реле $1РП_y$, обтекаемой в этом случае током.

При выполнении I ступени защиты без выдержки времени удерживающим является ток, проходящий по рабочей обмотке реле $4РП_p$; при выполнении с выдержкой времени удерживающим является ток по обмотке реле $3РП$ (перемычка между зажимами 30 — 32 комплекта ДЗ-2 при этом установлена). Реле не должно срабатывать от тока по удерживающей обмотке.

Промежуточное реле $2РП$ типа КДР-1 (рис. П1) является повторителем пусковых органов защиты, т. е. срабатывает при замыкании контактов магнитоэлектрических реле пускового реле сопротивления (комплект КРС-1). Размыкающий контакт $2РП_1$ этого реле разрывает цепь рабочей обмотки реле переключения по зонам $1РП_p$. Замыкающий контакт $2РП_2$, шунтируя пусковые контакты $1РП_3$, $3РП_2$ устройства блокировки при качаниях (при установке перемычки между зажимами 9 и 8 панелей), предотвращает отказ II ступени, не блокируемой при качаниях, и III ступени защиты при трехфазных к. з. Такой отказ возможен, если сначала возникнет несимметрия (например, работа разрядников, удаленное к. з.), на которую запустится блокировка при качаниях, а затем до возвращения ее в исходное положение возникнет трехфазное к. з. в зоне действия защиты. При этом, несмотря на наличие повреждения, блокировка при качаниях вернется в исходное положение (разомкнет пусковые контакты), так как при трехфазном к. з. отсутствует ток (или напряжение) обратной последовательности. Замыкающий контакт $2РП_3$ при установке перемычки между зажимами 28 и 30 замыкает цепь фиксации срабатывания дистанционного органа в первый момент к. з. (осуществляется с помощью реле $3РП$). Контакт $2РП_4$ при установке перемычки между зажима-

ми 63—65 подготавливает цепь ускорения III ступени защиты после включения выключателя. Контакт 2РП₅ пускает реле времени III ступени 2РВ. Контакт 2РП₆ используется при работе III ступени защиты с высокочастотной блокировкой.

Промежуточное реле ЗРП типа КДР-1 предусмотрено для размножения контактов дистанционного органа. Контакт ЗРП₁, аналогично контакту 2РП₂, служит для предотвращения отказа II, не блокируемой при качаниях, ступени защиты. Контакт ЗРП₂ замыкает цепь промежуточного реле 5РП и реле времени 1РВ II (I) ступени. Контакт ЗРП₃ при установленной перемычке между зажимами 61—63 подготавливает цепь ускорения II ступени после включения выключателя. При установке перемычки между зажимами 28—30 реле ЗРП через контакт 2РП₃ и резистор 18R осуществляет фиксацию срабатывания дистанционного органа в первый момент к.з. («мгновенный замер») в зоне, охватываемой II ступенью или I ступенью с выдержкой времени (дополнительно устанавливается перемычка между зажимами 30—32). Резистор 18R необходим для того, чтобы реле ЗРП не срабатывало при к. з. в III зоне. Контакт ЗРП₄ используется при работе защиты (II ступени защиты) с высокочастотной блокировкой.

Выходное реле 4РП (рис. П1) выполнено на базе промежуточного реле серии РП-210. Реле имеет одну рабочую 4РП_р и две удерживающих обмотки 4РП_{у1}, 4РП_{у2}, включаемых последовательно с контактами этого же реле 4РП₅, 4РП₆ в цепи отключения выключателей в случае, если не требуется отстройки от действия трубчатых разрядников (установлены перемычки между зажимами панели 16—18 и 16—42). Если же линия оборудована трубчатыми разрядниками, то выходное реле контактом 4РП₃ действует на дополнительное внешнее промежуточное реле РПЗ (типа РП-253), имеющее замедление на срабатывание. Этим исключается срабатывание защиты при действии разрядников. Реле РПЗ через свои контакты РПЗ₃ и РПЗ₄ и удерживающие обмотки РПЗ_{у1} и РПЗ_{у2} действует на цепи отключения выключателей (установлены перемычки между зажимами панели 16—17 и 16—41). Удерживающие обмотки могут и не использоваться. Контакты выходного реле 4РП₁, 4РП₂ используются для шунтирования контакта устройства блокировки при качаниях в цепи отключения от I

ступени защиты и проскальзывающего контакта реле времени IPB_4 , что обеспечивает длительный импульс на отключение и замыкание цепи на УРОВ в течение всего времени, пока работает защита. Контакт $4PP_4$ предназначен для пуска УРОВ. Включение размыкающегося контакта $PPЗ_2$ параллельно обмотке указательного реле IPU исключает ложную работу сигнализации при кратковременном (без отключения выключателя) срабатывании выходного реле $4PP$ при работе трубчатых разрядников. Контакт $PPЗ_1$ при срабатывании реле расшунтирует дополнительную обмотку этого реле $PPЗ_2$, чтобы возврат реле $PPЗ$ происходил без выдержки времени. Контакт $PPЗ_5$ предназначен для пуска УРОВ.

Промежуточное реле $5PP$ типа КДР-1 (рис. П1) предусмотрено для фиксации одновременного срабатывания дистанционного органа и устройства блокировки при качаниях. Контакт $5PP_1$ шунтирует контакт блокировки и тем самым обеспечивает возможность действия II ступени защиты на реле времени IPB после размыкания контакта устройства блокировки при качаниях. Контакт $5PP_2$ подготавливает цепь отключения II ступени защиты (при замкнутой накладке ЗНЗ) или I ступени с выдержкой времени (при замкнутой перемычке между зажимами 35—33). Контакт $5PP_3$ не используется.

Промежуточное реле $6PP$ типа КДР-3 (рис. П1) предусмотрено для осуществления ускорения I (при выполнении ее с выдержкой времени), II или III ступеней защиты после включения выключателя.

Реле ускорения $6PP$ может управляться контактами реле положения выключателя, блок-контактами выключателя, контактами внешнего реле ускорения. При выполнении схемы управления этим реле необходимо проверить, не разбивается ли цепь ускорения раньше, чем успеет подействовать защита. При этом необходимо рассчитать с учетом всех факторов максимально возможное время включения выключателя $t_{вкл в}$ и минимально возможное время отпадания реле ускорения $t_{отп уск}$. Это, последнее, время должно быть с необходимым запасом больше суммы времен включения выключателя и действия защиты ($t_{защ} \approx 0,1$ с), т. е.

$$t_{отп уск} = t_{вкл в} + t_{защ} + t_{зап} = t_{вкл в} + 0,3 \text{ с.}$$

Подробнее об управлении реле $6PP$ описано в [Л. 4]. Контакт $6PP_1$ (при установке перемычки между за-

жимами 22—24 и снятии перемычки между жимами 24—26) обеспечивает переключение реле сопротивления дистанционного органа на уставку II ступени. Таким образом, при включении на к. з. время переключения зон исключается из времени действия защиты. Это значительно сокращает время отключения к. з. при использовании ускорения II ступени. Контакт $6P\text{П}_2$ при установке перемычки между жимами 43—45 позволяет исключить отказ защиты при включении выключателя защищаемой линии на устойчивое трехфазное к. з. при опробовании линии и отказе устройства блокировки при качаниях из-за кратковременности несимметрии. Контакт $6P\text{П}_3$ позволяет осуществить ускорение I с выдержкой времени или II ступеней защиты (установлена перемычка между жимами 61—63), или III ступени (установлена перемычка между жимами 63—65).

Контакт $6P\text{П}_4$, шунтируя обмотку реле времени устройства блокировки при качаниях, обеспечивает быстрый возврат блокировки в исходное положение при отключении выключателя.

Промежуточное реле 7PП типа ЭП-1 предусмотрено для выполнения звуковой сигнализации о неисправности в цепях напряжения, поскольку реле $1P\text{Н}$ (рис. 10), срабатывающее при неисправности в цепях напряжения, не имеет изолированного от цепей постоянного оперативного тока замыкающего контакта.

Реле времени $1P\text{В}$ типа ЭВ-122 используется для получения выдержки времени. Проскальзывающий контакт $1P\text{В}_1$ может использоваться для получения выдержки времени в I или II ступени. Контакт $1P\text{В}_2$ используется во II ступени.

Реле времени $2P\text{В}$ типа ЭВ-134 (рис. П1) используется для получения выдержки времени III ступени.

В защите имеется сигнализация срабатывания по ступеням (реле $1P\text{У}$, $2P\text{У}$, $3P\text{У}$, $4P\text{У}$) и по цепи ускорения (реле $5P\text{У}$), выполненная с помощью бесконтактных указательных реле типа ЭС-41.

Для сигнализации действия защиты на отключение выключателей в цепях отключения выключателей установлены контактные указательные реле $6P\text{У}$, $7P\text{У}$ типа PУ-21.

На табличке, расположенной ниже указательных реле, нанесена краткая маркировка, позволяющая определить характер работы элементов сигнализации. Так, например,

индекс «I—II», расположенный на табличке под реле 2РУ, означает, в зависимости от режима работы защиты, срабатывание защиты по I ступени с выдержкой времени, либо по II ступени с первой (меньшей) выдержкой времени, а индекс «ускор.» означает срабатывание защиты по цепи ускорения (реле 5РУ). Индекс «I₂» под блинкером 4РУ, включенном в цепь III ступени, относится к возможности выполнения токовой защиты обратной последовательности в случаях использования комплекта ДЗ-2 вне схемы защиты ПЗ-2. При вводе панели защиты в эксплуатацию необходимо выполнить маркировку блинкеров в соответствии с принятой на подстанции и режимом работы защиты.

Имеется световая и звуковая сигнализация о неисправности в цепях напряжения, выполняемая с помощью неоновой лампы ЛС и промежуточного реле 7РП.

Для того чтобы при проверках и испытаниях дистанционных органов магнитоэлектрические реле не действовали на промежуточные реле защиты, предусмотрена возможность использования неоновой лампы ЛС в качестве индикатора срабатывания магнитоэлектрических реле. Для этого зажим 34 комплекта ДЗ-2 соединяется с зажимом 32 того же комплекта (проверка магнитоэлектрических реле комплекта ДЗ-2) либо с зажимом 25 панели (проверка магнитоэлектрических реле комплекта КРС-1), а другие перемычки в цепях постоянного тока ставятся в положение, при котором промежуточные реле не работают. Нежелательность работы контактов магнитоэлектрических реле на промежуточные реле при наладках и испытаниях объясняется возможностью отсутствия тормозного момента на рамке реле при размыкании контактов, что приводит к более быстрому износу контактов.

10. РАБОТА СХЕМЫ ЗАЩИТЫ

Нормальное состояние схемы, готовой к работе (рис III). Для удобства определения местонахождения элементов схемы и четкого определения элементов при анализе работы схемы защиты перед обозначением элемента в тексте ставится индекс комплекта, в котором данный элемент находится. Так, элементы устройства блокировки при качаниях типа КРБ-125 или КРБ-126 имеют индекс «1», элементы комплекта реле сопротивления КРС-1 — индекс «2», элементы двухступенчатой дистанционной защиты ДЗ-2 — индекс «3».

Плюс на дистанционные реле может быть подан либо через контакты блокировки при качаниях 1—3РП₂, 1—1РП₃, либо через контакт 3—1РН₁ блокировки при неисправностях в цепях напряжения. На панели ПЗ-2/2 плюс подается обычно только через контакты блокировки при качаниях, а блокировка при неисправностях в цепях напряжения действует на сигнал Неправильного срабатывания защиты при неисправностях в цепях напряжения не происходит, поскольку пусковые контакты блокировки при качаниях (подающие плюс) остаются разомкнутыми.

Использование контакта 3—1РН₁ блокировки при неисправностях в цепях напряжения для подачи плюса на дистанционные реле обязательно лишь при недостаточной чувствительности блокировки при качаниях. На панели ПЗ-2/1 плюс подается только через контакты 3—1РН₁ блокировки при неисправностях в цепях напряжения, так как блокировка при качаниях типа КРБ-125 срабатывает при неисправностях в цепях напряжения.

В приложении на схеме рис. П1 изображены цепи постоянного тока панелей защит ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2. Положение переключателей схемы соответствует следующим условиям использования защиты:

трехступенчатая дистанционная защита с I ступенью без выдержки времени, блокируемой при качаниях, со II ступенью с меньшей выдержкой времени, блокируемой и с большей выдержкой, не блокируемой при качаниях, и с III пусковой ступенью, не блокируемой при качаниях (контакты блокировки 1—1РП₁ и 1—1РП₃ включены между зажимами 23—25 и 13—15 комплекта ДЗ-2, установлена переключатель между зажимами 17—19 комплекта ДЗ-2).

используется контроль трехфазным токовым органом, т. е. трансформатор напряжения подключен к линии (не установлена переключатель между зажимами 45—47 комплекта ДЗ-2).

пуск от блокировки при качаниях шунтируется при АПВ и опробовании (установлена переключатель между зажимами 43—45 комплекта ДЗ-2).

при АПВ и опробовании ускоряется II ступень защиты (установлена переключатель между зажимами 61—63 комплекта ДЗ-2).

время переключения зон при включении выключателя не исключено (установлена переключатель между зажимами

24—26 комплекта ДЗ-2, а перемычка между зажимами 22—24 того же комплекта не установлена);

УРОВ на подстанции есть (установлена перемычка между зажимами 21—23 комплекта ДЗ-2);

осуществляется фиксация срабатывания дистанционного органа в первый момент к. з. («мгновенный замер») в зоне, охватываемой II ступенью,

используется световая и звуковая сигнализация о неисправности в цепях напряжения (установлена перемычка между зажимами 34—36 комплекта ДЗ-2, используется промежуточное реле 3—7РП и контактное указательное реле РУЗ);

осуществляется отстройка от действия трубчатых разрядников линии (используется дополнительное выходное реле РПЗ).

Схема панелей позволяет осуществить и другие варианты защиты. Переключения в цепях постоянного тока панелей типа ПЗ-2 приведены в табл. П8.

Положение контактов схемы соответствует отключенному выключателю и обесточенным обмоткам реле. В нормальном режиме работы линии (выключатель включен, постоянный оперативный ток на защиту подан) происходят следующие изменения по сравнению с изображенным на схеме.

Промежуточные реле устройства блокировки 1—1РП и 1—2РП срабатывают и остаются в подтянутом положении. Контакт 1—1РП₁ в цепи самоудерживания этих реле замыкается. Контакты 1—1РП₄ и 1—1РП₅ (цепь блокировки I и II ступеней защиты), 1—1РП₃ (цепь подачи плюса постоянного оперативного тока на схему защиты), 1—1РП₂ (цепь шунтирования обмотки реле 1—3РП), 1—2РП₁ (цепь срабатывания реле времени блокировки) размыкаются.

Срабатывает и остается в подтянутом положении реле 1—3РП устройства блокировки, разрывая контактом 1—3РП₂ цепь подачи плюса на схему защиты и контактом 1—3РП₁— цепь срабатывания реле 1—1РП, 1—2РП.

Срабатывает и остается в подтянутом положении реле 3—1РП. Его контакт 3—1РП₁ подготавливает цепь отключения I ступени без выдержки времени; контакт 3—1РП₂, замыкаясь, подготавливает цепь отключения I ступени с выдержкой времени; контакты 3—1РП₃, 3—1РП₄ и 3—1РП₅ переключают цепи напряжения дистанционного органа комплекта ДЗ-2 на уставку I зоны.

Остальные реле постоянного тока остаются в обесточенном состоянии и их контакты имеют положение, как изображено на схеме. Контакт трехфазного блокирующего токового органа $3-1PT$ может быть замкнут, а может быть разомкнут в зависимости от величины тока нагрузки по линии.

Пуск защиты. Срабатывание блокировок при качаниях типа КРБ-125 и КРБ-126 происходит при к. з. в сети при появлении напряжения (блокировка типа КРБ-125) или тока (блокировка типа КРБ-126) обратной последовательности или тока нулевой последовательности.

При трехфазных к. з. срабатывание блокировок происходит за счет кратковременного появления несимметрии, обычно предшествующего трехфазным к. з.

При срабатывании пусковых органов блокировки от качаний обесточиваются реле $1-1РП$ и $1-2РП$ (рис. П1). Контакт $1-1РП_3$ подает плюс постоянного тока к оперативным цепям защиты (на зажим 45 комплекта ДЗ-2), контакты $1-1РП_4$, $1-1РП_5$, замыкаясь, готовят цепи отключения I или II ступеней защиты (вводят заблокированные, т. е. заведенные под блокировку, ступени). Через время, равное времени отпадания реле $1-3РП$ и достаточное для срабатывания защиты по цепи дистанционных органов I или II ступеней, реле $1-1РП$ и $1-2РП$ вновь срабатывают. Контакты $1-1РП_4$ и $1-1РП_5$, размыкаясь, выводят заблокированные ступени защиты, если дистанционные органы еще не срабатывали, контакт $1-1РП_3$ размыкается, но плюс к оперативным цепям защиты продолжает поступать через замкнувшийся после отпадания реле $1-3РП$ контакт $1-3РП_2$. Этот контакт подает плюс на зажим 45 комплекта ДЗ-2 в течение всего времени, до возврата блокировки от качаний (от реле времени $1РВ$ с выдержкой времени его упорного контакта, либо от контакта реле ускорения $3-6РП$ при отключении выключателя, либо от контакта реле напряжения при восстановлении нормального напряжения). Если повреждение произошло на защищаемой или резервируемой линии, то во всех случаях срабатывают пусковые дистанционные органы реле $2-1РС \div 2-3РС$ комплекта КРС-1 и трехфазный токовый орган $3-1PT$ (если ранее был в несработавшем состоянии). Контакт $3-1PT$ подает плюс на зажим 47 комплекта ДЗ-2.

Работа схемы при к. з. в I зоне. При к. з. в I зоне защиты срабатывают дистанционные органы $3-1PC \div 3-3PC$ (рис. 3,а) и создается цепь на срабатывание выходного реле $3-4PP$: зажим 47 комплекта ДЗ-2, контакты $3-1PC \div 3-3PC$, обмотка $3-1PY$, контакт $3-1PP_1$, контакт $1-1PP_4$, обмотка $3-1PY$, обмотка $3-4PP_p$. От контакта $3-4PP_3$ срабатывает дополнительное выходное реле PP_3 , которое через контакты PP_3 и PP_4 действует на катушки отключения выключателей. Чтобы защита успела сработать с временем I ступени до переключения зон, время срабатывания дистанционного органа должно быть меньше суммы времен срабатывания пусковых органов, реле $3-2PP$ и времени возврата реле $3-1PP$ (общее время 130—180 мс). Для сравнения следует указать, что время работы дистанционного органа при $Z_{к.з.} = 0,8 Z_{уст}$ при токе, равном двойному току точной работы, составляет около 60 мс.

Работа схемы при к. з. во II зоне. При к. з. во II зоне от пусковых дистанционных органов срабатывает реле $3-2PP$, контакт $3-2PP_1$ которого разрывает цепь катушки реле $3-1PP_p$. Контакты реле $3-1PP$ ($1PP_3$ — $1PP_5$) переключают дистанционные органы на уставку II зоны, переключающийся контакт $3-1PP_1$ размыкает цепь I ступени защиты, предотвращая отключение без выдержки времени, и подготавливает цепь срабатывания реле повторителя $3-3PP$. После этого срабатывают дистанционные органы $3-1PC \div 3-3PC$ и замыкают цепь срабатывания реле $3-3PP$. Через контакт $3-3PP_2$ и $1-1PP_5$ срабатывает реле $3-5PP$, которое контактом $3-5PP_1$ шунтирует контакт блокировки $1-1PP_5$. Одновременно через контакт $3-3PP_2$ пускается реле времени $3-1PB$.

Действие II ступени защиты с меньшей выдержкой времени, блокируемой при качаниях, происходит по цепи: контакт $3-5PP_2$, переключатель $3НЗ$, проскальзывающий контакт $3-1PB_1$, указательное реле $3-2PY$, обмотка выходного реле $3-4PP_p$. Действие II ступени защиты с большей выдержкой времени, не блокируемой при качаниях, происходит по цепи: контакт $3-1PB$ указательное реле $3PY$, обмотка выходного реле $3-4PP_p$.

Использование во II ступени второй выдержки времени, не контролируемой блокировкой при качаниях, позволяет в некоторых случаях обеспечить ускорение отключения, например при переходе однофазных замыканий в

междуфазные. В этих случаях запуск блокировки происходит сразу же при возникновении повреждения, а соответствующие дистанционные органы срабатывают лишь после перехода повреждения в междуфазное замыкание. Поэтому к моменту срабатывания дистанционных органов цепь отключения с проскальзывающим контактом $3-1PB_1$ может быть уже разомкнута, так как контакт блокировки замыкается на время, не превышающее 0,5 с. Отключение повреждения в этом случае произойдет по цепи упорного контакта $3-1PB_2$ с временем меньшим, чем при действии III ступени защиты.

В случаях, когда пст необходимости в выполнении II ступени, действующей в обход блокировки при качаниях, II ступень, контролируемая блокировкой, может быть выполнена с использованием упорного контакта $3-1PB_2$ установкой перемычки между зажимами 15—17 комплекта ДЗ-2.

Работа схемы при к. з. в III зоне. При срабатывании пусковых дистанционных органов $2-1PC+2-3PC$ (рис. 3) и реле повторителя $3-2PP$ (рис. П1) происходит пуск реле времени III ступени $3-2PB$ контактом $3-2PP_2$. При повреждении в I или II зоне это реле не успевает набрать выдержку времени. При к. з. в III зоне дистанционные органы I и II ступеней не работают, реле времени $3-2PB$ набирает выдержку времени и по цепи: контакт $3-2PB_1$, указательное реле $4PY$, обмотка выходного реле $3-4PP_p$ происходит отключение по цепи III ступени защиты.

11. КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ

Комплект защиты ДЗ-2 смонтирован в одном корпусе, состоящем из цоколя, стенки кожуха и венчика. Крепление кожуха к цоколю и венчика к кожуху выполнено на застёжках или винтах, обеспечивающих быстрое и удобное снятие с защиты венчика и кожуха.

Нижнюю половину корпуса занимают три дистанционных органа, выполненные в виде трех отдельных совершенно одинаковых блоков.

Все блоки являются съёмными и взаимозаменяемыми. Цели тока подводятся к блоку через токовую разъёмную четырехзажимную колодку, цели напряжения и цепи постоянного оперативного тока через разъёмное соединение типа РПЗ-16, снабжённое направляющими со специальным фиксирующим устройством. Диоды схе-

мы сравнения смонтированы на отдельном съемном блочке, имеющем маркировку «1». Все основные элементы дистанционного органа крепятся на основании (скобе) блока, а магнитоэлектрическое реле установлено на специальном разьеме.

Основание блока выполнено таким образом, что имеется возможность производить регулировку сердечников трансреактора подпитки *2ТР* и дросселя *1ДР* при настройке контура подпитки и фильтра второй гармоники, не снимая всего блока с цоколя защиты. На передней плате блока установлены переключатели ступенчатой регулировки уставок в цепях тока и напряжения, потенциометры плавной регулировки уставок *15R* и *16R*, выравнивающий резистор схемы сравнения *5R*, накладки *1Н* и *2Н* в цепях тормозного и рабочего контуров, накладка *3Н* в цепи магнитоэлектрического реле (рис. 3 и 4).

Маркировка у каждого гнезда переключателей уставок в цепях напряжения показывает процентное содержание включаемых вторичных витков от общего числа вторичных витков трансформатора *1ТН*. Каждая из двух перемычек такого переключателя должна находиться только в своем секторе. Маркировка у гнезд переключателя уставок в цепях тока показывает минимальную величину сопротивления срабатывания реле на данной уставке, соответствующую исполнению защиты на номинальный вторичный ток 5 А.

В верхней половине корпуса на откидной плате размещены промежуточные реле *1РП—6РП*, реле времени *1РВ* и *2РВ*, устройство сигнализации, объединяющее сигнальные реле *1РУ—5РУ* и лампу *ЛС*, указательные реле *6РУ* и *7РУ*, поляризованные реле *1РТ* и *1РН*. Все эти реле крепятся к плате с помощью разъемных колодок. Рядом с поляризованными реле размещаются накладки *4Н* и *5Н*, которые используются при наладке и испытаниях для измерений и для временного вывода из действия устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения и трехфазного токового органа (рис. 4, 10, 11). Остальные элементы комплекта располагаются на цоколе. Дiodы выпрямительных мостов устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения, трехфазного токового органа, резисторы и диоды схемы оперативных цепей смонтированы на отдельных съемных блочках, имеющих маркировку «2» и «3». Для обеспече-

ния необходимых условий охлаждения стабилитроны *1СТ*, *2СТ* и *3СТ* установлены на радиаторах. На цоколе размещен также регулируемый резистор *26R* для настройки устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения.

Связь комплекта с внешними устройствами осуществляется с помощью восьми десятиместных рядов зажимов, расположенных по периметру цоколя.

Комплект *КРС-1* смонтирован аналогично защите *ДЗ-2* в одном корпусе, состоящем из цоколя, стенки кожуха и венчика. Три дистанционных органа выполнены в виде трех съёмных взаимозаменяемых блоков, укрепленных на цоколе.

Все соединения и крепление элементов выполнены аналогично комплекту *ДЗ-2*. Диоды выпрямительных мостов *1ВМ*, *2ВМ* схемы сравнения и диоды *1Д*—*4Д* смонтированы на отдельном съёмном блочке. Основание блока выполнено таким образом, чтобы имела возможность производить регулировку сердечников дросселей *1ДР* и *2ДР*, не снимая блок с цоколя комплекта (рис. 8).

Переключатели ступенчатой регулировки уставок в цепях напряжения и ступенчатой регулировки отношения осей характеристики срабатывания реле сопротивления, потенциометр плавной регулировки уставок *14R*, выравнивающий резистор схемы сравнения *5R*, наклейки *1Н* и *2Н* в цепях тормозного и рабочего контуров, наклейка *3Н* в цепи магнитоэлектрического реле, наклейка *4Н* для размыкания цепи выпрямительных диодов *3Д*, *4Д* размещены на передней лицевой плате блока. Связь комплекта с внешними устройствами осуществляется с помощью двух десятиместных рядов зажимов, расположенных вертикально с левой и правой сторон цоколя.

Комплекты блокировок *КРБ-125* и *КРБ-126*. Комплект *КРБ-125* (*КРБ-126*), как и комплекты *ДЗ-2* и *КРС-1*, смонтирован в одном корпусе со съёмной стенкой кожуха и съёмным венчиком.

Часть элементов схемы (резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссель) расположена на цоколе, другая часть (пусковое реле, промежуточные реле, реле напряжения, реле времени, резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссель)—на откидной плате. Такое выполнение позволяет иметь свободный доступ к элементам, расположенным на цоколе и на задней стороне откидной платы.

Все реле устройства крепятся к плате с помощью разъемных колодок. Диоды выпрямительных мостов и диод оперативных цепей смонтированы на отдельном съемном блочке, имеющем разъемное соединение типа РПЗ-16.

Уставки по напряжению или току обратной последовательности U_2 (I_2), току нулевой последовательности $3 I_0$ и коэффициенту торможения k_T регулируются переключателем уставок на установочной плате, укрепленной на фасадной стороне откидной платы. Маркировка переключателя уставок по току $3I_0$ и току I_2 соответствует величинам уставок для исполнения устройства на номинальный ток 5 А. При исполнении устройства на номинальный ток 1 А значения уставок по току в 5 раз меньше значений, нанесенных на плате.

На установочной плате находятся также наклейки $1N - 4N$, обеспечивающие возможность настройки и проверки схемы (рис. П4, П5).

Связь комплекта с внешними устройствами осуществляется с помощью четырех десятиместных рядов зажимов, расположенных по периметру цоколя.

Съемные блокочки с диодами выполнены таким образом, что имеется возможность проверки каждого диода без выпайки из схемы.

II. ПРОВЕРКА И НАЛАДКА ЗАЩИТЫ

Дистанционные защиты серии ПЗ-2, как и любые другие, проходят наладку при новом включении и эксплуатационные проверки. Объем наладки при новом включении, а также объем и периодичность эксплуатационных проверок дистанционных защит ПЗ-2 устанавливаются соответствующими положениями и инструкциями, действующими в энергосистеме. В целом защиты ПЗ-2 проверяют так же, как и другие дистанционные защиты, например серии ПЗ-158, ПЗ-159. Основные отличия связаны с проверкой дистанционных и пусковых реле сопротивления как отдельных органов. Эти проверки и описаны в книге наиболее подробно. Кроме того, выделены те особенности проверок, которые связаны с конструкцией панели и ее схемой.

Проверка панели дистанционной защиты ПЗ-2 при новом включении состоит из следующих основных разделов:

Внешний осмотр и механическая ревизия.

Проверка изоляции в пределах отдельных цепей и между цепями.

Проверка схемы постоянного тока, ее отдельных элементов и проверка взаимодействия элементов схемы.

Проверка исправности защитных диодов дистанционных органов.

Настройка дистанционных органов комплекта ДЗ-2.

Настройка дистанционных органов комплекта КРС-1.

Проверка трехфазного токового органа.

Проверка и настройка блокировки при качаниях (кроме промежуточных реле и схемы оперативных цепей).

Проверка блокировки при неисправностях в цепях напряжения.

Испытание изоляции повышенным напряжением.

Настройка временной характеристики и проведение имитаций. Проверка действия защиты на отключение, работы сигнализации и других цепей, связанных с общеподстанционными устройствами.

Проверка защиты током и напряжением линии.

Наладку панели производят именно в указанной последовательности, чтобы предотвратить повреждение магнитоэлектрических реле при каких-либо неисправностях в защите, а также для уменьшения времени, затрачиваемого на подготовку испытательных схем. Так, проверки схемы постоянного тока и исправности защитных диодов предусмотрены до того момента, когда необходимо подавать на панель постоянное и переменное напряжение при вставленных магнитоэлектрических реле. Настройку дистанционных органов, которая начинается с проверки тока срабатывания магнитоэлектрических реле, удобнее всего производить по схеме проверки защитных диодов в рабочем направлении. Поэтому вслед за проверкой защитных диодов идет именно настройка дистанционных органов.

Проверки дистанционных органов комплектов ДЗ-2 и КРС-1 целесообразно совмещать, поскольку они выполняются практически одинаково. Наиболее удобно проверять сразу все шесть реле, переключая токи и напряжения по фазам.

12. ВНЕШНИЙ ОСМОТР И МЕХАНИЧЕСКАЯ РЕВИЗИЯ

В целом осмотр и механическая ревизия проводятся в полном соответствии с «Общей инструкцией по проверке устройств релейной защиты, электроавтоматики и вто-

ричных цепей». Ниже приводятся особенности, связанные с конструкцией защиты в целом и ее отдельных элементов.

При снятии кожухов с реле проверяют, что все винты на выводах отпаяк трансформаторов напряжения, трансреакторов, на перемычках находятся на своих местах. В дальнейшем следят, чтобы эти винты, в том числе и на неиспользуемых выводах трансформаторов напряжения, трансреакторов и на свободных точках перемычек были всегда затянуты. Если оставить эти неиспользуемые винты свободными, то это сначала не скажется на работе защиты. Но затем из-за вибрации они могут выпасть и попасть, например, в дистанционный орган других фаз. При большой плотности монтажа это практически всегда приведет к замыканию каких-либо цепей и, как следствие, к повреждению самой защиты или ее неправильному действию. При тщательном осмотре убеждаются в отсутствии переключения цепей в монтаже комплектов, в съемных блочках с диодами и на откидных платах с промежуточными реле.

Для удобства работы блоки дистанционных органов снимают. Съемные блочки с диодами и блоки дистанционных органов целесообразно замаркировать, чтобы блок с диодами всегда подключался к одному и тому же дистанционному органу. Кроме того, следует также замаркировать и магнитоэлектрические реле при их первой установке в комплекты (обычно магнитоэлектрические реле приходят с завода в отдельной упаковке). Маркировка нужна, чтобы избежать случайной установки съемных элементов в другой дистанционный орган. Замена съемных элементов может вызвать изменения характеристик дистанционных органов из-за различия тока срабатывания магнитоэлектрического реле, сопротивления защитных диодов и т. д. Необходимо заметить, что существенных изменений в настроенных параметрах замена блочка с диодами или магнитоэлектрического реле не вызывает. Однако даже незначительные изменения характеристик вызовут неудобства в работе и сомнения в правильности настройки защиты.

При ревизии проверяют выполнение всех паяк, особо внимательно следует проверить пайки на выводах магнитоэлектрических реле (соединение реле со штырьками на съемной колодке). В некоторых первых комплектах защиты было отмечено плохое выполнение этих паяк.

Вскрытие и какая-либо регулировка самих магнитоэлектрических реле не допускается, чтобы исключить попадание пыли и влаги в их подвижную систему и на контакты. Пока магнитоэлектрическое реле не установлено в комплект, его обмотка обязательно закорачивается на выводах. Если оставить выводы обмотки реле разомкнутыми, то его подвижная система может свободно двигаться при перемещениях, а особенно при сильных сотрясениях. Это может привести к поломке подвижной системы.

Проверяют работу пружин — фиксаторов в розетках разъемов выемных блоков и разъемов цепей напряжения. Надежная фиксация разъемов имеет большое значение для надежной работы дистанционных органов. Необходимо также проверить крепление переменных резисторов *5R*, *15R*, *16R* (рис. 3) к плате реле.

13. ПРОВЕРКА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

В настоящее время сложился следующий порядок проверки состояния изоляции устройств, в которых использованы полупроводниковые приборы и магнитоэлектрические реле. Сначала производят предварительную проверку, во время которой выемные блочки с полупроводниковыми приборами, поляризованные и магнитоэлектрические реле выпуты. При этом проверяется состояние изоляции практически всего монтажа. Если повреждений изоляции нет, то можно вставить выемные блочки, поляризованные и магнитоэлектрические реле. Чтобы убедиться, что установка выемных элементов не привела к ухудшению изоляции, проводят окончательную проверку.

Если проверку изоляции проводить сразу с установленными магнитоэлектрическими реле и полупроводниковыми приборами, то при наличии плохой изоляции эти элементы могут повредиться. Так, например, при замыкании на землю в точке 22 схемы сравнения дистанционного органа (рис. 3,б) и проверке изоляции рабочего контура на землю могут быть повреждены диоды выпрямительных мостов *1ВМ*, *2ВМ*. При замыкании вторичной обмотки трансреактора *ИТР* на первичную и проверке изоляции между цепями переменного тока (первичная обмотка *ИТР*) и цепями постоянного тока (контакт магнитоэлектрического реле) кроме повреждения выпрями-

тельных мостов будет обязательно пробит промежуток между выводами обмотки и контакта магнитоэлектрического реле. Обычно это приводит к перегосу выводов и выходу реле из строя. Попытка проверить изоляцию между вторичными обмотками трансреактора *ITP* может привести к повреждению выпрямительных мостов *IBM* и *2BM*.

Аналогичные повреждения могут быть в блокировке при качаниях, комплекте реле КРС-1, схеме постоянного тока комплекта ДЗ-2. Приведенные примеры наглядно доказывают необходимость предварительной проверки.

При проведении окончательной проверки (при установленных полупроводниковых приборах, поляризованных и магнитоэлектрических реле) нужна осторожность. Не допускается проверка изоляции между любыми элементами схем сравнения дистанционных органов. Следует избегать проверки изоляции между отдельными выводами комплектов ДЗ-2, КРС-1, а также между отдельными зажимами панели по принципу «каждый с каждым», так как это может привести к повреждению диодов схемы постоянного тока. При необходимости проверить изоляцию между отдельными выводами следует убедиться, что эти выводы не связаны между собой через диоды.

При новом включении защиты целесообразно произвести проверку изоляции в соответствии с приведенными ниже рекомендациями, так как при транспортировке и во время хранения панель может находиться в плохих условиях: сырость, частые смены тепла и холода и т. п. При плановых проверках объем испытаний изоляции может быть уменьшен (в пределах действующих в энергосистеме инструкций).

Перед проверкой изоляции объединяют цепи постоянного тока, чтобы напряжение от мегомметра и испытательной установки попадало на все провода и другие элементы, входящие в схему постоянного тока. В частности, объединяют выходные цепи (зажимы панели 37, 38, 39, 45, 46, 47, 17, 18, 41, 42) и соединяют их со схемой (рис. III), проверяют, что установлены заводские перемычки между зажимами панели в соответствии с монтажной схемой, объединяют цепи пуска УРОВ (перемычки на ряде зажимов панели 51—52—54—55—56—57) и подсоединяют их к схеме. Объединяют все зажимы, на которые выведены неиспользуемые контакты и подсоединяют их к схеме. Устанавливают несколько временных

перемычек непосредственно на зажимы комплекта ДЗ-2, чтобы подсоединить к схеме участка, отделенные разомкнутыми контактами реле (33—35—37—39, 45—47, 63—65—67, 28—30 комплекта ДЗ 2) Кроме того, объединяют зажимы панели 1—49 (плюс и минус оперативных цепей). В цепях сигнализации дополнительно объединяют зажимы панели 80—82—76—77—79—74, в цепях переменного напряжения и тока объединяют фазы Вставляют испытательные блоки, замыкают перемычки на лицевых платах комплектов

Учитывая, что в комплектах усановлено большое количество конденсаторов, закорачивание и раскорачивание которых занято бы очень много времени, рекомендуется проверять изоляцию, не закорачивая их

Ниже приводится примерный перечень операции при проверке сопротивления изоляции цепей панели ПЗ-2 и ее отдельных элементов

Предварительная проверка. Измеряют сопротивление изоляции на землю

а) элементов схемы сравнения дистанционных органов, мегомметр подключается к перемычкам 1Н, 2Н 3Н реле комплекта ДЗ 2 и земле, а для КРС 1—к перемычкам 1Н, 2Н, 3Н, 4Н и земле,

б) элементов рабочего и тормозного контуров блокировки при качаниях, мегомметр подключается к перемычке 3Н и земле, а затем к переключателю уставок U_2 и земле (для КРБ 125), для блокировки КРБ 126 подключение поочередно производят к перемычкам 1Н, 2Н, 3Н и земле,

в) элементов фильтра тока обратной последовательности блокировки при качаниях КРБ 126, подключение мегомметра производят к переключателю уставок I_2 и земле,

г) элементов цепей исполнительного органа реле тока и блокировки от неисправностей цепей напряжения, мегомметр поочередно подключают к перемычкам 5Н и 4Н комплекта ДЗ 2 и земле,

д) цепей постоянного тока (в сборе), сигнализации, переменного тока переменного напряжения

Проверки по пунктам «а» — «г» выполняют мегомметром 500 В, по пункту «д» — мегомметром 2500 В

Измеряют сопротивление изоляции между

а) элементами рабочего и тормозного контуров схемы сравнения дистанционных органов, подключая мегомметр к перемычкам 1Н и 2Н,

б) первичными и вторичными обмотками трансреакторов дистанционных органов подключают мегомметр поочередно к перемычкам 1Н, 2Н и цепям тока,

трансформаторов напряжения и трансреакторов подпитки дистанционных органов, подключают мегомметр на перемычки 1Н, 2Н и цепи напряжения,

трансформатора тока токового органа мегомметр подсоединяют к точке 92 на схеме рис 11 и на цепи тока,

трансформатора блокировки от неисправности цепей напряжения, мегомметр подсоединяют к точке 81 на схеме рис 10 и на цепи напряжения;

трансформатора торможения блокировки КРБ-126, подключают мегомметр к переключателю уставок коэффициента торможения и к токовым цепям,

трансформаторов тока блокировок КРБ-125 и КРБ-126, подключают мегомметр к переключателю уставок по I_2 и $3I_0$ и к цепям тока,

трансформатора напряжения блокировки КРБ-125, подключая мегомметр к переключателю уставок U_2 и к цепям напряжения,

в) цепями рабочего (тормозного) контура дистанционного органа и цепями постоянного тока, мегомметр подключают поочередно на перемычки 1Н, 2Н и на цепи постоянного тока;

г) отдельными фазами токовых цепей;

д) цепями постоянного тока, сигнализации, переменного тока и переменного напряжения

Проверки по пунктам «а» — «г» выполняются мегомметром 500 В, по пункту «д» — мегомметром 2500 В

Окончательная проверка. Измеряют сопротивление изоляции на землю

а) элементов схемы сравнения дистанционных органов, мегомметр подключают к перемычке 1Н и к земле;

б) элементов тормозного и рабочего контуров блокировок при качаниях, мегомметр подключают к перемычке 3Н и к земле для КРБ-125, для КРБ-126 подключение поочередно производят к перемычкам 1Н, 2Н и к земле,

в) элементов цепей исполнительного органа реле тока и блокировки от неисправности цепей напряжения, мегомметр подключают поочередно к перемычкам 5Н и 4Н комплекта ДЗ-2 и к земле;

г) цепей постоянного тока, сигнализации, переменного тока и переменного напряжения

Проверка по пунктам «а» — «в» выполняется мегомметром 500 В, по пункту «г» — мегомметром 2500 В

Измеряют сопротивление изоляции между цепями постоянного тока, сигнализации, переменного тока, переменного напряжения (мегомметром 2500 В) На этом проверка сопротивления изоляции заканчивается Испытание изоляции повышенным напряжением производят после выполнения всех наладочных работ

После выполнения окончательной проверки изоляции следует вынуть магнитоэлектрические реле. Установить их на место можно только после проверки схемы постоянного тока и проверки защитных диодов.

Из приведенного перечня видно, что при окончательной проверке выполняется меньше операций, чем при предварительной. Это объясняется тем, что при вставленных магнитоэлектрических, поляризованных реле и блоках с диодами многие цепи оказываются электрически связанными между собой. Так, например, при вставленных диодах и магнитоэлектрических реле в одну цепь объединяются ранее разделенные четыре участка схемы

дистанционного органа комплекта КРС-1 (рис. 8) — тормозной контур *1Н*, рабочий контур *2Н*, фильтры и балластные сопротивления схемы сравнения *3Н*, резисторы регулировки соотношения осей эллипса *4Н*.

14. ПРОВЕРКА СХЕМЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА И ЕЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Перед проверкой убеждаются в правильности подачи постоянного тока на панель по полярности. При неправильной полярности возможно повреждение диодов, шунтирующих реле времени и реле ускорения, перегрев гасительного резистора *17R* и др.

Особенностью комплекта ДЗ-2 является применение стабилитронов для ограничения напряжения на контактах магнитоэлектрических реле. При неисправности стабилитронов могут повредиться как контакты магнитоэлектрических реле, так и обмотки промежуточных реле. Поэтому прежде всего проверяют исправность стабилитронов. На панель подается напряжение 0,8; 1,0; 1,1 номинального напряжения и непосредственно на стабилитронах измеряется стабилизированное напряжение, которое должно составлять 90—110 В. Если один из стабилитронов пробит, стабилизированное напряжение резко уменьшается, в случае обрыва цепи — увеличивается до величины напряжения, поданного на панель.

Затем проверяют промежуточные реле панели. Следует помнить, что реле *2РП*, *3РП*, *4РП*, *5РП*, *7РП* комплекта ДЗ-2 всегда выполняются на номинальное напряжение 110 В, так как они включены на стабилизированное напряжение. Их напряжение срабатывания должно быть 58—65 В. Параметры остальных реле зависят от номинального напряжения панели. Проверку выполняют в полном соответствии с руководящими материалами [Л. 5, 11].

При проверке контролируют и настраивают следующие времена:

1) время переключения зон, т. е. время отпадания реле *1РП* комплекта ДЗ-2 при отсутствии тока в удерживающей обмотке, оно должно быть около 0,14 с;

2) время ввода в работу ускоряемой ступени, т. е. время отпадания реле *6РП* комплекта ДЗ-2 после длительного обтекания током, оно должно быть около 0,45 с;

3) время ввода в работу заблокированных зон, т. е. приблизительно время возврата реле ЗРП комплекта блокировки при качаниях. Это время должно быть задано. Измерение его наиболее удобно производить на контактах реле РП блокировки в полной схеме, как это описано в [Л. 7]. Как правило, оно составляет 0,35—0,42 с;

4) время повторной готовности к действию блокировки при качаниях, т. е. время срабатывания упорного контакта реле времени РВ блокировки при качаниях. Это время удобно измерять на резервных контактах РП и ЗРП блокировки при качаниях (зажимы панели 70—71), как это рекомендуется в [Л. 7]. Это время должно быть задано.

Реле времени, указательные реле и другие элементы схемы постоянного тока проверяют общеизвестными методами [Л. 5, 11]. Проверка искрогасительных контуров заключается в оценке исправности элементов, входящих в контур. Измеряют сопротивление резистора, которое должно быть порядка 3 кОм [в комплекте ДЗ-2 этот резистор размещен на съемном блоке 3 с диодами (рис. П2,г), в комплекте КРС-1 — на плате трансформатора ПН]. Измеряется напряжение на конденсаторе при поданном на панель постоянном токе; напряжение должно быть близким к стабилизированному напряжению; вольтметр должен иметь сопротивление не менее 100 кОм (на используемом пределе).

После проверки отдельных реле все перемычки на комплектах и на ряде зажимов панели, относящиеся к схеме постоянного тока, устанавливаются в рабочее положение. Проверяют взаимодействие при пониженном до 80% напряжении оперативного тока. После подачи оперативного напряжения убеждаются в правильности состояния всех промежуточных реле (подтянуто или отпущено). Проверка взаимодействия проводится по принципиальной схеме защиты замыканием контактов от руки или переводом реле от руки из одного положения в другое. Срабатывание магнитоэлектрических реле имитируется установкой перемычки на соответствующие гнезда разъема реле.

15. ПРОВЕРКА ИСПРАВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ДИОДОВ

При неисправности защитных диодов (1Д, 2Д в схеме дистанционных органов рис. 3,б) возникает опасность повреждения обмоток магнитоэлектрических реле. Поэ-

тому до проверки их исправности не допускается подавать на защиту переменный ток и переменное напряжение при подключенных магнитоэлектрических реле. Проверка заключается в определении максимального значения напряжения, приложенного к обмотке магнитоэлектрического реле в рабочем или тормозном направлении. Магнитоэлектрические реле должны быть при этом отключены (перемычкой $3H$) или выпуты. Измерение напряжения производится на точках a — b перемычки $3H$ вольтметром постоянного тока с внутренним сопротивлением на используемом пределе не менее 2000 Ом.

Наибольшее напряжение в тормозном направлении будет, если на панель подать переменное напряжение без тока, поскольку при к. з. «за спиной» э. д. с. от тока, подводимые к магнитоэлектрическому реле со стороны рабочего и тормозного контуров, уравновешивают друг друга. Наибольшее напряжение в рабочем направлении будет, если суммарное значение напряжения в тормозном контуре равно нулю ($k_u \dot{U}_p - k_t I_p = 0$), что соответствует повреждению в середине защищаемой зоны. Чтобы не искать эту точку, можно исключить тормозной контур размыканием перемычки $1H$. Тогда напряжение на обмотке магнитоэлектрического реле будет определяться током, поданным на панель. С некоторым запасом можно подавать не ток, соответствующий к. з. в середине защищаемой зоны, а ток к. з., соответствующий трехфазному повреждению в начале защищаемой линии. При новой палатке целесообразно измерить напряжение на защитных диодах при максимальных уставках (95% витков трансформатора напряжения $1TH$, резистор плавной регулировки повернут по часовой стрелке до упора, на трансреакторе $1TP$ отпайки $1-1$, что соответствует наибольшему числу первичных витков) для проверки качества диодов и на рабочих уставках для контроля при плановых проверках.

В соответствии со сказанным выше проверка ведется следующим образом. Выставляются максимальные уставки и на панель подается трехфазное напряжение 100—110 В. Измеряется напряжение на защитных диодах всех шести дистанционных органов (комплектов ДЗ-2 и КРС-1) на точках b — a перемычки $3H$ (рис. 3,б). Отключается напряжение, размыкаются перемычки $1H$ всех дистанционных органов, и на панель (рис. ПЗ) подаются поочередно токи фаз AB (зажимы панели 101—103), ВС

(103—105) и СА (105—101), соответствующие по величине току трехфазного к. з. в начале линии, измеряется напряжение на точках *а*—*в* переключки *ЗН*. Затем выставляются расчетные, уставки и измерения повторяются. Измеренное на защитных диодах напряжение должно быть не более 2,5 В. При напряжении на диоде более 2,5 В диод должен быть заменен на другой с меньшим сопротивлением в прямом направлении. Обычно напряжения, измеренные при максимальных и рабочих уставках, отличаются незначительно и составляют 0,6—0,8 В. Если напряжение на диоде слишком мало (порядка 0,1 В), полезно убедиться в том, что он не пробит. При таком маленьком напряжении снижается кратность тока в магнитоэлектрическом реле, т. е. ухудшается надежность его действия.

16. НАСТРОЙКА ДИСТАНЦИОННЫХ ОРГАНОВ КОМПЛЕКТА ДЗ-2

Настройку дистанционных органов производят при установленных магнитоэлектрических реле. Чтобы контакты этих реле не изнашивались, без необходимости не допускают их работу на промежуточные реле. Поэтому перед настройкой переводят действие магнитоэлектрических реле на неоновую лампу, встроенную в ДЗ-2 (нормально эта лампа горит при неисправностях цепей напряжения). Для этого на комплекте ДЗ-2 переключку между зажимами 36—34 переставляют на зажимы 32—34. Чтобы при отпавшем реле *ИРП* не подключалось реле *ЗРП*, последнее вынимают из комплекта. Можно проложить изоляционную прокладку (лакоткань, плотная бумага) в размыкающий контакт реле *ИРП*, однако это менее удобно, так как прокладка будет часто выпадать. Непосредственно на контакты магнитоэлектрических реле (зажим 47 комплекта ДЗ-2) нужно подать плюс, минуя контакты блокировки при качаниях, блокировки при неисправностях цепей напряжения и трехфазного токового реле. Сделав указанные переключения, полезно убедиться, что неоновая лампа загорается при замыкании контактов магнитоэлектрических реле. Для этого закорачивают выводы контактов реле на разьеме.

Для настройки дистанционных органов необходимо иметь микроамперметр постоянного тока со шкалой 25—50 мкА. Лучше всего использовать прибор с небольшим (менее 250 Ом) внутренним сопротивлением, например М-109. Однако допускается применение приборов Ц-435,

М-265, у которых внутреннее сопротивление составляет 1500—2000 Ом.

Сначала проверяют магнитоэлектрические реле. Поскольку реле вскрывать нельзя, его состояние оценивают только по электрическим характеристикам. Проверяют изоляцию между подвижными и неподвижными элементами замыкающего контакта реле (выводы 3—4 по маркировке на реле). Эта проверка позволяет выявить возможные дефекты стоек неподвижных контактов реле. В эксплуатации были отмечены случаи, когда расстояние между Г-образными стойками неподвижных контактов (в их нижней части) было недопустимо мало и произошел пробой расстояния, т. е. замыкание контакта. Проверяют уровень изоляции между обмоткой и контактами реле, что позволяет судить о правильности выполнения токоподводов к катушке и к подвижному контакту. Проверяют чувствительность реле как нуль-индикатора, т. е. его срабатывание в условиях, близких к действительным. При этом ток в обмотке реле быстро (толчком) меняет направление с тормозного на рабочее. Эта проверка позволяет убедиться в исправности подвижных частей реле.

Порядок проведения проверок для случая, когда специального устройства для проверки магнитоэлектрического реле нет, подробно описан в § 24. Однако следует иметь в виду, что лучше проверять магнитоэлектрические реле на специально приспособленных для этого устройствах.

После проверки магнитоэлектрических реле производят настройку уставок. На реле выставляются ранее выбранные (см. стр. 15) отпайки на трансреакторах *ITP* и трансформаторах напряжения *ITN*. Резисторы плавной регулировки устанавливают в крайнее правое положение, соответствующее семи виткам (до отказа по часовой стрелке). Выставляют уставку по углу максимальной чувствительности (65 или 80°) подпайкой соответствующих проводов от *ITP* и *ITN* на плате переключения уставок по $\varphi_{мч}$ (на этой же плате смонтированы резисторы $IR—4R$). Настройку производят при заданных для каждой зоны величинах тока (ток настройки) и угла между током и напряжением (угол настройки). Если токи настройки не заданы, то можно принять для I зоны 10 А, а для II зоны 5 А. Если не задан угол настройки, то его следует принять равным установленному углу макси-

мальной чувствительности (65° или 80°). Как известно, для реле сопротивления, включенных на разность фазных токов и линейное напряжение, сопротивление на фазу на зажимах реле составляет:

$$Z_p = \frac{U_p}{2I_p},$$

где U_p — напряжение на зажимах реле, В; I_p — фазный ток, А.

По известным сопротивлению уставки и току пастройки определяют напряжение, которое должно быть на реле при срабатывании:

$$U_{cp} = 2I_p \cdot Z_{уст.}$$

Устаивают это напряжение и медленным поворотом резистора плавной регулировки ($15R$, $16R$) против часовой стрелки добиваются срабатывания реле. После этого положение резистора нужно зафиксировать контргайкой и проверить правильность настройки реле снижением напряжения со 100 В до напряжения срабатывания.

Может быть, что реле оказывается в сработанном состоянии при крайнем правом положении резистора плавной регулировки, т. е. настроить уставку при выбранных отпайках невозможно. Точно также может оказаться, что реле не срабатывает при выведении резистора плавной регулировки в крайнее левое положение. Это объясняется тем, что напряжение на обмотках трансформатора напряжения ITN и э. д. с. вторичных обмоток трансреактора ITP в действительности отличаются в пределах заводских допусков от номинальных значений. Причиной этого может быть, например, отличное от номинального число витков на вторичной обмотке ITP или секции ITN , отклонение величины воздушного зазора ITP от нормы и т. п.

В таких случаях необходимо определить действительное сопротивление срабатывания реле при установленных отпайках, причем резистор плавной регулировки должен быть в одном из крайних положений. Если действительное Z_{cp} отличается от расчетного не более чем на 10%, то реле является исправным, так как возможность отклонения сопротивления срабатывания на 10% предусмотрена заводом. В этом случае для настройки уставки переходят на другие отпайки на трансформаторе напряжения. Если действительное Z_{cp} отличается

от расчетного более чем на 10%, то реле является неисправным. Следует проводить проверку его отдельных элементов, в первую очередь трансреактора *ИТР* и трансформатора напряжения *ИТН*. Описание проверок отдельных элементов дано в § 24.

Расчетное сопротивление срабатывания $Z_{\text{расч}}$ определяется по формуле

$$Z_{\text{расч}} = \frac{Z_{\text{уст. мин}}}{N} \cdot 100,$$

где $Z_{\text{уст. мин}}$ — установленная отпайка *ИТР* (уставка на *ИТР*, умноженная на 5 для реле на 1 А); N — сумма процентов используемых витков *ИТН*.

При определении числа N нужно учитывать положение резистора плавной регулировки. Если он в крайнем правом положении, то к сумме цифр, набранных переключателями, следует прибавить семь; если в крайнем левом положении, то N равно сумме цифр, набранных переключателями.

Пример. Необходимо настроить вторичное сопротивление срабатывания 1,47 Ом/Ф. Была принята уставка на трансреакторе 1, на трансформаторе напряжения 65 ($N_{\text{расч}}=68$). При токе настройки 10 А напряжение срабатывания 29,4 В. При подаче такого напряжения на реле (резистор плавной регулировки в крайнем правом положении) оно уже в сработавшем состоянии. Измерением установлено, что реле срабатывает при напряжении 29,8 В, т. е.

$$Z_{\text{ср}} = \frac{29,8}{2 \cdot 10} = 1,49 \text{ Ом/Ф.}$$

Рассчитываем, что сопротивление срабатывания при установленных отпайках должно быть

$$Z_{\text{расч}} = \frac{1}{65 + 7} \cdot 100 = 1,38 \text{ Ом/Ф.}$$

где 65 — отпайка на трансформаторе напряжения; 7 — крайнее правое положение резистора плавной регулировки.

Отклонение действительного сопротивления срабатывания 1,49 от расчетного 1,38 составляет 8%, следовательно, реле исправно и для настройки уставки следует установить отпайку 70 (60+10 вместо 60+5). Если бы в этом примере напряжение срабатывания реле составило 31 В вместо 29,8 (при $N=65+7$), то реле следует считать неисправным, так как отклонение сопротивления срабатывания составило бы 12%, что больше заводского допуска.

Предположим, что при тех же исходных условиях реле не срабатывает при выведении резистора плавной регулировки в крайнее

левое положение и для его срабатывания нужно понизить напряжение до 29 В. Тогда:

$$Z_{\text{ср}} = \frac{29}{2 \cdot 10} = 1,45 \text{ Ом/Ф};$$

$$Z_{\text{расч}} = \frac{1}{65} \cdot 100 = 1,54 \text{ Ом};$$

$$\Delta Z = \left(1 - \frac{1,45}{1,54}\right) \cdot 100 = 6\%.$$

Следовательно, в этом случае реле также исправно и для настройки уставки следует использовать отпайку 60.

Необходимо иметь в виду, что в большинстве случаев резисторы плавной регулировки позволяют изменить сопротивление срабатывания реле при использовании одной и той же отпайки более чем на 10% (особенно при малых значениях N). Поэтому при настройке целесообразно хотя бы приблизительно оценивать положение резистора плавной регулировки, при котором должно срабатывать реле. Так, например, при необходимости настроить сопротивление срабатывания 18 Ом/фазу $N_{\text{расч}}$ составляет 5,55 и устанавливается отпайка 5. Тогда срабатывание реле должно произойти вблизи крайнего левого положения резистора плавной регулировки. Если реле работает при среднем положении резистора, то целесообразно провести проверку сопротивления срабатывания реле (при $N=5$), как указано выше.

После настройки сопротивления срабатывания проверяют коэффициент возврата реле. Для этого напряжение устанавливают на 10—15% ниже напряжения срабатывания и затем плавно увеличивают до момента размыкания контактов реле. Коэффициент возврата должен быть не более 1,1. Такое значение $k_{\text{в}}$ может получиться, если магнитоэлектрическое реле размыкает свои контакты при токе 4 мкА в тормозном направлении. Как правило, коэффициент возврата реле сопротивления значительно выше и составляет 1,01—1,02.

При увеличении напряжения на реле выше уставки можно заметить, что неоновая лампочка, на которую работают контакты, гаснет не сразу. Это не говорит о нечетком размыкании контактов магнитоэлектрических реле (с вибрацией или искрением), а объясняется тем, что при разрыве этих контактов через лампу протекает ток заряда конденсатора искрогасительного контура, включенного параллельно контактам. Из-за этого же кратковременно вспыхивает лампочка при подаче постоянного тока на панель (если плюс подается непосредственно на контакты магнитоэлектрических реле).

При настройке уставки, а также во всех других случаях, когда требуется наблюдать за состоянием контак-

тов магнитоэлектрических реле, следует внимательно следить, чтобы было подключено только одно проверяемое реле.

Цепи остальных реле, в том числе всех реле другого комплекта (КРС-1 при проверке ДЗ-2 и наоборот), должны быть разомкнуты переключками ЗН. Если переключка на каком-либо другом реле останется замкнутой, то оно может сработать, когда проверяемое реле еще не замкнуло (или уже разомкнуло) контакты. Это может привести к неправильной настройке защиты или неправильной оценке поведения проверяемого реле. Не проверяемое реле может сработать, так как на одну из обмоток трансреактора подается ток, а на цепи напряжения попадает напряжение через сопротивление других фаз.

При настройке уставок допускается напряжение подпитки (напряжение третьей, неповрежденной фазы) не подавать, погрешность настройки при этом практически отсутствует. Если настройка производится с применением комплектного устройства УПЗ-2 или подобного ему, то лучше работать с подачей напряжения третьей фазы.

По окончании настройки уставок полезно проверить угол максимальной чувствительности реле сопротивления. Эта проверка производится методом засечек, совершенно так же, как для любого другого дистанционного реле, например КРС-131. Подробно этот способ описан в [Л. 6,7].

Следующей операцией является настройка схемы дистанционного органа. Настройку схемы производят для того, чтобы предотвратить срабатывание реле при прохождении по нему только тока или при подаче только напряжения подпитки. Оба эти режима являются реальными для защиты, находящейся в эксплуатации. Только ток проходит по всем реле защиты при трехфазном к. з. на шинах подстанции («за спиной»), если защищаемая линия имеет питание с противоположного конца. Только напряжение подпитки подается на одно из реле защиты при близком двухфазном к. з. «за спиной», если защищаемая линия не имеет питания с противоположного конца. В обоих этих случаях защита не должна отключать линию. Чтобы реле не сработало, настройкой добиваются прохождения тока по обмотке магнитоэлектрического реле (тока небаланса) в тормозном

направлении как при подаче только тока, так и при подаче только напряжения подпитки. С другой стороны, следует иметь в виду, что слишком большой ток в тормозном направлении значительно ухудшает работу реле по памяти. Поэтому нужно обязательно добиваться правильной настройки схемы. Рекомендуемые величины токов небаланса приведены на стр. 61.

Настройку схемы производят после настройки уставок, так как на величину и направление токов небаланса значительно влияют положение резисторов плавной регулировки уставок и используемые отпайки в цепях напряжения (так как сопротивление используемой части обмотки вместе с сопротивлением выравнивающего резистора входит в величину полного сопротивления тормозного контура). Кроме того, настройку схемы производят при разных токах, принимаемых в зависимости от установленной отпайки первичной обмотки трансформатора.

Настройка схемы по своему назначению подобна устравлению самохода у индукционных реле. Настройку ведут, наблюдая за током в цепи обмотки магнитоэлектрического реле по микроамперметру, включенному в рассечку *3Н*. Если сопротивление микроамперметра составляет 200—250 Ом и менее, то настройку производят при включенном магнитоэлектрическом реле. Прибор в этом случае включается на зажимы *а* и *б* перемычки *3Н*. Если сопротивление прибора 1500—2000 Ом, то настройку производят при отключенном магнитоэлектрическом реле. В этом случае прибор является нагрузкой схемы сравнения примерно эквивалентной магнитоэлектрическому реле и включается на зажимы *а* и *в* перемычки *3Н* (зажимы *а* и *б* разомкнуты).

В общем случае при настройке схемы следовало бы замыкать цепи напряжения защиты на сопротивление, равное сопротивлению кабеля цепей напряжения от места установки защиты до трансформатора напряжения, как это делается при устранении самохода индукционных реле [Л.3,5]. Однако опыт наладки защит типа ПЗ-2 показал, что ток небаланса очень мало зависит от того, замкнуты ли основные цепи напряжения накоротко или на 5—10 Ом, и практически не зависит от состояния цепи подпитки (замкнута или разомкнута).

Здесь и далее под основными цепями напряжения имеются в виду цепи, подключенные к первичной обмот-

ке трансформатора *ITН*; под цепями подпитки — подключенные к первичной обмотке трансреактора подпитки *2ТР*.

Поэтому при настройке реле сопротивления комплектов ДЗ-2 и КРС-1 допускается цепи основного напряжения замыкать накоротко, а цепи подпитки оставлять разомкнутыми. Это значительно упрощает работу, позволяя для определения тока небаланса и от тока и от напряжения применять одну и ту же схему испытаний (рис. 12).

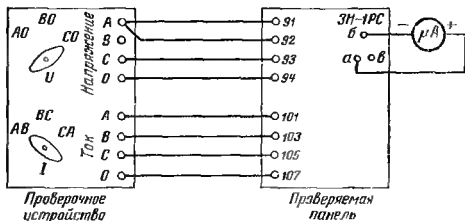


Рис 12 Схема настройки дистанционных органов

Рассмотрим подробно настройку схемы реле *IPC* комплекта ДЗ-2. Подготовка схемы заключается в закорачивании цепей основного напряжения, для реле *IPC* это фазы *AB*, т.е. зажимы *91—92* панели. Закорачивать их наиболее удобно на выходных зажимах проверочного устройства, подсоединив два провода от панели (*91* и *92*) под один зажим. При этом нет необходимости ходить за панель и совершенно исключена возможность ошибочной подачи напряжения от испытательного устройства на закоротку. Сама настройка заключается в проверке и регулировке тока по обмотке магнитоэлектрического реле при подаче напряжения подпитки, подаче тока небольшой величины, подаче тока большой величины. Сначала подается напряжение подпитки 58—60 В на цепи подпитки *C—O* (зажимы *93—94* панели). Проверяется, что ток небаланса составляет 0—10 мкА в сторону торможения. При необходимости производится регулировка резистором *5R*. Затем ключ напряжения проверочного устройства отключают и включают ключ тока. Величина пода-

ваемого тока зависит от используемой отпайки на трансреакторе *ITP*. При настройке н. с. первичной обмотки должны быть одинаковыми для всех отпайек. Если использована уставка 1 устанавливают ток 5 А, при уставке 0,5—10 А, при уставке 0,25—20 А.

Установив пужный ток, проверяют, что ток небаланса составляет 8—16 мкА в сторону торможения. В случае необходимости производят регулировку тем же *5R*. Отключают ток и снова подают 58—60 В на те же цепи подпитки, чтобы убедиться, что ток небаланса остался в допустимых пределах (0—10 мкА в сторону торможения). Если ток небаланса находится в этих пределах, то отключают напряжение и снова подают ток. Теперь его величина должна быть не меньше тока, подходящего с защищаемой линии при трехфазном к. з. на шинах подстанции. Ток небаланса должен получиться в тормозном направлении не менее 10 мкА, обычно бывает значительно больше 150—500 мкА. После окончания настройки следует зафиксировать контргайкой положение регулировочного резистора *5R* и еще раз проверить токи небаланса во всех режимах настройки.

Иногда не удается отрегулировать резистором *5R* ток небаланса так, чтобы он укладывался в норму как при подаче напряжения, так и при подаче тока. В таких случаях следует использовать другую отпайку вторичной обмотки трансреактора *ITP* в рабочем или тормозном контуре. Переход с отпайки *A* на *K* на вторичной обмотке *ITP* (рис. 3,б) увеличивает э.д.с. обмотки. Если ток небаланса при подаче тока проходит в рабочем направлении (или в тормозном, но менее 8 мкА), то нужно перейти в тормозном контуре с *A* на *K* (увеличить э. д. с.) или в рабочем — с *K* на *A* (уменьшить э.д.с.). Если ток небаланса проходит в тормозном направлении, но больше 16 мкА, то следует уменьшить э. д. с. в тормозном контуре (перейти с *K* на *A*) или увеличить в рабочем (с *A* на *K*).

Рассмотрим конкретный пример. Предположим, что при подаче напряжения ток небаланса 1 мкА в тормозном направлении, при подаче тока — 20 мкА в тормозном направлении, т. е. больше нормы. Если резистором *5R* сделать ток небаланса 16 мкА (норма), то при подаче напряжения он протекает в рабочем направлении, что недопустимо. Поскольку резистором *5R* не удастся добиться нормальной настройки, нужно переходить на другие отпайки вторичной обмотки трансреактора. На обеих обмотках (рабочего и тормозного контуров) использованы отпайки *A*. Это означает, что уменьшить э. д. с. в тормозном контуре невозможно. Следовательно, нужно

увеличить э. д. с. в рабочем контуре, т. е. перейти с *A* на *K* в рабочем контуре. После этого при подаче тока небаланс стал 4 мкА в тормозном направлении. Резистором *5R* устанавливаем 10—12 мкА (тормозных) и убеждаемся, что при подаче напряжения ток небаланса в пределах нормы. После перехода на другие отпайки трансреактора нужно проверить настройку уставок, при необходимости подстроить их, а затем окончательно проверить настройку схемы.

Настройка схемы должна производиться для I и II зон.

Подробно была рассмотрена настройка реле *1PC*. Другие реле комплекта (*2PC*, *3PC*) настраиваются аналогично. Настройку производят подавая токи и напряжения на входные зажимы панели в соответствии с таблицей.

Таблица 1

Производящие операции	Настраиваемое реле		
	<i>1PC</i>	<i>2PC</i>	<i>3PC</i>
Закорочены цепи при проверке (объединены зажимы панели)	<i>A—B</i> (91—92)	<i>B—C</i> (92—93)	<i>C—A</i> (93—91)
Подают напряжение на зажимы	<i>C—0</i> (93—94)	<i>A—0</i> (91—94)	<i>B—0</i> (92—94)
Подают ток на зажимы	<i>A—B</i> (101—103)	<i>B—C</i> (103—105)	<i>C—A</i> (105—101)

Полученные окончательно после фиксации резисторов *5R* токи небаланса заносят в протокол наладки.

Невозможность получения рекомендуемых токов небаланса указывает на неисправность в схеме реле. В таких случаях проверяют в полном объеме отдельные элементы реле: трансреактор, трансформатор напряжения, номинальные величины входящих в схему резисторов, исправность выпрямительных мостов, трансреактор подпитки, весь контур подпитки. Рекомендации по проверке отдельных элементов приведены в § 24. После выполнения настройки уставок и настройки схемы реле в основном готово к эксплуатации. Остается снять некоторые контрольные характеристики.

Производят определение зоны работы и угла максимальной чувствительности реле в режиме реле направления. Проверку выполняют для определения правильности настройки контура памяти (по углу максимальной чувствительности) и облегчения анализа правильности включения реле при проверке под нагрузкой (по гра-

пицам зоны срабатывания). Для того чтобы перевести дистанционное реле в режим реле направления, исключают (закорачивают) цепь основного напряжения, а питание подают на цепь подпитки. То же самое выполнялось при настройке схемы реле. Поэтому определение зоны работы в режиме реле направления производят по той же схеме и при тех же сочетаниях токов и напряжений, как при настройке схемы. Зона работы определяется при напряжении 58 — 60 В и токах 5 А для

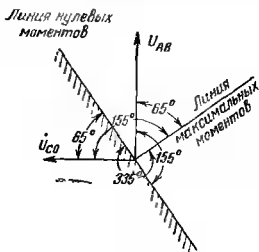


Рис. 13. Угловые характеристики дистанционного органа комплекта ДЗ-2 в режиме реле направления.

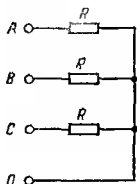


Рис. 14. Искусственная нулевая точка для проверочного устройства УПЗ-2.

определения угла максимальной чувствительности и 0,2—0,3 А для использования при проверке под нагрузкой. Измеряют углы, при которых реле четко замыкает контакт на границах зоны. Линия максимальных моментов делит зону работы пополам. Угол максимальной чувствительности должен составлять $\varphi_{м.ч.р.м} = (\varphi_{м.ч.р.с} + 90^\circ)$ с точностью $\pm 5^\circ$. Здесь $\varphi_{м.ч.р.с}$ — угол максимальной чувствительности в режиме реле сопротивления; $\varphi_{м.ч.р.м}$ — угол максимальной чувствительности в режиме реле мощности. Ширина зоны должна составлять примерно 180° . Границы зоны должны располагаться примерно в районе углов 65° и 245° , угол максимальной чувствительности 155° (рис. 13) для реле сопротивления с $\varphi_{м.ч.} = 65^\circ$.

В том случае, если для проверки используется комплектное проверочное устройство УПЗ-2, целесообразно

сделать небольшое дополнение к нему для создания искусственной нулевой точки в цепях напряжения (рис.14). В качестве R применяются остеклованные резисторы ПЭ-50 с сопротивлением 200—300 Ом. Концы А, В, С подключаются к выходным зажимам напряжения УПЗ-2, отсюда же идут фазные провода на панель. Нулевой провод от панели подключают к точке О. Для создания режима реле направления имитируют двухфазные к. з. с напряжением аварийного режима равным нулю. При этом напряжение, подаваемое на цепи подпитки составит 55—60 В. Необходимо помнить, что фазометр устройства УПЗ-2 измеряет угол между напряжением доаварийного режима замкнувшихся фаз и током, а не между напряжением подпитки и током. Поэтому при использовании УПЗ-2 с искусственной нулевой точкой $\varphi_{м.ч.р.м} = \varphi_{м.ч.р.с.}$, а действительная зона работы, которая должна быть использована при проверке под нагрузкой, смещена относительно измеренной на 90° . Для реле сопротивления с $\varphi_{м.ч.} = 65^\circ$ границы зоны располагаются в районе углов 335 и 155° , а $\varphi_{м.ч.р.м} = 65^\circ$, что соответствует рис. 13.

В том случае, если зона работы и угол максимальной чувствительности смещены относительно ожидаемых более чем на $\pm 5^\circ$, проверяют настройку контура подпитки по рекомендациям, приведенным в § 24.

Снятие зависимости сопротивления срабатывания реле от тока производят так же, как для индукционных реле [Л.7], начиная от тока точной работы до тока, при котором напряжение срабатывания реле 110 В. Угол между током и напряжением устанавливают равным углу настройки. Напряжение подпитки можно не подавать. Характеристика снимается только для одной зоны, так как ток точной работы не зависит от используемых отпаяк трансформатора напряжения. Полученное значение тока точной работы сравнивается с заводскими данными и реальными токами к.з. при повреждении в конце II зоны. Если определенный по характеристике ток точной работы окажется больше, чем по заводским данным, это свидетельствует о неисправности реле. Если больше токов к. з. в конце II зоны, необходимо использовать другую отпайку на трансреакторе ИТР, обеспечивающую меньший ток точной работы.

Снятие угловой характеристики тоже производится, как для индукционных реле [Л. 7]. Характеристика снимается для I и II зоны при токе настройки в пределах от

30 до 120°. Напряжение подпитки допускается не подавать. На этом настройка дистанционных органов комплекта ДЗ-2 заканчивается.

17. НАСТРОЙКА ДИСТАНЦИОННЫХ ОРГАНОВ КОМПЛЕКТА КРС-1

Настройка дистанционных органов комплекта КРС-1 в целом производится так же, как и ДЗ-2. Так как схема реле КРС-1 несколько отличается от реле ДЗ-2, их наладка имеет некоторые особенности. Для подключения контактов магнитоэлектрических реле к неоновой лампе нужно снять перемычку 25—26 на ряде зажимов панели и точку 25 подключить к зажиму 34 комплекта ДЗ-2, на зажим 47 комплекта ДЗ-2 должен быть подан плюс (рис. П1).

Настройка уставок и определение угла максимальной чувствительности производится также, как для комплекта ДЗ-2. Перемычки на реле, в том числе *1Н* (смещение), *4Н* и *e* (эллипс), ставят в необходимое в соответствии с заданными характеристиками положение (рис.8). Ток настройки III зоны может быть принят равным 2—3 А.

Настройка схемы реле производится только при подаче тока, так как напряжение подпитки в схему не вводится. Перемычка *1Н* должна быть установлена в положение б—в, т. е. без смещения. На реле подается ток 5 А и резистором *5R* устанавливается ток небаланса 8—15 мкА в тормозном направлении. Поскольку дистанционный орган КРС-1 не может быть переведен в режим реле направления, определение зоны работы и угла максимальной чувствительности в режиме реле направления не выполняют.

Снятие зависимости сопротивления срабатывания реле от тока выполняется в том же диапазоне токов, как для реле комплекта ДЗ-2.

Пределы снятия угловой характеристики определяются видом заданной характеристики. Если используется смещение, то дополнительно измеряют сопротивление срабатывания реле при угле $\varphi_{настр} + 180^\circ$. Сопротивление срабатывания должно составлять при этом 6—12% от уставки. Если используется эллиптическая характеристика, то сопротивление срабатывания измеряют при углах от 0 до 360°.

18. ПРОВЕРКА ТРЕХФАЗНОГО ТОКОВОГО ОРГАНА

Проверка токового органа выполняется, если он используется в схеме защиты. Указание об его использовании должно быть в заданных уставках. Если токовый орган не используется, то он должен быть выведен из схемы. Сначала проверяют поляризованное реле. При ревизии механической части:

измеряют зазор между подвижным и неподвижным контактами. Величина зазора должна быть не менее 0,4 мм. Измерение производят щупом;

проверяют отсутствие затираний при перемещении подвижной системы и четкость возврата из сработанного положения;

убеждаются в наличии зазора между хвостовиком якоря и полюсными надставками. Хвостовик не должен опираться на правую полюсную надставку, чтобы обеспечить нажатие размыкающего контакта. В сработанном положении хвостовик не должен опираться на левую полюсную надставку, чтобы обеспечить нажатие замыкающего контакта. Зазор в отпавшем и сработанном положении просматривается на свет. Его величина должна быть такой, чтобы полоска кальки, помещенная в зазор, могла свободно (без заметного трения) выниматься;

проверяют чистоту зазора между крыльями якоря и постоянным магнитом. Этот зазор также просматривают на свет и дополнительно проверяют мегомметром 500 В. Зазор не должен пробиваться в отпавшем и сработанном положении реле, а также при его ходе. Подвижную систему реле удобно переводить в сработанное состояние, нажимая на подвижный контакт наконечником провода от мегомметра. Другой провод от мегомметра соединяют с корпусом реле. Если при проверке пробивается зазор между хвостовиком и полюсной надставкой, то в него следует вставить полоску кальки.

Электрические характеристики поляризованного реле проверяют в полной схеме. Должны быть проверены ток срабатывания реле, коэффициент возврата, четкость переключения из одного состояния в другое и работа контактов на действительную нагрузку. При всех проверках переменный ток должен пропускаться через первичные обмотки трансформатора тока *ИТТ*, т. е. его следует подавать на вход панели. Ток может быть подан на любые фазы, например на *A—0*. В расщелку перемычки *5Н* ком-

плекта ДЗ-2 следует включить миллиамперметр постоянного тока со шкалой 3—5 мА. Из схемы (рис 11) видно, что миллиамперметр в расщепке перемычки 5Н измеряет не только ток, проходящий по обмотке поляризованного реле, но и обратный ток стабилитронов 4СТ—5СТ. Однако напряжение на обмотке поляризованного реле при его срабатывании должно быть всего около 1,7 В ($2,4 \text{ мА} \times 730 \text{ Ом}$). Следовательно, стабилитроны должны быть закрыты, а их обратный ток при этом достаточно мал. Измеряемый ток практически равен току по обмотке поляризованного реле.

Ток срабатывания реле должен быть 2,4—2,6 мА, коэффициент возврата по постоянному току — не ниже 0,4. Реле должно четко переключаться из одного состояния в другое, не зависая в промежуточном положении. При необходимости производят подрегулировку реле (левым контактным винтом — ток срабатывания, правым — ток возврата). После регулировки обязательно проверяют зазор между контактами и зазоры между хвостовиком якоря и полюсными надставками. Если не удастся обеспечить требования, предъявляемые к регулировке реле, то следует провести полную перерегулировку реле в соответствии с [Л. 9].

Необходимо иметь в виду, что при проверке электрических характеристик поляризованного реле в полной схеме причиной его неудовлетворительной работы могут быть неисправности в схеме токового органа. Так, например, вибрация поляризованного реле может быть вызвана неисправностью выпрямительного моста 4ВМ, повышенный ток срабатывания (измеряемый в перемычке 5Н) — неисправностью или неправильным включением стабилитронов 4СТ—5СТ. Поэтому прежде, чем перерегулировать поляризованное реле, полезно либо убедиться в исправности схемы токового органа (например, установив заведомо исправное поляризованное реле), либо проверить поляризованное реле постоянным током от постороннего источника. Проверку электрических характеристик поляризованного реле можно сразу начинать с проверки от постороннего источника постоянного тока. В этом случае при последующей проверке в полной схеме будет твердая уверенность в исправности поляризованного реле. Тогда все ненормальности в работе реле могут быть вызваны только неисправностями в схеме токового органа.

При измерении тока срабатывания поляризованного реле в полной схеме первичный ток (ток по первичной обмотке трансформатора тока ITT) не обязательно должен соответствовать нормальному. На него влияет сопротивление миллиамперметра, включенного в рассечку $5H$. Кроме того, могут быть какие-либо неполадки в схеме токового органа.

Для проверки исправности промежуточного трансформатора тока и других элементов схемы измеряют ток срабатывания токового органа при питании фаза — нуль. Ток срабатывания должен быть при питании фаз $A-0$ ($101-107$ на рис. ПЗ) и $B-0$ ($103-107$) $0,75-0,85$ А; при питании фазы $C-0$ ($105-107$) $0,38-0,43$ А. Если ток срабатывания отличается от приведенных величин, необходимо проверить правильность включения и исправность стабилитронов, исправность диодов выпрямительного моста, резистора $28R$, самого промежуточного трансформатора тока (рис. 11). Исправность последнего проверяют по величине э. д. с. вторичной обмотки. При первичном токе 10 А по обмотке с меньшим числом витков ($A-0$, $B-0$) эта э. д. с., измеренная вольтметром с сопротивлением на используемом пределе порядка 500 кОм (например, Ц-435 на пределе 25 В), должна быть около 20 В.

Чтобы отделить промежуточный трансформатор тока от нагрузки, нужно вынуть блок с диодами выпрямительного моста $4BM$.

Для проверки правильности включения первичных обмоток промежуточного трансформатора тока в схему панели измеряют ток срабатывания токового органа при питании фаза — фаза. Ток срабатывания должен быть при питании фаз AB $0,38-0,45$ А; фаз BC $0,75-0,85$ А; фаз CA $0,25-0,3$ А.

Проверка исправности стабилитронов заключается в измерении напряжения на обмотке поляризованного реле при токе по фазам AC $8-10$ А. Напряжение должно быть примерно $10-12$ В. Для измерения применяют вольтметр постоянного тока с сопротивлением на используемом пределе не менее 10 кОм (например, Ц-4312 на пределе 30 В, Ц-4317 на любом пределе). Проверять стабилитроны нужно именно при токе $8-10$ А, так как при его увеличении на входе панели напряжение на обмотке поляризованного реле уменьшается из-за нелинейности характеристики диодов выпрямительного моста.

Производится измерение времени срабатывания токового органа. Как указывалось выше, это время должно быть не менее 10 мс. Поэтому его измеряют, когда напряжение на обмотке поляризованного реле имеет наибольшее значение, т. е. при токе 8—10 А при питании по фазам СА. Время срабатывания лучше всего измерять электронным миллисекундомером. При этом цепь первичного тока следует завести через пусковой ключ миллисекундомера. Если проверка ведется с помощью устройства УПЗ-2, то можно использовать электрический секундомер, встроенный в это устройство. При этом следует сделать 10 измерений без сброса секундомера. Секундомер должен показать не менее 0,1 с.

19. ПРОВЕРКА И НАСТРОЙКА БЛОКИРОВКИ ПРИ КАЧАНИЯХ

Устройства блокировки при качаниях КРБ-126 и КРБ-125 являются самостоятельными устройствами. Они широко использовались на панелях дистанционной защиты ПЗ-159, на панелях резервных защит ЭПЗ-624 и в других схемах. Проверка и наладка этих устройств достаточно подробно описаны в [Л. 7]. Поэтому ниже дается только объем проверки.

Налаживают поляризованное реле так же, как для трехфазного токового органа (см. § 18). Ток срабатывания реле настраивают 2,4—2,6 мА.

Проверяют настройку фильтра напряжения обратной последовательности (или фильтра тока обратной последовательности). Разброс токов при различном междуфазном питании не более 3,5%, при питании фаза—нуль 5%.

Настраивают рабочую уставку по напряжению (току) обратной последовательности так, чтобы отклонение от уставки было не более 5%.

Проверяют торможение, если его использование предусмотрено заданными уставками. Отклонение действительного коэффициента торможения от расчетного не более 10%.

Проверяют пуск по току нулевой последовательности, если его использование предусмотрено заданными уставками. Допустимое отклонение от выставленной уставки не более 15%.

Проверяют максимальное напряжение на выпрямительных мостах и отсутствие вибрации поляризованного реле.

Проверку балансировки трансформатора проводят имитацией двухфазного к. з. с землей на входе панели по рис. 15.

Регулируя величину напряжений U_1 и U_2 , добиваются минимального значения тока в поляризованном реле. При минимальном токе в реле отношение напряжений U_1 и U_2 должно равняться $\sqrt{3}$ с точностью до 3%. При необходимости подстройку схемы осуществляют резистором $26R$. В схеме на рис. 15 сопротивление реостата R должно быть 150—200 Ом, общее подводимое к схеме напряжение 100—150 В.

21. ИСПЫТАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ПОВЫШЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Как и измерение сопротивления изоляции, испытание повышенным напряжением проводят в два приема, сначала со снятыми магнитоэлектрическими реле, поляризованными реле и блоками с полупроводниковыми диодами, а затем с установленными. Перед проверкой устанавливают все переключки, как перед проверкой сопротивления изоляции (см. § 13). Целесообразно проверить сопротивление изоляции цепей переменного тока, переменного напряжения, постоянного тока и сигнализации на землю и между собой мегомметром 1000 В (2500 В). Затем эти цепи объединяют между собой и подсоединяют к испытательной установке. Испытание изоляции переменным напряжением 1000 В в течение 1 мин проводят в полном соответствии с [Л. 5] и с соблюдением правил техники безопасности.

22. НАСТРОЙКА ВРЕМЕННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОВЕДЕНИЕ ИМИТАЦИЙ

Настройка временной характеристики и проведение имитаций производят практически так же, как для любых других дистанционных защит. Проведение этих работ достаточно широко освещено в [Л. 5—8, 12]. Ниже приводится перечень выполняемых работ с краткими пояснениями.

Время срабатывания настраивают для к. з. на фазах АВ при следующих значениях сопротивлений на замыках реле (на входе панели):

для I зоны — 0,5 сопротивления уставки I зоны;

для II зоны — 1,1 сопротивления уставки I зоны;

для III зоны — 1,1 сопротивления уставки II зоны.

Проверяют работу защиты на границах срабатывания зон. В связи с большей четкостью работы дистанционных органов по сравнению с индукционными к защите подводят такие токи и напряжения, при которых сопротивления на зажимах реле отличаются от уставок на 5%, а не на 10%, как для индукционных реле (табл. 2).

Таблица 2

Сопротивление на входе панели	Поведение защиты
$0; 0,95 Z_I$ $1,05 Z_I; 0,95 Z_{II}$ $1,05 Z_{II}; 0,95 Z_{III}$ $1,05 Z_{III}$	Работает с временем I зоны Работает с временем II зоны Работает с временем III зоны Не работает, блокировка при качаниях пускается

Здесь Z_I, Z_{II}, Z_{III} — уставки I, II и III зон соответственно.

Время срабатывания измеряют на том промежуточном реле, контакты которого действуют на отключение выключателя. Проверяют поведение защиты при длительности к. з., меньшей времени срабатывания защиты (II и III зон). Выходное реле не должно подтягиваться, защита должна возвращаться в исходное положение.

Производят имитацию двухфазных и трехфазных к. з. на шинах подстанции и в начале защищаемой линии. Имитации выполняют для окончательной проверки правильности сборки цепей защиты. Поэтому переключки на комплектах и на ряде зажимов панели ставят в рабочее положение. Для проведения испытаний, как правило, следует использовать проверочные установки (или схемы), позволяющие иметь трехфазную систему напряжений с нулевой точкой и выполнять полноценные имитации двухфазных и трехфазных к. з. Двухфазные к. з. выполняют для всех сочетаний замкнувшихся фаз, при имитации трехфазных к. з. ток подают поочередно в каждое из возможных сочетаний фаз (AB, BC, CA). Если используются однофазные испытательные схемы, то при двухфазных к. з. на реле подают ток (в поврежденные фазы) и напряжение подпитки (напряжение неповрежденной фазы). При трехфазных к. з. подают ток в две фазы и одновременно напряжение подпитки сбрасывают до 0 закорачиванием на входе панели. Ниже даются

указания по величинам токов, напряжений и угла между ними при проведении имитаций.

Проверку работы реле при близких двухфазных к. з. производят отдельно для к. з. в начале защищаемой линии (а) и для к. з. на шинах подстанции (б).

На реле подают:

а) ток, равный максимальному току двухфазного к. з. в начале линии, и напряжение подпитки, примерно равное $0,9 U_n$ фазного (50—55 В); угол между напряжением подпитки и током устанавливают $90^\circ + \varphi_{настр}$, где $\varphi_{настр}$ — угол между напряжением и током, при котором производилась настройка уставок. Выходное реле защиты должно срабатывать;

б) ток ступенями через 5—10 А в диапазоне от нуля до максимального значения тока к. з. при повреждении на шинах подстанции и напряжение подпитки 50—55 В; в этом случае угол между напряжением подпитки и током устанавливают $270^\circ + \varphi_{настр}$. Выходное реле комплекта ДЗ-2 не должно срабатывать по цепи I или II зоны. Если использовано смещение в III квадрант дистанционных органов комплекта КРС-1, то защита должна срабатывать по цепи III зоны.

Проверку работы при близких трехфазных к. з. производят отдельно для к. з. в начале линии и для к. з. на шинах подстанции.

При трехфазных к. з. в начале защищаемой линии защита работает «по памяти», т. е. контакты дистанционных органов замыкаются кратковременно. Поэтому при имитациях убеждаются, что выходное реле защиты срабатывает достаточно надежно при наибольшем токе к. з. Если удерживающие обмотки выходного реле используются в схеме, то при имитации их задействуют. Если удерживающие обмотки выходного реле не используются, то при имитации измеряют время замкнутого состояния контактов выходного реле в цепи отключения (при наибольшем токе к. з.) и оценивают надежность отключения с учетом конкретного исполнения схемы управления. При имитации к. з. на линии угол между предшествующим напряжением подпитки и током устанавливают $90^\circ + \varphi_{настр}$, при имитации к. з. на шинах $270^\circ + \varphi_{настр}$, в этом случае реле не должно срабатывать в диапазоне токов от 0 до максимального значения тока к. з. при повреждении на шинах. В случае использования однофазных испытательных схем на реле подают $U_{подп} = (50 \div 58) В$,

которое сбрасывают до нуля закорачиванием на входе панели при одновременной подаче тока. При имитации к. з. на линии защита должна срабатывать, при имитации к. з. на шинах выходное реле комплекта ДЗ-2 не должно срабатывать по цепи I или II зоны. Если использовано смещение в III квадрант дистанционных органов комплекта КРС-1, то защита должна срабатывать по цепи III зоны. В том случае, если при проведении имитаций не получаются перечисленные выше результаты, проверяют настройку контура подпитки.

Производят проверку поведения защиты при сбросе напряжения со 100 В до 0 закорачиванием на входе панели при разомкнутых цепях тока. Защита не должна срабатывать; должна работать сигнализация неисправности цепей напряжения.

Производят проверку поведения защиты при подаче и снятии напряжения 100 В. При снятии напряжения цепи напряжения оставляют разомкнутыми. Цепи тока разомкнуты.

Производят проверку действия защиты на отключение, проверку сигнализации, пуска УРОВ и других внешних цепей.

23. ПРОВЕРКА ЗАЩИТЫ ТОКОМ И НАПРЯЖЕНИЕМ ЛИНИИ

Проверку защиты током и напряжением линии (проверка под нагрузкой) производят, чтобы убедиться в правильности сборки схем трансформаторов тока и напряжения и правильности подключения цепей тока и напряжения к панели. При проверке под нагрузкой защита должна быть в положении «на сигнал», линия должна защищаться другими защитами. Могут быть использованы защиты шинносоединительного или секционного выключателей, через которые заведена линия, временные защиты на подставном щитке и т. п. В целом проверку панели ПЗ-2 под нагрузкой проводят так же, как и других дистанционных защит. Ниже приведен перечень выполняемых работ, а подробно рассматривается только проверка правильности включения дистанционных органов комплекта ДЗ-2. Более подробные указания о выполнении остальных пунктов даны в [Л. 5, 7].

При проверке под нагрузкой выполняют:

1) проверку исправности и правильности подключения к панели цепей напряжения измерением всех напряжений

(фазных и линейных) и фазировкой с другими панелями или кроссами цепей напряжения;

2) проверку исправности и правильности подключения к панели токовых цепей снятием векторной диаграммы и сопоставлением ее с действительным направлением первичной мощности по линии;

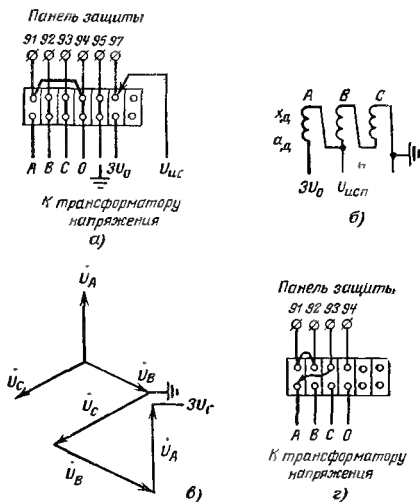


Рис 16 Схемы к проверке блокировки при неисправностях в цепях напряжения под нагрузкой

а — переключения на ряде зажимов б — схема разомкнутого треугольника, в — потенциальная диаграмма, г — панель

3) проверку правильности подключения фильтра напряжения для ПЗ-2/1 с КРБ-125 (или токов для ПЗ-2/2) обратной последовательности блокировки при качаниях измерением тока в обмотке поляризованного реле блокировки при подаче на вход панели системы токов (напряжений) прямой и обратной последовательности;

4) проверку правильности подключения устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения измерением тока в обмотке поляризованного реле блокировки в нормальном режиме и при имитации однофазного к. з. в первичной сети (рис. 16);

5) проверку правильности включения дистанционных органов для одного из дистанционных реле комплекта ДЗ-2. Здесь рассматривается проверка реле *IPC*, включенного на разность токов фаз *A* и *B* и напряжение U_{AB} . Для других реле комплекта ДЗ-2 и для реле комплекта КРС-1 такую проверку можно не делать, так как все ошибки в монтаже в пределах панели должны быть выявлены при наладке от постороннего источника. Перемычка *3H* (в цепи обмотки магнитоэлектрического реле) проверяемого дистанционного реле должна быть установлена, у других реле снята. На контакты магнитоэлектрических реле подают плюс, как при их наладке. Реле переключения зон нужно заклинить в отпавшем положении, чтобы при срабатывании магнитоэлектрического реле срабатывало реле *ЗРП*. Рабочее напряжение с проверяемого дистанционного реле снимают, реле переводят в режим органа направления. На цепи подпитки поочередно подают все три фазные напряжения. Все эти операции производят на ряде зажимов панели (рис. 16, 2). Поведение проверяемого дистанционного реле контролируется по срабатыванию реле *ЗРП*. Кроме того, можно измерять ток по обмотке магнитоэлектрического реле. Микроамперметр нужно включить в рассечку перемычки *3H*, если плюс прибора подключить к точке *a* этой перемычки, то положительное отклонение прибора соответствует току на срабатывание.

Анализ поведения реле производят в полном соответствии с указаниями [Л. 10]. Сравнивают векторные диаграммы, получающиеся при подведении к цепям подпитки разных напряжений, с векторной диаграммой предполагаемого двухфазного к. з. на защищаемой линии. Исходя из того, что при к. з. на линии реле должно замыкать контакт, определяют зоны срабатывания и несрабатывания. Защита включена правильно, если поведение реле соответствует предполагаемому. Примеры векторных диаграмм приведены на рис. 17. При анализе следует иметь в виду, что угол максимальной чувствительности реле в режиме реле направления (относительно напряжения подпитки) на 90° больше, чем у реле со-

противления, т. е. составляет 155 или 170°. Зона работы реле в таком режиме составляет около 180°, а при очень маленьких токах (меньше 0,5 А) должна быть уточнена отдельной проверкой

Изменение направления мощности, подводимой к реле, наиболее просто достигается подключением к цепям подпитки разных фазных напряжений, как это рекомендуется выше. Однако вполне допустимо подводить к реле разные сочетания токов (I_{AB} , I_{BC} , I_{AC}) при одном и том же напряжении подпитки. Если проверяют реле $1PC$,

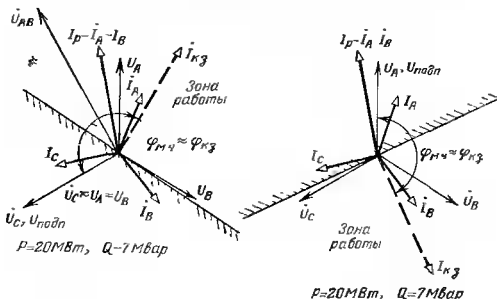


Рис 17 Векторные диаграммы при проверке под нагрузкой реле $1PC$

включенное на фазы AB , то к цепям подпитки подключают U_{CB} . Указанные сочетания токов получают циклической перестановкой токовых цепей на ряде зажимов панели. После окончания проверки восстанавливают цепи напряжения и измеряют ток в обмотках магнитоэлектрических реле всех дистанционных органов комплектов ДЗ-2 и КРС-1. Ток во всех реле должен быть направлен в сторону торможения. Замыкают перемычки $3H$ ($a-b$) всех дистанционных органов, снимают временную перемычку, которой подавался плюс на контакты магнитоэлектрических реле. Перед тем, как сделать запись об исправности защиты, целесообразно проверить еще раз положение перемычек на лицевой и задней сторонах комплектов и на рядах зажимов панели; убедиться в отсутствии лишних временных перемычек. На этом проверка защиты заканчивается.

24. ПРОВЕРКА ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В этом параграфе описываются более подробные проверки отдельных элементов, которые выполняют, если дистанционный орган в целом не отвечает предъявляемым требованиям. Если позволяет время, то эти проверки делают и при первой наладке. Полученные результаты служат исходными данными в тех случаях, когда в процессе эксплуатации возникнут какие-либо неисправности.

Проверка трансреактора *ITP* (комплекта ДЗ-2 либо КРС-1) заключается в измерении э. д. с. вторичных обмоток при пропускании тока по первичным обмоткам. Первичные обмотки соединяются при этом последовательно согласно. Именно так они оказываются включенными в схеме панели, если подавать питание фаза — фаза (*AB*, *BC*, *CA*). Измеряют э. д. с. при снятых *1H*, *2H* достаточно высокоомным вольтметром не менее 10 кОм/В (например, Ц-4317) на выводах резисторов *1R*, *3R* или *2R*, *4R* (рис. 3,б). По первичным обмоткам пропускается ток 5 А. Величины измеренных напряжений, при которых трансреактор с подключенными *1R* и *3R* следует признать исправным, приведены ниже

Уставка на трансреакторе	1	0,5	0,25
Нормальная величина напряжения, В	9,4—10,6	4,5—5,15	2,2—2,55

При подключенных резисторах *2R* и *4R* нормальное напряжение несколько выше и составляет 11,3—12,7 В при уставке 1 на трансреакторе, а без шунтирующих резисторов 11,5—13,5 В. Кроме этого, необходимо, чтобы разница напряжений на рабочей и тормозной обмотках не превышала 0,4 В (при уставке 1).

Отклонение измеренного напряжения от указанных величин может быть вызвано не только неисправностью трансреактора, но и неисправностью шунтирующего резистора или его несоответствием номинальной величине. Поэтому прежде, чем пытаться изменить величину воздушного зазора *ITP*, измеряют э. д. с. трансреактора при отключенных шунтирующих резисторах. Изменение величины э. д. с. трансреактора можно достичь регулировкой воздушного зазора на крайних стержнях. Для ее увеличения уменьшают зазор в том стержне, на котором надета катушка, для уменьшения увеличивают зазор. Нормальная величина зазора 2,3 мм.

При проверке трансформатора напряжения *1ТН* комплектов ДЗ-2 или КРС-1 измеряют величину напряжения на вторичных обмотках трансформатора и ток холостого хода. Кроме того проверяют соответствие номинальным данным резисторов *9R—16R* (для КРС-1—*10R—14R*). При измерении напряжения на вторичной обмотке отключают нагрузку (снимают перемычку *1Н*), уставку угла максимальной чувствительности ставят на 65° , на первичную обмотку подают напряжение 100 В. Напряжение удобно подавать непосредственно на вход панели. Измеряют вторичное напряжение на переключателе уставок между соответствующими выводами. При этом можно использовать вольтметр с внутренним сопротивлением 2 кОм/В и более. Нормальные величины напряжений приведены ниже

Вольтметр подклю-							
чается к выводам . . .	0—20	0—40	0—60	0—80	0—5	0—10	0—15
Нормальная величина							
напряжения, В . . .	39—42	78—84	117—126	156—168	9,7—10,5	19,5—21	29,2—31,5

Кроме того, измеряют напряжение между отпайками первичной обмотки, выведенными на переключатель угла максимальной чувствительности. Напряжение должно быть 17—23 В.

Напряжение на всем резисторе плавной регулировки составляет 12,5—13,7 В.

Ток холостого хода измеряют также при подаче на первичную обмотку напряжения 100 В. Измерение удобно производить на плате переключения угла максимальной чувствительности в расщелке провода, переключаемого на разные отпайки при изменении угла максимальной чувствительности. Ток холостого хода должен быть не более 30 мА при $\varphi_{мч} = 65^\circ$ и не более 60 мА при 80° .

Сопротивления резисторов измеряют обычным омметром. Все эти резисторы кроме потенциометров плавной регулировки расположены на *1ТН*. Для измерения блок дистанционного органа вынимают из комплекта и снимают переключающие перемычки грубой регулировки (0—20—40—60—80) переключателя уставок (рис. 4). При измерении сопротивления потенциометра плавной регулировки отпаивают один из его концов.

Проверка настройки контура подпитки дистанционного органа комплекта ДЗ-2 выполняется разными способами. Для предварительной оценки исправности элементов контура измеряют напряжения на первичной и

вторичных обмотках трансреактора подпитки $2TR$ и на конденсаторе $3C$ при подаче на вход реле напряжения 60 В. Блок дистанционного органа вынимают из комплекта. Напряжение 60 В можно подавать либо на точки $4в-5в$ разъема $2P$, что соответствует точкам 62, 64 на рис. 3,б; либо на вход панели ($A-0$, $B-0$, $C-0$).

В последнем случае вынутый дистанционный орган подключается к комплекту удлинителем. Напряжения измеряют с осторожностью непосредственно на элементах. Напряжения на конденсаторе и на первичной обмотке $2TR$ должны быть равны между собой, величина напряжения около 300 В. Напряжения на вторичных обмотках $2TR$ должны быть примерно по 6 В. Для измерения можно использовать вольтметр с внутренним сопротивлением не менее 5000 Ом/В. Более точно настройку контура контролируют измерением угла между напряжением на входе дистанционного органа (60 В) и напряжением на вторичных обмотках трансреактора $2TR$. Этот угол при правильной настройке составляет $90 \pm 5^\circ$. Измеряют угол прибором ВАФ-85. Можно проверять угол между напряжением на входе (60 В) и током в контуре $2TR-3C$. Для этого питание подают непосредственно на разъем $2P$ (точки $4в-5в$), что соответствует точкам 62, 64 рис. 3,б. Последовательно в цепь питания включают резистор 200—300 Ом, падение напряжения на котором по фазе совпадает с током в контуре. Угол между напряжением на входе и падением напряжения на добавочном резисторе должен быть не более 5° . Контур настраивается в резонанс на частоте 50 Гц изменением индуктивности первичной обмотки $2TR$, т. е. изменением воздушного зазора.

Проверка и настройка фильтров, имеющих в схеме защиты (в том числе фильтров 100 и 250 Гц в комплекте блокировки при качаниях), производится с помощью генератора звуковой частоты. Он должен обеспечивать достаточную мощность и синусоидальность напряжения на выходе. Можно применить генератор типа ЗГ-10. Правильность настройки проверяют подачей напряжения от звукового генератора на выделенный из схемы фильтр. Резонансная частота проверяемого контура определяется по максимуму тока для фильтра-шунта и по минимуму тока для фильтра-пробки (при постоянном напряжении на выходе генератора). Ток измеряют выносным миллиамперметром.

Чтобы выделить фильтр-пробку 100 Гц дистанционных органов, снимают блок с диодами и размыкают переключатель *3Н*. Питание можно подавать непосредственно на конденсатор *1С*. Сопротивление фильтра на резонансной частоте составляет 100—150 кОм, подаваемое напряжение может быть порядка 50 В.

Чтобы выделить фильтр шунт 100 Гц дистанционного органа комплекта КРС-1, размыкают переключатель *3Н* и вынимают магнитоэлектрическое реле. Питание можно подавать на точки *б* и *в* переключателя *3Н*. Сопротивление фильтра на резонансной частоте составляет 120—150 Ом, подаваемое напряжение может быть 1—2 В.

Фильтр-шунт на 250 Гц устройства КРБ-126 (*1ДР—4С*) выделяется отключением переключателя *1Н*. Питание подается на точку *в* переключателя *1Н* и конденсатор *4С*. Сопротивление фильтра на резонансной частоте 100—120 Ом; подаваемое напряжение должно быть примерно 10 В.

Фильтр-шунт на 100 Гц устройства КРБ-126 (*2ДР—6С*) выделяется отключением переключателя *3Н*. Питание подается в точку *а* переключателя *3Н* и *б* переключателя *4Н*. Сопротивление фильтра на резонансной частоте 70—80 Ом, напряжение питания примерно 10 В.

Фильтр-пробка на 250 Гц устройства КРБ-125 (*ДР—4С*) выделяется снятием переключателя устройств по напряжению обратной последовательности. Питание подается на зажимы *29—31* комплекта КРБ-125, напряжение питания примерно 10 В.

Для всех фильтров резонансную частоту подстраивают в случае отклонения от номинальной более чем на 5%. Подстройку ведут изменением воздушного зазора дросселя или подбором емкости конденсатора фильтра.

Проверку диодов, используемых в схеме, производят от постороннего источника. Все диоды размещены на съемных блоках. Схемы этих блоков выполнены таким образом, что проверку каждого из диодов при снятом блоке можно вести без каких-либо распаек. Для облегчения работы на рис. П2 даны принципиальные схемы всех съемных блоков (комплектов ДЗ-2, КРС-1, КРБ-125 и КРБ-126). По этим схемам легко определить, на какие точки разъемов следует подавать питание для проверки любого из диодов. Проверяют работу диодов в прямом и обратном направлении. При проверке в прямом направлении (рис. 18,а) измеряют падение напряжения на дио-

де при токе проверки в прямом направлении $I_{пр}$. При проверке в обратном направлении (рис. 18, б) измеряют ток через диод при приложенном обратном напряжении $U_{обр}$. Величины проверочных токов и напряжений, нормальные величины прямого падения напряжения и обратного тока для разных типов диодов даны в табл. 3.

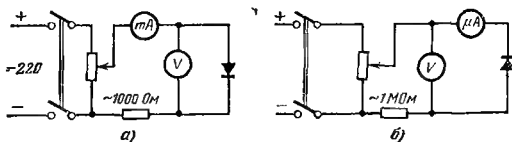


Рис 18 Схема для проверки диодов
а — в прямом направлении, б — в обратном направлении

В качестве источника питания наиболее удобно применить регулируемый источник постоянного напряжения проверочного устройства УПЗ-2. При этом подключается наибольшая емкость сглаживающих конденсаторов. Можно использовать потенциометр, подключив его к ак-

Таблица 3

Тип диода	Проверка в прямом направлении		Проверка в обратном направлении	
	$I_{пр}$, мА	ΔU , В, не более	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, мкА, не более
Д226	100	1	220	20
Д211	100	1	220	35
Д14	20	1	50	150
Д102	2	2	50	10

кумуляторной батарее; сопротивление потенциометра составляет 200—400 Ом. При проверке диодов в прямом направлении сопротивление вольтметра должно быть не менее 1 кОм/В; при проверке в обратном направлении можно применять микроамперметры с внутренним сопротивлением до 3 кОм.

Производят проверку магнитоэлектрических реле. На снятых с панели реле проверяют изоляцию между обмоткой (выводы 1—2 реле по маркировке на самом магнитоэлектрическом реле) и кон-

тактами (выводы 3—4—5 реле) подачей постоянного напряжения 200 В от постороннего источника или от мегомметра 500 В через делитель. Делитель собирают из резисторов мощностью 0,25 Вт с сопротивлениями 3 и 2 МОм (всего 5 МОм). Напряжение на реле подают с резистора 2 МОм. Тогда при напряжении мегомметра 500 В на реле будет подаваться 200 В.

Один провод от источника напряжения подключают к выводу обмотки 1, второй — к соединенным между собой выводам контактов 3—4—5. Если напряжение подают от постороннего источника, то в рассечку одного из проводов включают микроамперметр на 50—100 мкА и дополнительный резистор 2—4 МОм. В этом случае сопротивление изоляции оценивают по току утечки, измеряемому микроамперметром. Этот ток должен быть не более 40 мкА. Если напряжение подают от мегомметра 500 В, то показания после подключения проверяемого реле должны быть не менее 3 МОм.

Затем проверяют изоляцию между подвижным и неподвижным контактами. Поскольку в неработавшем состоянии реле его размыкающий (неиспользуемый) контакт замкнут, то такое его состояние нужно обеспечить и при проверке. Для этого по реле пропускают в тормозном направлении ток не менее 75 мкА. Проверку производят мегомметром 500 В. Удобно проводить эту проверку, вставив реле в комплект ДЗ-2 при снятом постоянном токе. Тогда для создания тормозного тока по обмотке реле достаточно подать напряжение на вход панели. Если реле установлено в дистанционный орган ПРС комплекта ДЗ-2, то нужно подать напряжение на фазы АВ панели. Можно также подавать трехфазное напряжение. Ток в обмотке реле измеряют микроамперметром, включенным в рассечку перемычки ЗН (точки а—б). Если плюс прибора подключается к точке а, то положительное отклонение прибора соответствует току в реле в рабочем направлении.

Чтобы напряжение от мегомметра не попало на конденсатор и диод искрогасительного контура, нужно снять съемный блок с диодами 3 комплекта ДЗ-2, на котором расположены резистор 19R и диод 9Д искрогасительного контура (рис П2). Чтобы элементы схемы постоянного тока не шунтировали контакт, вынимают из разъема реле ЗРП. Напряжение от мегомметра нужно подавать непосредственно на выводы контактов реле, на его разъеме. Промежуток между контактами не должен пробиваться. Магнитоэлектрические реле из комплекта КРС I нужно проверять, устанавливая их в комплект ДЗ-2. После окончания проверки устанавливают на место съемный блок с диодами и реле ЗРП.

В заключение проверяют работоспособность реле. На вход панели подают переменное напряжение такой величины, чтобы в реле был тормозной ток 70—80 мкА. Не отключая этого напряжения, подают ток на вход панели такой величины, чтобы в реле протекал ток 12—15 мкА в рабочем направлении. Если при включении тока на входе панели тормозной ток в реле увеличивается, то нужно изменить угол между током и напряжением примерно на 180°. Таким образом, при отключенном токе (на входе панели) контакт реле должен быть разомкнутым, при включении тока реле должно сработать. Проверку производят при подаваемом постоянном токе, поведение реле контролируется по неоновой лампе.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЗАЩИТЫ ПЗ-2

1. Панели изготавливаются на следующие номинальные величины:
 - а) постоянный ток 110 или 220 В;
 - б) переменный ток 5 или 1 А, 100 В, 50 Гц;
 - в) номинальный ток удерживающих обмоток выходного реле: 1, 2, 4 или 8 А.
2. Потребляемая мощность при номинальных значениях тока и напряжения не превышает величин, указанных в табл. П1.

Таблица П1

Электрические цепи	Потребление	
	ПЗ-2/1	ПЗ 2/2
Цепи переменного тока: при отключенном трансформаторе трехфазного токового органа и токе 5 А, не более . . . при включенном трансформаторе трехфазного токового органа и токе 5 А, не более	6 В·А на фазу	10 В·А на фазу
	8 В·А на фазу	12 В·А на фазу
Цепи напряжения переменного тока	55 В·А на фазу	45 В·А на фазу
Цепи напряжения постоянного тока: в нормальном режиме при срабатывании		40 Вт 130 Вт

3. Реле и аппараты панели защиты, в нормальном режиме обтекаемые током, выдерживают длительно 110% номинальных величин переменного и постоянного тока.

4. Диапазоны регулировки уставок на сопротивление срабатывания защит по ступеням приведены в табл. П2.

5. Пусковые и дистанционные органы защиты имеют угол максимальной чувствительности $65 \pm 5^\circ$, имеется возможность переключения уставки на угол максимальной чувствительности $80 \pm 5^\circ$.

6. При симметричных трехфазных, а также двухфазных (между любыми фазами) к. з. в I ступени обеспечивается десятипроцентная точность работы панели защиты в диапазонах изменения фазных токов к. з., указанных в табл. П3.

Таблица П2

Степень	Величина уставки, Ом/фазу, при исполнении на номинальный ток	
	5 А	1 А
I и II	0,25—5 0,5—10 1—20	1,25—25 2,5—50 5—100
III	1—20	5—100

7. Защита надежно действует при симметричных трехфазных к. з. на защищаемой линии вблизи шин, на которых установлена защита, при условии, что токи к. з. превышают гарантируемые токи точной работы измерительных органов не менее чем в 2 раза.

8. Время действия панели защиты при к. з. в пределах 0,7 длины зоны с током к. з., в 2 раза и более превышающем гарантируемый ток точной работы, при работе защиты через 3—4РП не более 85 мс, при работе защиты через РПЗ без демпфирующей обмотки не более 125 мс и при работе защиты через РПЗ с демпфирующей обмоткой не более 150 мс (рис. П1).

Таблица П3

Номинальная уставка, Ом/фазу	Ток точной работы защиты, А	
	не более	не менее
0,25 (1,25)	6,4 (1,3)	150 (30)
0,5 (2,5)	3,2 (0,64)	100 (20)
1 (5)	1,6 (0,32)	50 (10)

Примечание В скобках приведены значения токов и уставок на сопротивление срабатывания для панелей с номинальным током 1А

9. Органы выдержки времени панелей обеспечивают следующие диапазоны регулирования для II степени 0,25—3,5 с; для III степени 0,5—9 с

10. Сопротивление изоляции всех электрически независимых цепей панели защиты относительно корпуса и между собой в обесточенном состоянии при температуре окружающей среды 20 °С и относительной влажности до 80% не менее 5 мОм.

11. Электрическая изоляция всех независимых цепей панели защиты относительно корпуса и между собой выдерживает без пробоя или перекрытия испытательное напряжение 1500 В, 50 Гц в течение 1 мин.

Проверка по пп. 10, 11 производится при вынутых магнитоэлектрических и поляризованных реле.

12. Угловая характеристика срабатывания реле сопротивления комплекта ДЗ-2 представляет собой окружность, проходящую через начало координат комплексной плоскости сопротивлений.

13 Угловая характеристика срабатывания реле сопротивления комплекта типа КРС-1 представляет собой окружность, проходящую примерно через начало координат комплексной плоскости сопротивлений. Для обеспечения селективности работы реле сопротивления во всем диапазоне рабочих токов и температур желательно смещение окружности в I квадрант на 0,5—2,5% от уставки на сопротивление срабатывания.

Имеется возможность получения эллиптической характеристики срабатывания с соотношением осей $0,5 \pm 0,05$, $0,65 \pm 0,065$; $0,8 \pm 0,08$, смещение характеристик срабатывания в III квадрант на 6—12% величины уставки на сопротивление срабатывания.

14 Чувствительность пускового реле по напряжению обратной последовательности блокировки типа КРБ-125 ($U_{2уст}$) изменяется ступенчато и равна 2, 3, 4, 6 и 8 В фазного напряжения с отклонением не более $\pm 10\%$.

Здесь и в дальнейшем, если нет специальных оговорок, все указываемые величины действительны для нормальной окружающей температуры 20 °С и частоты 50 Гц.

15 Чувствительность пускового реле блокировки типа КРБ-125 по утроенному току нулевой последовательности изменяется ступенчато и равна

а) 1; 1,5 и 2 А с отклонением не более $\pm 15\%$ для исполнения на номинальный ток 5 А;

б) 0,2; 0,3 и 0,4 А с отклонением не более $\pm 15\%$ для исполнения на номинальный ток 1 А.

16 Чувствительность пускового реле блокировки типа КРБ-126 по току обратной последовательности (при отсутствии торможения) изменяется ступенчато и равна

а) 0,5; 0,75; 1 и 1,5 А с отклонением не более $\pm 12\%$ для исполнения на номинальный ток 5 А;

б) 0,1; 0,15; 0,2 и 0,3 А с отклонением не более $\pm 12\%$ для исполнения на номинальный ток 1 А.

17 Чувствительность пускового реле блокировки типа КРБ-126 по утроенному току нулевой последовательности при отсутствии торможения изменяется ступенчато и равна

а) 1,5; 3 и 6 А с отклонением не более $\pm 15\%$ для исполнения на номинальный ток 5 А;

б) 0,3; 0,6 и 1,2 А с отклонением не более $\pm 15\%$ для исполнения на номинальный ток 1 А.

18 Коэффициент торможения k_2 пускового реле блокировки типа КРБ-126 (выраженный в процентах) при минимальной номинальной уставке по току обратной последовательности может быть выбран равным 4; 7 или 11 (с отклонением не более $\pm 10\%$).

Технические данные элементов комплекта ДЗ-2

Обозначение по схеме	Наименование и тип элементов	Технические данные		Примечание
		Исполнение на 110 В	Исполнение на 220 В	
Дистанционное реле сопротивления (рис. 3, б)				
1R, 3R 2R, 4R	Резистор ПТМН	3,9 кОм ± 2%; 1 Вт 13 кОм ± 2%; 0,5 Вт		—
5R	Потенциометр ППЗ-43	1,5 кОм ± 10%		—
6R, 7R	Резистор ПЭВ-10	10 000 Ом ± 5%		—
8R 9R 10R 11R 12R 13R, 14R	Резистор МЛТ-0,5	15 кОм ± 10% 510 Ом ± 5% 430 Ом ± 5% 330 Ом ± 5% 180 Ом ± 5% 220 Ом ± 5%		—
15R, 16R	Потенциометр ППЗ-43	250 Ом ± 10%		—
1C 2C	Конденсатор МБГП-2-А-И МБГП-2-А-И	0,1 мкФ, 600 В 0,5 и 1 мкФ, 200 В		—
3C	Конденсатор МГБЧ-1-2А	0,5 мкФ ± 10% (2 шт. по 0,25 мкФ ± 10%), 500 В		—

<i>1ВМ, 2ВМ</i>	Выпрямительный мост			В каждом плече моста установлен диод типа Д211	—
<i>1Д, 2Д</i>	Диод кремниевый			Д102	—
<i>РС</i>	Реле магнитоэлектрическое			М 237/054	—
<i>1ТР</i>	Трансформатор	Номинальный ток	1 А	$w_1 = 20$ витков, отводы от 5 и 10 витков, ПБД-1; $w_2 = 5700$ витков, отвод от 5500 витков, ПЭВ-2-0,2	Средний керн $S = 12 \times 24$ Крайний керн $S = 8 \times 24$ Э310 $\delta = 2$ мм
			5 А	$w_1 = 4$ витка, отводы от 1 и 2 витков, ПБД-1,56; $w_2 = 5700$ витков, отвод от 5500 витков, ПЭВ-2-0,2]	
<i>2ТР</i>	Трансформатор			$w_1 = 6500$ витков; ПЭВ-2-0,12; $w_2 = w_3 = 130$ витков, ПЭЛШО-0,29	$S = 12 \times 24$ Э310 регулируемый зазор
<i>1ДР</i>	Дроссель			$w = 11\,000$ витков, ПЭВ-2-0,1	$S = 12 \times 12$ Э310 регулируемый зазор
<i>1ТН</i>	Трансформатор напряжения			$w_1 = 1520$ витков, отвод от 1220 витков, ПЭВ-2-0 21 $w_2 = 2460$ витков, отводы от 615 1230 и 1845 витков, ПЭВ 2-0,18 $w_3 = w_4 = 680$ витков, отводы от 155, 310 и 465 витков, ПЭВ-2-0,29	$S = 16 \times 24$ Э310

Обозначение по схеме	Наименование и тип элементов	Технические данные		Примечание
		Исполнение на 110 В	Исполнение на 220 В	
Цепи постоянного тока (рис. П1)				
17R	Резистор ПЭВ-25	240 Ом $\pm 5\%$	1500 Ом $\pm 10\%$	—
18R 20R, 29R	Резистор МЛТ-1	12 кОм $\pm 10\%$ 7,5 кОм $\pm 10\%$		—
19R	Резистор МЛТ-0,5	3 кОм $\pm 10\%$		—
21R	Резистор ПЭВ-10	1500 Ом $\pm 10\%$		—
22R	Резистор МЛТ-0,5	100 кОм $\pm 10\%$		—
3Д 6Д--10Д	Диод	Д226		—
1СТ--3СТ	Стабилитрон	Д816В		—
1РП	Реле кодовое типа КДР-3М	$\omega_1 = 4800$ витков, ПЭВ-2-0,1, $R = 520$ Ом; $\omega_2 = 18\,500$ витков, ПЭВ-2-0,1, $R = 2500$ Ом	$\omega_1 = 4800$ витков, ПЭВ-2-0,1, $R = 520$ Ом; $\omega_2 = 37\,000$ витков, ПЭВ-2-0,07, $R = 11\,900$ Ом	—
2РП 3РП	Реле кодовое типа КДР 1	$\omega = 29\,000$ витков, ПЭВ-2-0,09 $R = 5000$ Ом		—

4РП	Реле	Ток удерживания	1 А	$w_1 = w_2 = 80$ витков, ПЭВ-2-0,38		Магнитная система реле серии РП-210; $w_2 = 10\,000$ витков, ПЭВ-2-0,08 $R = 3700$ Ом
			2 А	$w_1 = w_2 = 40$ витков, ПЭВ-2-0,55,		
			4 А	$w_1 = w_2 = 20$ витков, ПЭВ-2-0,8		
			8 А	$w_1 = w_2 = 10$ витков, ПЭВ-2-1		
5РП	Реле кодовое типа КДР-1		$w = 35\,500$ витков, ПЭВ-2-0,08, $R = 8500$ Ом	$w = 57\,000$ витков, ПЭВ-2-0,06, $R = 23\,000$ Ом	—	
6РП	Реле кодовое типа КДР-3М		$w = 35\,500$ витков, ПЭВ-2-0,08, $R = 8500$ Ом	$w = 57\,000$ витков, ПЭВ-2-0,06, $R = 23\,000$ Ом	—	
7РП	Реле типа ЭП-1/110		Не приводятся			
1РВ	Реле времени типа ЭВ-122		Не приводятся			
2РВ	Реле времени типа ЭВ-134		Не приводятся			
1РУ—4РУ 5РУ	Реле сигнальное		$w = 6600$ витков, ПЭВ-1-0,1, $R = 650$ Ом; $w = 24\,600$ витков, ПЭВ-1-0,05, $R = 9000$ Ом		Реле из комплекта ЭС-41	
6РУ, 7РУ	Реле указательное типа РУ-21		Реле имеют различные исполнения по номинальному току в зависимости от номинального тока удерживающих обмоток реле 4РП			
ЛС	Лампа ТН-0,2		Не приводятся		—	
4С	Конденсатор МБГП-2-А-И		1 мкФ 200 В		—	

Обозначение по схеме	Наименование и тип элементов	Технические данные		Примечание
		Исполнение на 110 В	Исполнение на 220 В	

Цели устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения (рис. 10) и трехфазного токового органа (рис. 11)

23R—25R	Резистор ПЭВ-10	1300 Ом±5%		—	
26R	Сопротивление регулируемое	Проволока МНМц 40-1,5, Ø 0,15 мм, 600±90 Ом		—	
27R	Резистор ПЭВ-10	1800 Ом±10%		—	
28R	Резистор ПЭВ-10	330 Ом±10%		—	
4Д, 5Д	Диод	Д226Б		—	
3ВМ, 4ВМ	Выпрямительный мост	В каждом плече моста установлен диод Д226Б		—	
4СТ, 5СТ	Стабилитрон	Д810		—	
2ТН	Трансформатор напряжения	$w_1 = 1350$ витков, $w_2 = w_3 = w_4 = w_5 = 550$ витков, ПЭВ-2-0,17		—	
1ТТ	Трансформатор тока	Номинальный ток	1 А	$w_1 = w_2 = 40$ витков; $w_3 = 80$ витков; ПЭВ-2-0,74; $w_4 = 500$ витков ПЭВ-2-0,29	S=12×12
			5 А		$w_1 = w_2 = 8$ витков, $w_3 = 16$ витков; ПЭВ-2-0,74; $w_4 = 500$ витков, ПЭВ-2-0,29

1PH, 1PT

Реле поляризованное типа
РП 7 РС4.521.011
 $\omega_1 = 8800$ витков; ПЭЛ-0,1;
 $R = 730$ Ом (внутренняя)
 $\omega_2 = 4200$ витков; ПЭЛ-0,1;
 $R = 600$ Ом (наружная)
—
Таблица П5

Технические данные элементов комплекта типа КРС-1 (рис. 8)

Обозначение по схеме	Наименование и тип элементов	Технические данные	Примечания
1R, 3R	Резистор ПТМН	1 Вт; 3,9 кОм \pm 1%	—
2R, 4R		0,5 Вт; 13 кОм \pm 1%	—
5R	Потенциометр ППЗ-43	1,5 кОм \pm 10%	—
6R	Резистор МЛТ-2	3 кОм \pm 5%	—
7R	Резистор МЛТ-0,5	15 кОм \pm 10%	—
8R, 9R	Резистор ПЭВ-10	10 000 Ом \pm 5%	—
10R	Резистор МЛТ-0,5	510 Ом \pm 5%	—
11R		430 Ом \pm 5%	—
12R		330 Ом \pm 5%	—
13R		180 Ом \pm 5%	—

Обозначение по схеме	Наименование и тип элементов	Технические данные	Примечания
14R	Потенциометр ППЗ-43	250 Ом \pm 10%	—
15R	Резистор МЛТ-0,5	3 кОм \pm 5%	—
16R		1 кОм \pm 5%	—
17R		3,6 кОм \pm 5%	—
18R		10 кОм \pm 5%	—
19R		Резистор МЛТ-2	5,1 кОм \pm 5%
1C	Конденсатор МБГП-2-А-И	0,1 мкФ, 600 В	—
2C		2 мкФ, 200 В	—
3C		1 мкФ, 200 В	—
1ВМ, 2ВМ	Выпрямительный мост	В каждом плече моста установлен диод Д211	—
1Д, 2Д	Диод кремниевый	Д102	—
3Д, 4Д	Диод германиевый	Д14	—
РС	Реле магнитоэлектрическое	М 237/054	—

ИТР	Транс-реактор	Номи-нальный ток	1 А	$w_1 = 20$ витков, ПБД-1; $w_2 = 6650$ витков, из них: 6400 витков, ПЭВ-2-0,14, а 250 витков, ПЭВ-2-0,25	Средний керн $S=12 \times 24$ Крайний керн 8×24 $\delta=2,3$ мм
			5 А	$w_1 = 4$ витков; ПБД-1,56; $w_2 = 6650$ витков, из них: 6400 витков, ПЭВ-2-0,14, а 250 витков, ПЭВ-2-0,25	
ИТН	Трансформатор напря-жения			$w_1 = 1520$ витков отвод от 1220 витков ПЭВ-2-0,21; $w_2 = 2460$ витков, отводы от 615, 230 и 1945 витков ПЭВ-2-0,18; $w_3 = 660$ витков, отводы от 155, 310 и 465 витков ПЭВ-2-0,29	$S = 16 \times 24$, Э310
ИДР	Дроссель			$w_1 = 8000$ витков ПЭВ-2-0,1; $w_2 = 6600$ витков отвод от 3300 витков ПЭВ-2-0,08	$S = 12 \times 24$ Э310 с регулируе-мым зазором
2ДР	Дроссель			$w = 2300$ витков, ПЭВ-2-0,27	$S = 12 \times 12$ Э310 с регулируемым зазором

Таблица Пб

Технические данные элементов комплекта КРБ-125 (рис. П4)

Обозначение по схеме	Наименование и тип элементов	Технические данные		Примечание
		Исполнение на 110 В	Исполнение 220 В	
ИРН	Реле поляризованное РП7, РС4.521.011	$w_1 = 8800$ витков, ПЭЛ-0,1, $R = 730$ Ом; $w_2 = 4200$ витков ПЭЛ-0,1, $R = 600$ Ом		—

Обозначение по схеме	Наименование и тип элементов	Технические данные		Примечание
		Исполнение на 110 В	Исполнение на 220 В	
<i>PB</i>	Реле времени ЭВ-144	Не приводятся		—
<i>2PH</i>	Реле напряжения РН-54/160	Не приводятся		—
<i>1PП</i>	Реле промежуточное КДР-1	$w = 20\,000$ витков; ПЭВ-2-0,11; $R = 2600$ Ом		—
<i>2PП</i>	Реле промежуточное КДР-1	$w = 35\,500$ витков; ПЭВ-2-0,08; $R = 8500$ Ом		—
<i>3PП</i>	Реле промежуточное КДР-3М	$w = 20\,000$ витков; ПЭВ-2-0,11; $R = 2600$ Ом	$w = 35\,500$ витков; ПЭВ-2-0,08; $R = 8500$ Ом	—
<i>Д</i>	Диод	Д226Б		—
<i>1ВМ; 2ВМ</i>	Выпрямительный мост	Д226Б		Соединение по схеме моста
<i>1R, 2R</i>	Резистор ПЭВ-10	680 Ом $\pm 10\%$	2700 Ом $\pm 10\%$	—
<i>3R</i>	Резистор ПЭВ-10	1800 Ом $\pm 20\%$	6800 Ом $\pm 10\%$	—
<i>4R</i>	Резистор МЛТ-2	10 кОм $\pm 10\%$	30 кОм $\pm 5\%$	—
<i>5R, 6R</i>	Резистор ПЭВ-10	820 Ом $\pm 10\%$	3000 Ом $\pm 5\%$	—

09 7R	Сопротивление регулируемое		0—300 Ом	—	
8R	Резистор ПЭВ-10		200 Ом \pm 5%	—	
9R	Резистор ПЭВ-10		680 Ом \pm 10%	—	
10R	Сопротивление регулируемое		0—600 Ом	—	
11R	Резистор МЛТ-2		1000 или 2000 Ом \pm 10%	—	
1C	Конденсатор МБГО-2-160-10-11		C = 10 мкФ; U _{раб} = 160 В		—
			3 шт.	1 шт.	—
2C; 3C	Конденсатор МБГЧ-1-2А-250-2 \pm 10%		C = 6 мкФ; U _{раб} = 250 В	Три конденсатора C=2 мкФ соединены параллельно	
4C	Конденсатор МБГЧ-1-2А-250-0,5 \pm 10%		C = 0,5 мкФ; U _{раб} = 250 В	—	
5C	Конденсатор МБГП-2-200-1-II		C = 1 мкФ, U _{раб} = 200 В	—	
ТТ ₀	Трансформатор тока	Номинальный ток	1 А	S = 12 \times 12; Э320; ω_1 = 25 витков, ПЭВ-2-0,77; ω_2 = 4850 витков, ПЭВ-2-0,15; отводы от 2150 и 3600 витков	—
			5 А	S = 12 \times 12; Э320; ω_1 = 5 витков, ПБД-1,25; ω_2 = 4850 витков, ПЭВ-2-0,15, отводы от 2150 и 3600 витков	—

Обозначение по схеме	Наименование и тип элементов	Технические данные		Примечание
		Исполнение на 110 В	Исполнение на 220 В	
<i>ТП</i>	Трансформатор	$S = 12 \times 24$; Э320; $\omega_1 = 1100$ витков. ПЭВ-2-0,25; $\omega_2 = 1000$ витков, ПЭВ-2-0,25; отводы от 200, 250, 390 и 550 витков		—
<i>ДР</i>	Дроссель	$S = 12 \times 12$; Э320; $\omega = 2300$ витков; ПЭВ-2-0,27		—

Таблица П7

Технические данные элементов комплекта КРБ-126 (рис. П5)

Обозначение по схеме	Наименование и тип элементов	Технические данные		Примечание
		Исполнение на 110 В	Исполнение на 220 В	
<i>ИРТ</i>	Реле поляризованное РП7 РС4.521.011	$\omega_1 = 8800$ витков; ПЭЛ-0,1; $R = 730$ Ом; $\omega_2 = 4200$ витков; ПЭЛ-0,1; $R = 600$ Ом		Две обмотки соединены последовательно
<i>РВ</i>	Реле времени ЭВ-144	$\omega = 9800$ витков ПЭЛ-0,2; $R = 450$ Ом	$\omega = 18900$ витков; ПЭЛ-0,14; $R = 1750$ Ом	—
<i>РН</i>	Реле напряжения РН-54/160	$\omega_1 = \omega_2 = 6500$ витков, ПЭВ-2-0,13		—
<i>ИРП</i>	Реле промежуточное КДР-1	$\omega = 20000$ витков; ПЭВ-2-0,11; $R = 2600$ Ом		—

2P11	Реле промежуточное КДР-1	$w = 35\,500$ витков; ПЭВ-2-0,08, $R = 8500$ Ом		—
3P11	Реле промежуточное КДР-3М	$w = 20\,000$ витков, ПЭВ-2-0,11; $R = 2600$ Ом	$w = 35\,500$ витков, ПЭВ-2-0,08; $R = 8500$ Ом	—
Д	Диод	Д226		—
1-2-3 ВМ	Выпрямительный мост	Д226		Соединение по схеме моста
1R, 2R	Резистор ПЭВ-10	680 Ом $\pm 10\%$	2700 Ом $\pm 10\%$	—
3R	Резистор ПЭВ-10	1800 Ом $\pm 10\%$	6800 Ом $\pm 10\%$	—
4R	Резистор МЛТ-2	Подбирается		—
5R, 6R	Резистор ПЭВ-10	820 Ом $\pm 10\%$	3000 Ом $\pm 10\%$	—
7R, 10R	Сопротивление регули- руемое	Регулируемое 0—240 Ом		—
8R	Резистор ПЭВ-10	390 Ом $\pm 10\%$		—
9R	Резистор ПЭВ-10	820 Ом $\pm 10\%$		—
11R	Резистор ПЭВ-10	620 Ом $\pm 10\%$		—
69 12R	Резистор ПЭВ-10	$680-1000$ Ом $\pm 10\%$		—

Обозначение по схеме	Наименование и тип элементов		Технические данные		Примечание
			Исполнение на 110 В	Исполнение на 220 В	
1С, 5С	Конденсатор МБГО-2-160-10-II		$C = 10$ мкФ	$U = 160$ В	—
			шт.	3 шт.	
2С, 3С	Конденсатор ¹⁹ - МБГЧ-1-2Б-500-2±10%		$C = 2$ мкФ	$U = 500$ В	—
4С	Конденсатор МБГЧ-1-2А-250-0,5±10%		$C = 0,5$ мкФ;	$U = 250$ В	—
6С	Конденсатор МБГО-2-400-4-II		$C = 4$ мкФ	$U = 400$ В	—
1ТТ	Трансформатор тока	Номинальный ток	1 А	$S = 12 \times 12$; Э310; $w_1 = 15$ витков, ПЭВ-2-0,77; $w_2 = 5000$ витков, ПЭВ-2-0,12, отводы от 1750 и 2900 витков	—
			5 А	$S = 12 \times 12$; Э310; $w_1 = 3$ витка, ПВД-1,56; $w_2 = 5000$ витков, ПЭВ-2-0,12, отводы от 1750 и 2900 витков	—
2ТТ, 3ТТ	Трансформатор тока		1 А	$S = 16 \times 35$; Э310; $w_1 = 180$ витков ПЭВ-2-0,77; $w_2 = 60$ витков, ПЭВ-2-0,77; $w_3 = 3100$ витков, ПЭВ-2-0,16	—
			5 А	$S = 16 \times 35$; Э310; $w_1 = 36$ витков, ПВД-1,56; $w_2 = 12$ витков, ПВД-1,56; $w_3 = 3100$ витков, ПЭВ-2-0,16	

4ТТ	Трансформатор тока	Номинальный ток	1 А	$S = 12 \times 24$; Э310; $\omega_1 = 15$ витков; ПЭВ-2-0,77; $\omega_2 = 6600$ витков; ПЭВ-2-0,12 отводы от 1200 и 3200 витков	—
			5 А	$S = 12 \times 24$; Э310; $\omega_1 = 3$ витка. ПЭВ-2-0,12; $\omega_2 = 6600$ витков, ПЭВ-2-0,12, отводы от 1200 и 3200 витков	—
ТП	Трансформатор			$S = 12 \times 12$; Э310; $\omega_1 = 1000$ витков, ПЭВ-2-0,25, отводы от 200; 300 и 430 витков, $\omega_2 = 1360$ витков, ПЭВ-2-0,25	—
1ДР, 2ДР	Дроссель			$S = 12 \times 12$; Э320; $\omega = 2300$ витков, ПЭВ-2-0,27	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П8

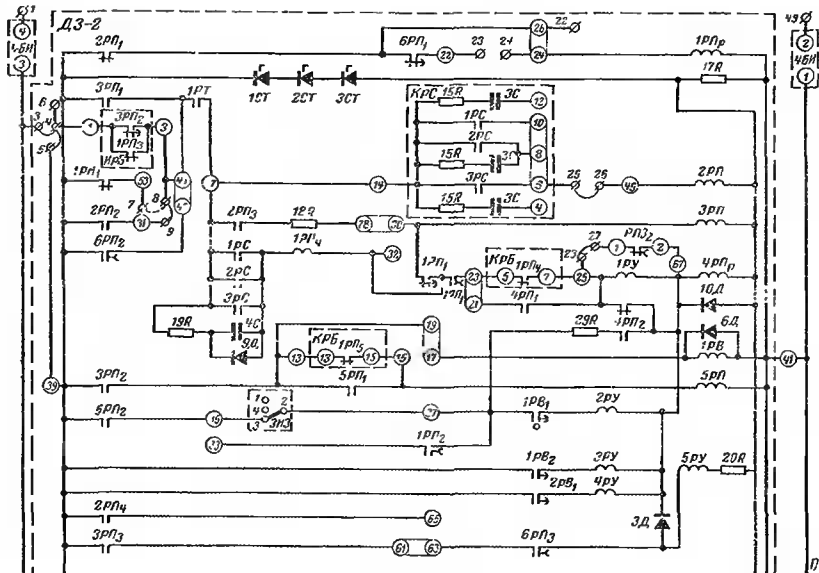
Переключения и цепях постоянного тока панелей защит ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2 (рис. П1)

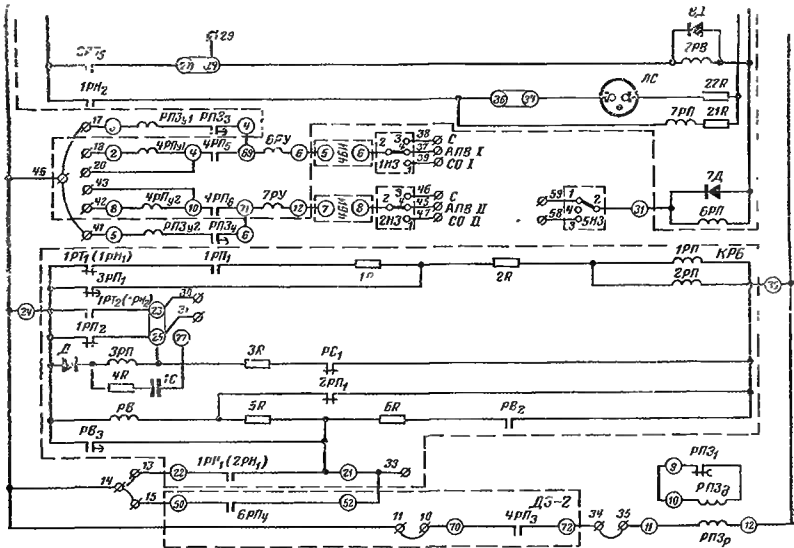
Основные признаки, характеризующие защиту	Указанные жакны комплекта ДЗ 2		Примечание
	закорачиваются	размыкаются	
Пуск от блокировки при качаниях исключается (шунтируется) при АПВ и опробовании	43—45	—	
Контроль трехфазным токовым органом исключается	45—47	—	
Сигнализация о перегорании предохранителей (световая)	34—36	—	

Основные признаки, характеризующие защиту			Указанные зажимы комплекта ДЗ-2		Примечание	
			закорачиваются	размыкаются		
I ступень	Без выдержки времени	Блокируется при качаниях	21—23*	30—32	Контакты блокирующего реле блокировки при качаниях (1—1РП ₄ , 1—1РП ₅) включаются между следующими зажимами комплекта ДЗ-2	23—25
		Не блокируется при качаниях	23—25	30—32		—
	С выдержкой времени	Блокируется при качаниях	30—32; 33—35; 15—17**; 17—19***	35—37; 17—19**; 15—17***		13—15
		Не блокируется при качаниях	30—32; 33—35; 15—17—19	35—37		—
II ступень	Первая выдержка времени****	Блокируется при качаниях	17—19; 35—37	15—17	13—15	
		Не блокируется при качаниях	15—17—19; 35—37	—	—	

	Вторая выдержка времени	Блокируется при качаниях	15—17	17—19	13—15
		Не блокируется при качаниях	17—19	—	—
Ускорение при АПВ и опробованиях	II ступень	Время переключений исключается	22—24; 61—63	24—26; 63—65	Между зажимами 4 и 58, 59 панели включены контакты реле ускорения схемы управления выключателем
		Время переключений не исключается	24—26; 61—63	63—65	
	III ступень		63—65	61—63	
Используется фиксация к. з. в III зоне			Объединяются зажимы панели 8—9		

- Обязательно при наличии УРОВ.
- При блокировании I и II ступеней.
- При блокировании только I ступени.
- Не может быть осуществлена, если I ступень с выдержкой времени





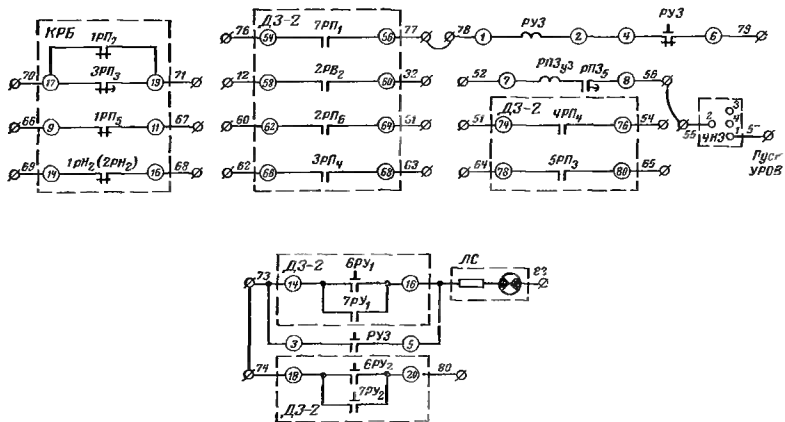


Рис. ПП. Принципиальная схема панели дистанционной защиты ПЗ-2/2 и ПЗ-2/1. Цели постоянного тока. В скобках даны обозначения для панели ПЗ-2/1.

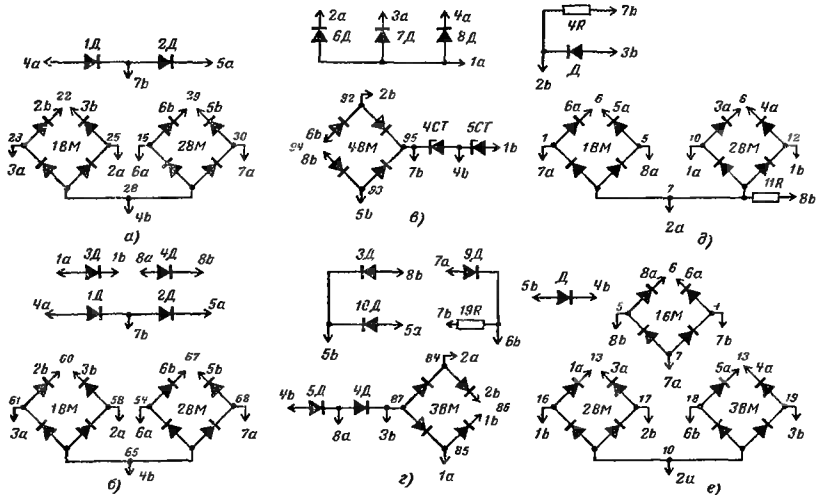


Рис. П2. Принципиально-монтажные схемы съемных блоков с днодами.

а — блок дистанционного органа комплекта ДЗ-2; б — блок дистанционного органа комплекта КРС-1; в — блок 2 комплекта ДЗ-1; г — блок 3 комплекта ДЗ-2; д — блок устройства КРБ-125; е — блок устройства КРБ 125А

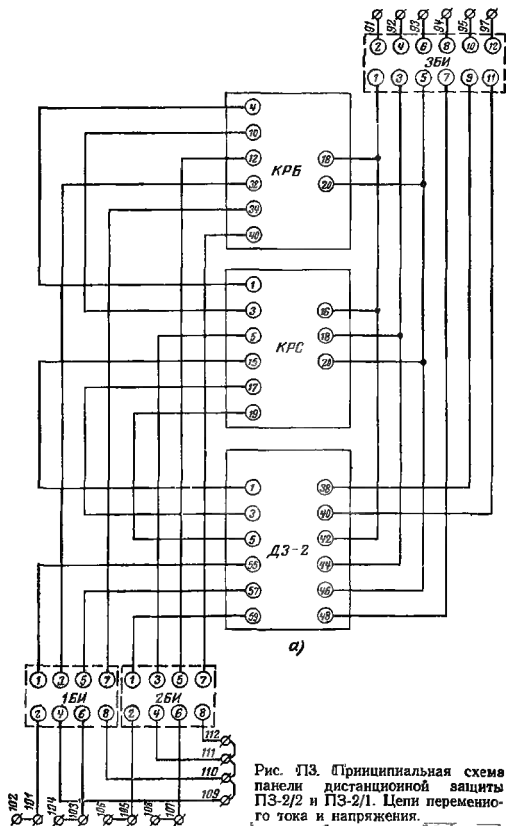
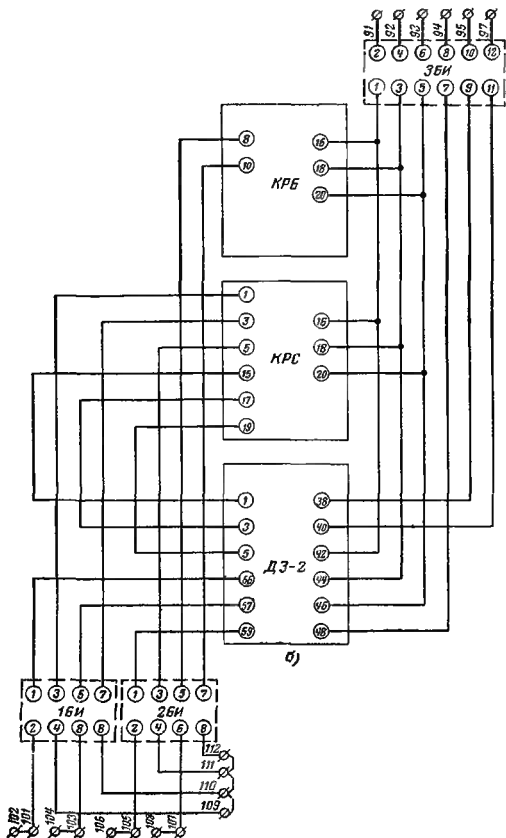


Рис. 13. Принципиальная схема панели дистанционной защиты ПЗ-2/2 и ПЗ-2/1. Цели переменного тока и напряжения. а — панель ПЗ-2/2; б — панель ПЗ-2/1.



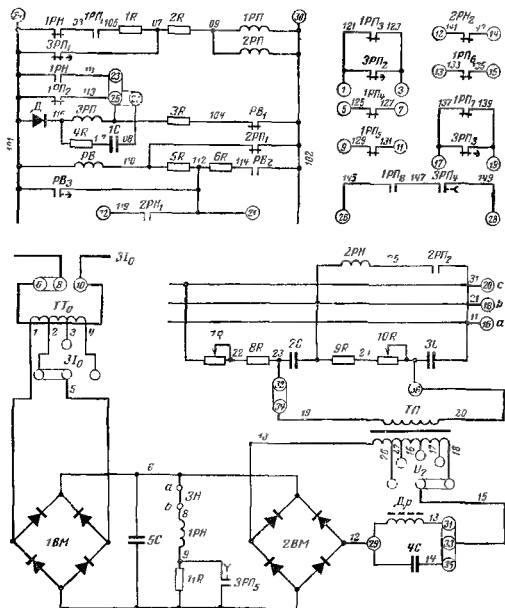


Рис. П4. Принципиальная схема блокировки при качаниях типа КРБ-125.

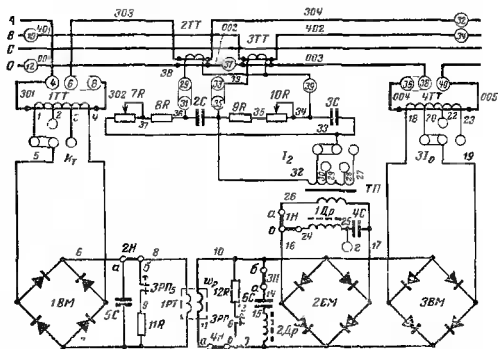
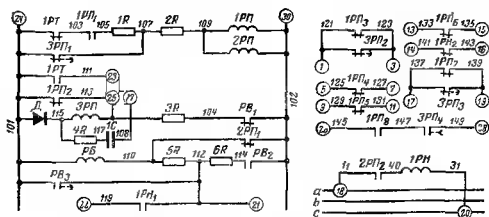


Рис П5 Принципиальная схема блокировки при качаниях типа КРБ-126.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосеев А. М. Основы релейной защиты. М., Госэнергоиздат, 1961, 440 с.
2. Фабрикант В. Л. Основы теории построения измерительных органов релейной защиты и автоматики. М., «Высшая школа», 1968, 268 с.
3. Фабрикант В. Л., Глухов В. П., Паперно Л. Б. Элементы устройств релейной защиты и автоматики энергосистем и их проектирование. М., «Высшая школа», 1968, 484 с.
4. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 7. Дистанционная защита линий 35—330 кВ. М., «Энергия», 1966, 172 с.
5. Общая инструкция по проверке устройств релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей. М., Госэнергоиздат, 1961, 120 с.
6. Руководящие указания по наладке, проверке и эксплуатации дистанционной защиты типа ПЗ-157. М., Госэнергоиздат, 1957, 128 с.
7. Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционных защит ПЗ-158 и ПЗ-159. М., «Энергия», 1967, 56 с. (Министерство энергетики и электрификации СССР, Глав. техн. упр. по эксплуатации энергосистем, ОРГРЭС).
8. Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционных защит типа ДЗ-400 (ДЗ-500). М., «Энергия», 1967, 56 с.
9. Инструкция по наладке и проверке релейной части дифференциальнофазной высокочастотной защиты типа ДФЗ-2. М.—Л., «Энергия», 1966, 168 с.
10. Инструкция по проверке правильности включения реле направления мощности. М., «Энергия», 1966, 64 с.
11. Инструкция по проверке промежуточных и указательных реле. М., «Энергия», 1969, 88 с.
12. Савостьянов А. И. Реле сопротивления КРС-131, КРС-132. М., «Энергия», 1969, 96 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
I. Принцип действия и устройство защиты	4
1. Назначение. Особенности схемы выполнения дистанционных органов	4
2. Конструктивное исполнение панелей типов ПЗ-2/1 и ПЗ-2/2	5
3. Цепи переменного тока и напряжения (рис. ПЗ)	7
4. Дистанционный орган III ступени	18
5. Устройство блокировки при неисправностях в цепях напряжения	22
6. Трехфазный токовый орган	24
7. Блокировки при качаниях типов КРБ-125 и КРБ-126	25
8. Цепи переменного тока и напряжения (рис. ПЗ)	29
9. Цепи постоянного тока и сигнализации (рис. ПП)	30
10. Работа схемы защиты	36
11. Конструктивное выполнение отдельных комплектов	41
II. Проверка и наладка защиты	44
12. Внешний осмотр и механическая ревизия	45
13. Проверка состояния изоляции	47
14. Проверка схемы постоянного тока и ее отдельных элементов	51
15. Проверка исправности защитных диодов	52
16. Настройка дистанционных органов комплекта ДЗ-2	54
17. Настройка дистанционных органов комплекта КРС-1	66
18. Проверка трехфазного токового органа	67
19. Проверка и настройка блокировки при качаниях	70
20. Проверка блокировки при неисправностях в цепях напряжения	71
21. Испытание изоляции повышенным напряжением	72
22. Настройка временной характеристики и проведение имитаций	72
23. Проверка защиты током и напряжением линии	75
24. Проверка отдельных элементов	79
Приложения	85
Список литературы	112

Цена 28 коп.

*Еще больше электротехнической
литературы на
www.bilet.narod.ru*