ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ИНСТРУКЦИЯ
ПО НАЛАДКЕ И ПРОВЕРКЕ ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ТИПА ПЗ-153

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1964 ЛЕНИНГРАД

gost.e-ecolog.ru

СОСТАВЛЕНО БЮРО ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОРГРЭС

УДК 621.316.925.004(083.96)

Авторы инженеры **Г. Г. Корень, П. И. Горюнов**
Редактор инж. **А. И. Савостьянов**

Техн. редактор *Малькова В. Н.*

Сдано в производство 10/VI 1964 г. Подписано к печати 29/VIII 1964 г.
Т-12840 Бумага 84×108¹/₃₂ Печ. л. 4,1 Уч.-изд. л. 4,68
Тираж 17900 Цена 23 коп. Заказ 1339

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати.
Шлюзовая наб., 10.

Утверждаю

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

П. Устинов

ВВЕДЕНИЕ

Дистанционная защита типа ПЗ-153 предназначается для использования в сетях с малыми токами замыкания на землю в тех случаях, когда более простая защита типа ПЗ-152 с пуском по току не может быть применена ввиду низкого уровня токов короткого замыкания, исключающего возможность надежной отстройки от токов нагрузки в неповрежденных фазах линии.

Применение защиты ПЗ-153 может оказаться также целесообразным, если желательно ограничить третью зону, например для снижения выдержек времени резервных защит головных участков.

Защита обеспечивает селективное отключение всех видов коротких замыканий в сетях с малыми токами замыкания на землю, т. е. замыканий между фазами и двойных замыканий на землю, обеспечивая в последнем случае отключение одной точки к. з. не менее чем в 66,7% случаев.

В качестве пусковых органов применены реле полного сопротивления типа КРС-112, а в качестве дистанционного органа — реле полного сопротивления типа КРС-111. Так как защита может ложно сработать при неисправностях в цепях напряжения, она имеет специальное устройство типа КРБ-12, блокирующее ее при перегорании предохранителей.

Защита в основном предназначается для использования в системах, не подверженных качаниям, и поэтому не снабжена блокировкой при качаниях. На случай, если такая блокировка окажется необходимой для первой и второй ступеней защиты, предусмотрена возможность ее подключения к защите. При этом могут быть ис-

пользованы выпускаемые заводом комплектные устройства типа КРБ-121 или КРБ-122.

Предусмотрено действие защиты на две отключающие катушки выключателей.

Использование защиты типа ПЗ-153 *в сетях с большими токами* замыкания на землю не предусматривается.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОПИСАНИЕ ЗАЩИТЫ

§ 1-1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ

Дистанционная защита типа ПЗ-153 (рис. 1-1) представляет собой трехступенчатую направленную односистемную дистанционную защиту. Первая и вторая ступени защиты выполнены одним дистанционным органом *5РС* — реле типа КРС-111, который имеет переключения в цепях тока и напряжения, благодаря чему при любом виде повреждения осуществляется включение дистанционного органа на токи и напряжения петли короткого замыкания по цепям первой или второй зоны.

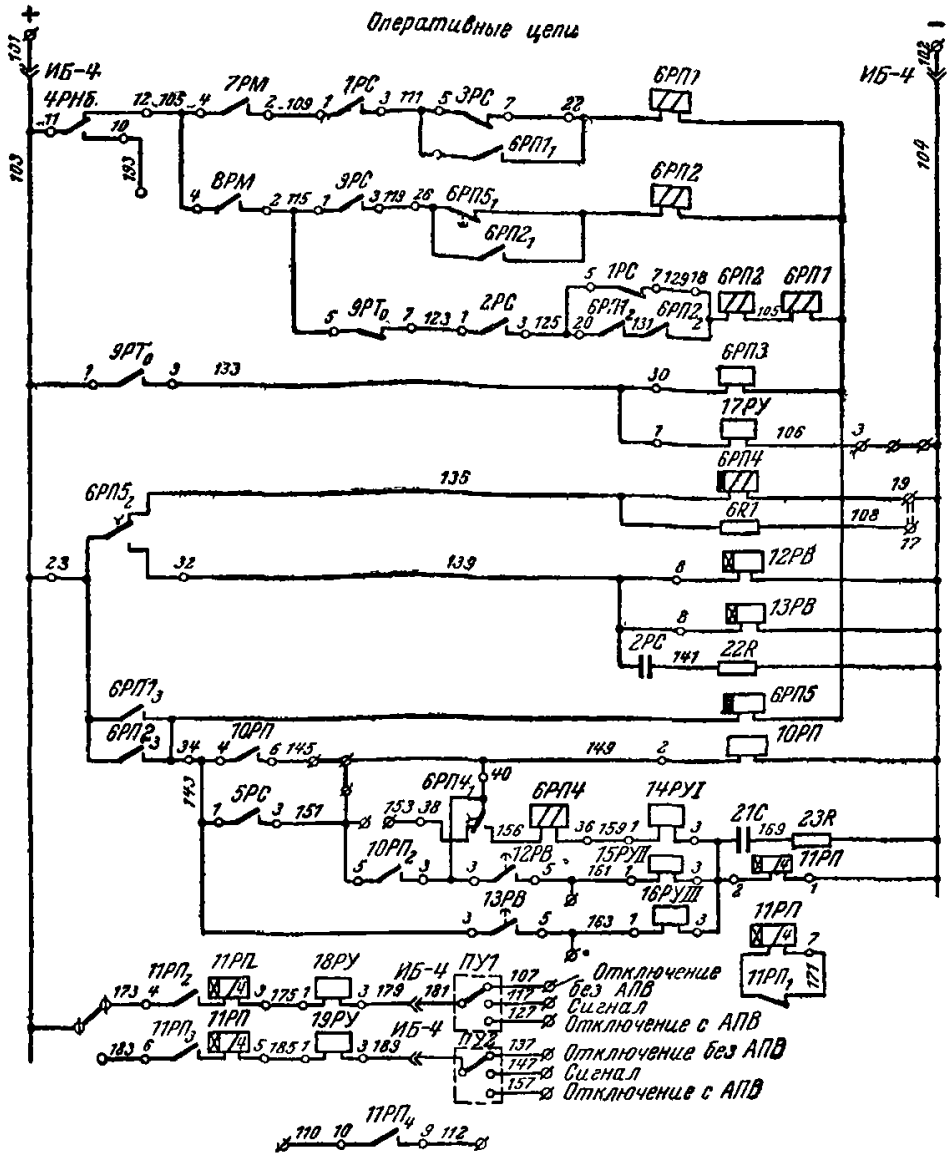
Пусковые органы защиты выполнены тремя реле сопротивления *1РС, 2РС* и *3РС* типа КРС-112, двумя реле направления мощности *7РМ* и *8РМ* и токовым реле $9РТ_0$, которые при возникновении повреждений в защищаемой зоне осуществляют запуск схемы защиты, выбор поврежденных фаз и управление переключениями цепей дистанционного органа на напряжение и токи поврежденных фаз.

Пусковые органы *1РС, 2РС, 3РС* включены на фазные токи и междуфазные напряжения с возможностью переключения на фазные напряжения реле *1РС* и *3РС* и выводом из действия реле *2РС* при появлении тока нулевой последовательности. Одновременно с этим с целью максимального выравнивания замера при различных видах к. з. переключаются первичные отпайки регулировочных автотрансформаторов напряжения пусковых органов *1РС* и *3РС*. При двойных замыканиях на землю фаз *А* и *В* или *В* и *С* защита четко отключает только одну точку повреждения на фазе *А* или *С*.

При замыканиях на землю фаз *А* и *С* возможно отключение двух точек повреждения. При двойных замыканиях на землю обеспечивается подведение к дистанционному органу фазных напряжений и фазных токов с компенсацией тока нулевой последовательности. Выдержки времени во второй и третьей ступенях защиты создаются при помощи отдельных реле времени *12РВ* и *13РВ*.

Для осуществления переключений и подведения к реле сопротивления необходимых напряжений и токов защита содержит комплект реле постоянного тока *6РП* и комплект промежуточных трансформаторов *6ТТ*.

Для предотвращения ложного действия защиты при обрывах одной или двух фаз в цепях напряжения служит комплект *4* (типа КРБ-12),



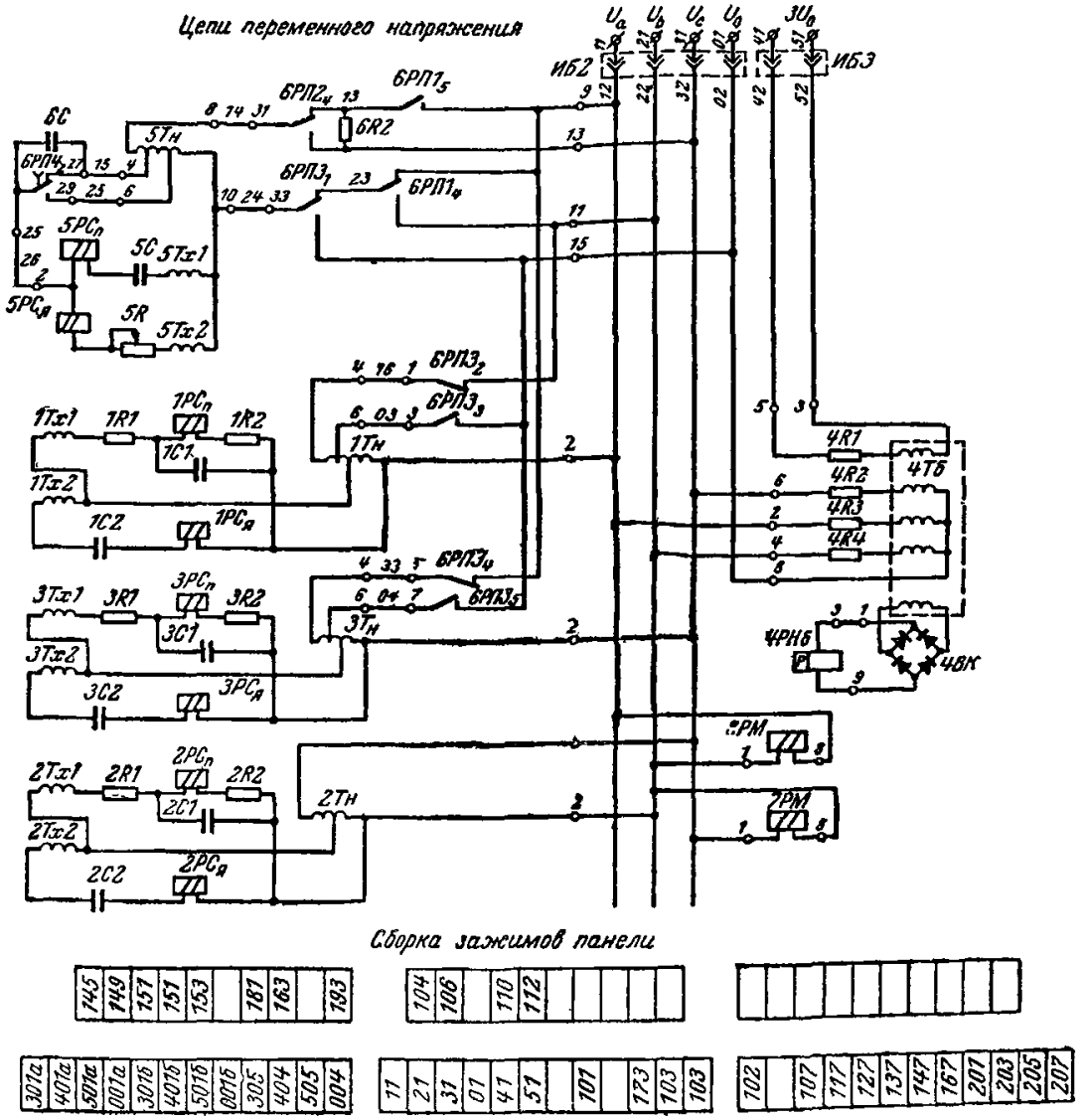


Рис. 1-1. Принципиальная схема защиты типа ПЗ-153 (положение контактов указано для обесточенного состояния реле).

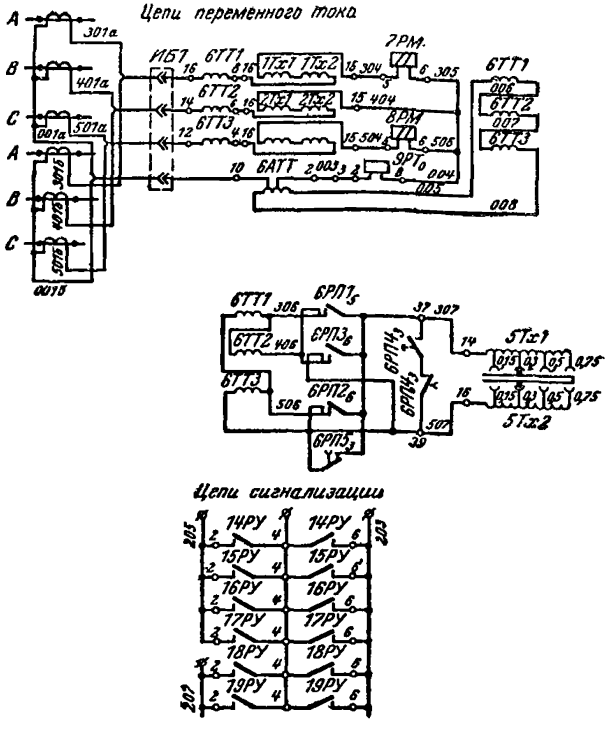


Рис. 1-1. (Продолжение).

§ 1-2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1. Номинальное напряжение:

а) постоянного тока — 220, 110, 48 или 24 *в*;

б) переменного тока 5 или 1 *а* — 100 *в*, 50 *гц*.

2. Потребляемая мощность:

а) цепи переменного тока при номинальном токе — не более 20 *ва* на фазу;

б) цепи переменного напряжения при 100 *в* — не более 120 *ва* на фазу;

в) цепи постоянного тока: в нормальном режиме — не более 5 *вт*, при срабатывании защиты — не более 120 *вт*.

3. Реле и аппараты защиты ПЗ-153 в нормальном режиме длительно выдерживают 110% номинальных величин переменного и постоянного тока и напряжения.

4. Сопротивление изоляции всех независимых цепей переменного и постоянного тока относительно корпуса и между собой в обесточенном состоянии панели — не менее 5 *Мом*.

5. Изоляция всех цепей относительно корпуса панели выдерживает испытательное напряжение 1 750 *в*, 50 *гц* в течение 1 *мин*.

6. Диапазоны регулировки уставок сопротивления срабатывания по ступеням приведены в табл. 1-1.

Таблица 1-1

Пределы регулирования уставок защиты типа ПЗ-153, *ом* на фазу

Ступень	Номинальный ток, *а*	
	5	1
I	0,15—7,5	0,75—37,5
II	0,3—15	1,50—75,0
III	2—20	10,0—100,0

7. Минимальные уставки сопротивления срабатывания дистанционного органа, регулируемые в цепях тока (трансреакторов *5Тх1* и *5Тх2*), имеют следующие значения:

а) 0,15; 0,3; 0,5; 0,75 *ом* на фазу при номинальном токе 5 *а*;

б) 0,75; 1,5; 2,5; 3,75 *ом* на фазу при номинальном токе 1 *а*.

Указанные значения уставок регулируются независимо по оси реактивных сопротивлений в положительном и отрицательном направлениях, позволяя тем самым получать смещенные характеристики дистанционного органа.

8. Зависимость тока точной работы дистанционного органа от минимальной уставки дана в табл. 1-2.

Таблица 1-2

Токи точной работы дистанционного реле КРС-111

Номинальный ток 5 *а*		Номинальный ток 1 *а*	
Уставка, *ом* на фазу	Ток точной работы, *а* не более	Уставка, *ом* на фазу	Ток точной работы, *а* не более
0,15	5,3	0,75	1,1
0,3	2,7	1,5	0,54
0,5	1,6	2,5	0,32
0,75	1,0	3,75	0,22

9. При коротком замыкании в первой зоне обеспечивается 10%-ная точность работы защиты (срабатывание защиты при $z_{к.з} = 0{,}9\ z_{ср}$) в диапазонах изменения токов к. з.*, указанных в табл. 1-3.

10. Отклонение в точности работ защиты при к. з. в третьей зоне не превосходит 10% в диапазоне токов 2 — 50 *а*.

11. При перегорании предохранителей одной или двух фаз ток в реле 4РНб устройства блокировки при обрывах цепей напряжения типа КРБ-12 больше тока срабатывания этого реле не менее чем в 4 раза (при $U_н = 100$ *в*). Время действия блокировки при обрыве одной из фаз не более 0,01 *сек*.

* Здесь и в дальнейшем все величины уставок и токов приведены к номинальному току 5 *а*.

Таблица 1-3

Пределы изменения фазных токов, в которых обеспечивается 10%-ная точность работы защиты с первой зоной (реле КРС-111)

Уставка, *ом* на фазу	Вторичные токи короткого замыкания, *а*		
	при отсутствии ограничения действия	при времени возврата реле *6РП4*, равном	
		0,25—0,35 *сек*	0,14—0,17 *сек*
0,15	5,5—150	10—150	16—150
0,3	2,7—100	5—100	8—100
0,5	1,6—60	3—60	5—60
0,75	1,1—40	2—40	3,5—40

12. Время переключения защиты с первой зоны на вторую находится в пределах 0,14—0,17 *сек* и может быть увеличено до 0,25—0,35 *сек*.

13. Органы выдержки времени обеспечивают следующие диапазоны регулировки:

а) для II ступени 0,25—3,5 *сек*;

б) для III ступени 0,5—9 *сек*.

14. Промежуточное выходное реле защиты имеет следующие исполнения по номинальному току удерживания последовательных обмоток: 1; 2 или 4 *а*.

15. Время действия защиты при к. з. в первой зоне в пределах 0—0,7 длины зоны с током к. з. 5 *а* при уставке дистанционного органа 0,5 *ом* на фазу и уставке пусковых органов 4 *ом* на фазу не превышает 0,2 *сек*.

Для удобства проверки, наладки и внесения изменений в схему защиты предусмотрены специальные переключающие устройства, основные точки схемы выведены на специальные ряды зажимов.

§ 1-3. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

Аппаратура дистанционной защиты типа ПЗ-153 смонтирована на стандартной металлической панели размером 2 360×800 *мм* (рис. 1-2). Вся аппаратура размещена на лицевой стороне панели; с задней стороны расположены монтажные провода, соединяющие между собой отдельные устройства и присоединяющие полную схему защиты к двум рядам зажимов, расположенным позади, в нижней части панели. Кроме того, с задней стороны панели расположены сопротивления и конденсаторы искрогасительных контуров (*22R*, *23R*, *20C* и *21C*).

Верхний ряд выполнен неразъемными зажимами, и на него выведены вспомогательные цепи; нижний ряд выполнен измерительными зажимами, и на него выведены цепи тока, напряжения и отключения.

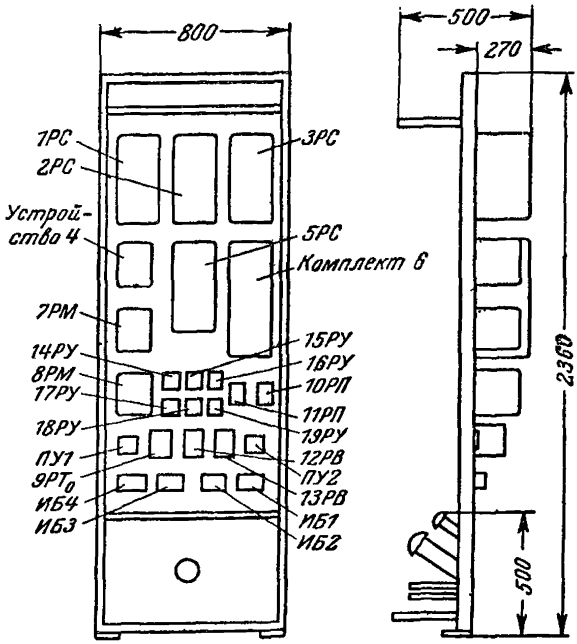


Рис. 1-2. Общий вид панели защиты типа ПЗ-153.

Устройство *4* — устройство блокировки при обрыве цепей напряжения (КРБ-12); комплект *6* — комплект трансформаторов тока и переключающих реле.

§ 1-4. ПУСКОВОЙ ОРГАН

В качестве пусковых органов используются реле полного сопротивления типа КРС-112 (рис. 1-3), выполненные на базе четырехполюсной индукционной системы с использованием электрического суммирования э. д. с., пропорциональных току и напряжению, подводимым к реле. Реле включается на фазные токи и линейные напряжения с возможностью переключения на фазные напряжения при замыканиях на землю для максимального выравнивания длин зон при различных видах к. з. При этом одновременно осуществляется переключение первичных отпаек регулировочных автотрасформаторов напряжения.

Характеристика реле в комплексной плоскости с осями r и x изображается окружностью, центр которой находится примерно в начале координат.

На полюсах системы и на ярме расположены обмотки $РС_{п}$ и $РС_{я}$, создающие два потока, сдвинутых в пространстве на угол 90° и имеющие сдвиг по фазе.

Реле содержит два согласующих трансреактора *Тх1* и *Тх2* (ненасыщающиеся трансформаторы с магнитопроводами специального исполнения с воздушными зазорами), э. д. с. которых пропорцио-

нальны первичному току $k_1 I_р$ и $k_2 I_р$ и сдвинуты относительно последнего по фазе на 90° (k_1 и k_2 — величины э. д. с., наводимых во вторичных обмотках трансреакторов при токах, равных 1 *а*, проходящих по первичным обмоткам; величины k_1 и k_2 имеют размерность сопротивления).

Наличие двух трансреакторов определяется необходимостью получения ненаправленного реле и уменьшения взаимных влияний контуров обмоток реле. Кроме того, при двух трансреакторах имеется

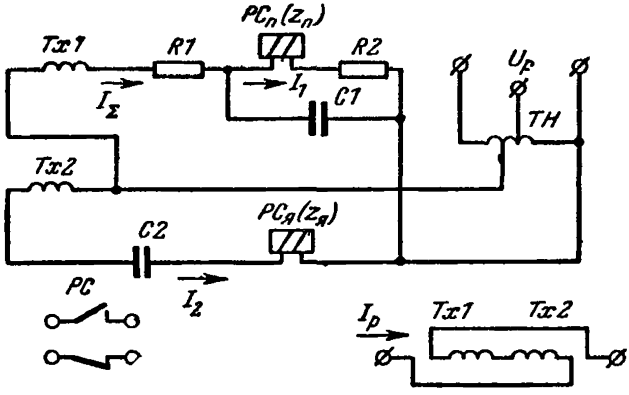


Рис. 1-3. Схема реле полного сопротивления типа КРС-112.

Тх1, *Тх2* — трансреакторы; *С1*, *С2* — конденсаторы; R_1, R_2 — сопротивления; $z_ц$, $z_я$ — обмотки полюса и ярма; *ТН* — регулировочный автотрансформатор напряжения.

принципиальная возможность получить реле со смещенными характеристиками, что используется в реле типа КРС-111 (см. § 1-5).

Координаты центра характеристической окружности (r_0 и x_0) и радиус (R_0) определяются выражениями:

$$r_0 = -\frac{k_1 + k_2}{2} \operatorname{ctg} \beta'; \; x_0 = -\frac{k_2 - k_1}{2}; \quad R_0 = \frac{k_1 + k_2}{2} \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \beta'},$$

где β' — угол между токами в обмотках $РС_я$ и $РС_п$. При $k_1 = k_2$ и $\beta' = 90°$, x_0 и r_0 обращаются в нуль и центр окружности совпадает с началом координат. Обмотка $РС_я$ совместно с емкостью C_2 и трансреактором $Тх_2$ составляет поляризующий контур, в котором с целью снижения влияния переходных процессов в первичных и вторичных цепях измерительных трансформаторов выполняются условия резонанса при частоте 50 *гц*. В результате этого при снижении напряжения до нуля ток в обмотке реле не исчезает мгновенно, а затухает в течение некоторого времени по колебательному закону с частотой собственных колебаний контура, близкой к частоте 50 *гц*. При этом фаза затухающего тока остается примерно той же, какой она была до исчезновения напряжения. Отсутствие переключений во вторичных цепях автотрансформаторов *ТН* облегчает условия

поддержания резонанса в цепях обмоток реле. Точное сохранение фазы и частоты затруднительно из-за изменения индуктивного сопротивления обмотки реле в зависимости от напряжения. Некоторые нарушения условий резонанса происходят в реле при переключении питания автотрансформаторов (реле *1РС* и *3РС*).

Обмотка $РС_п$, размещенная на полюсах магнитной системы, совместно с емкостью *С1*, трансреактором *Тх1* и сопротивлениями R_1 и R_2 составляет рабочий контур реле, в котором спадание тока, вызванного напряжением предшествующего режима, происходит также по периодическому закону с частотой, несколько превышающей 50 *гц*.

Для получения максимального тормозного момента, пропорционального квадрату напряжения, при минимальном потреблении реле необходимо, чтобы при подаче напряжения на реле угол между токами в обмотках был близок 90°. Сохранить при этом условия частотного резонанса можно только при параллельном включении емкости, что и выполняется в рабочем контуре. Такое исполнение схемы реле дает практически одинаковое протекание переходных процессов в обоих контурах; при этом момент на реле плавно убывает или нарастает до новой установившейся величины, что предотвращает возможность кратковременного срабатывания реле при к. з. вне зоны защиты (особенно при малых величинах тока и напряжения). Это очень важно также и потому, что у пусковых реле *1РС* и *3РС* используются как замыкающие, так и размыкающие контакты.

Для увеличения к. п. д. и исключения взаимного влияния при переходных процессах полные сопротивления и углы обмоток трансреактора и реле выполняются примерно одинаковыми.

В контурах обмоток реле действуют результирующие токи I_1 и I_2, которые соответственно равны:

$$\left.\begin{aligned} \dot{I}_1 &= \dot{I}_{пu} + \dot{I}_{пi}; \\ \dot{I}_2 &= \dot{I}_{яu} + \dot{I}_{яi}, \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

где $\dot{I}_{пu} = \dfrac{\dot{U}_р}{z_п}$; $\dot{I}_{пi} = \dfrac{k_1 \dot{I}_р}{z_п}$;

$$\dot{I}_{яu} = \frac{\dot{U}_р}{z_я}; \quad \dot{I}_{яi} = \frac{k_2 \dot{I}_р}{z_я};$$

$z_п$ — сопротивление обмотки полюса ($РС_п$);

$z_я$ — сопротивление обмотки ярма ($РС_я$);

$U_р, I_р$ — напряжение и ток, подведенные к реле.

Векторная диаграмма токов и напряжений приведена на рис. 1-4, а диаграмма сопротивлений элементов реле — на рис. 1-5.

Параметры цепей подобраны таким образом, что $\beta_1 + \beta_2 + \gamma = 90°$.

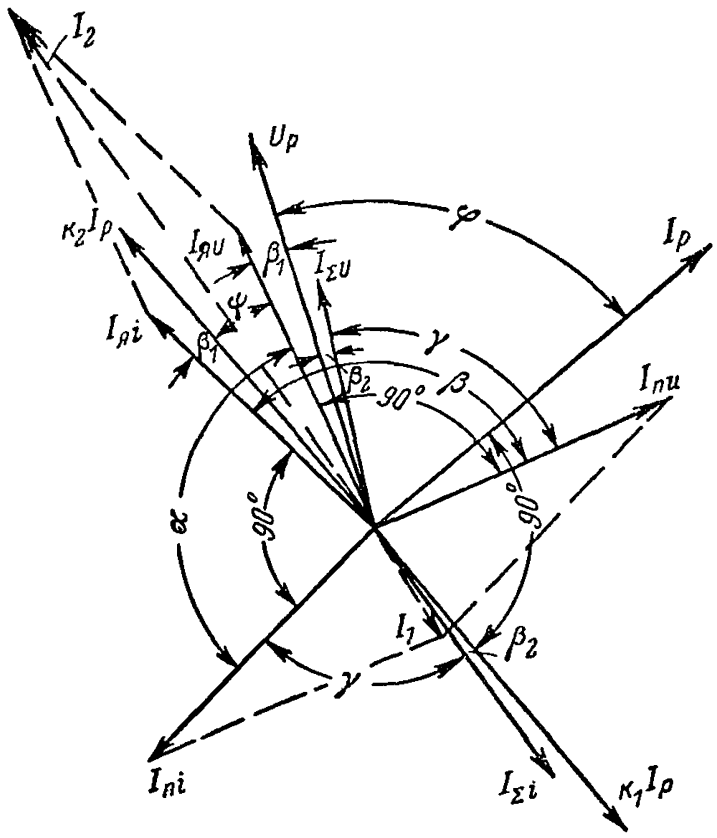


Рис. 1-4. Векторная диаграмма токов и напряжений пускового реле сопротивления типа КРС-112. $k_1 I_р$ и $k_2 I_р$ — э. д. с. трансреакторов *Tx1* и *Tx2*; $I_{пu}$ и $I_{яu}$ — токи в обмотках $z_п$ и $z_я$, обусловленные напряжением $U_р$; $I_{пi}$ и $I_{яi}$ — токи в обмотках $z_п$ и $z_я$, обусловленные током $I_р$; I_1 и I_2 — суммарные токи соответственно в обмотках $z_п$ и $z_я$, обусловленные напряжением $U_р$ и током $I_р$; $I_{\Sigma u}$ и $I_{\Sigma i}$ — составляющие токи I_Σ (рис. 1-3) соответственно от напряжения $U_р$ и тока $I_р$.

Токи $I_{пu}$; $I_{пi}$, $I_{яu}$, $I_{яi}$ создают четыре слагающих момента на реле (принимается, что потери в стали отсутствуют):

$$\left.\begin{aligned} M_1 &= -k'I_{яi}I_{пi}\sin 90^\circ = -k'_1 I_р^2; \\ M_2 &= k''I_{яu}I_{пu}\sin 90^\circ = k_2'' U_р^2; \\ M_3 &= -k_3 I_{яi}I_{пu}\sin\beta; \\ M_4 &= k_4 I_{яu}I_{пi}\sin\alpha. \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Взаимодействия между токами $I_{яi}$, $I_{яu}$ и $I_{пi}$, $I_{пu}$ не происходит, так как отсутствует пространственный сдвиг. Последние два выражения момента равны по величине и противоположны по знаку.

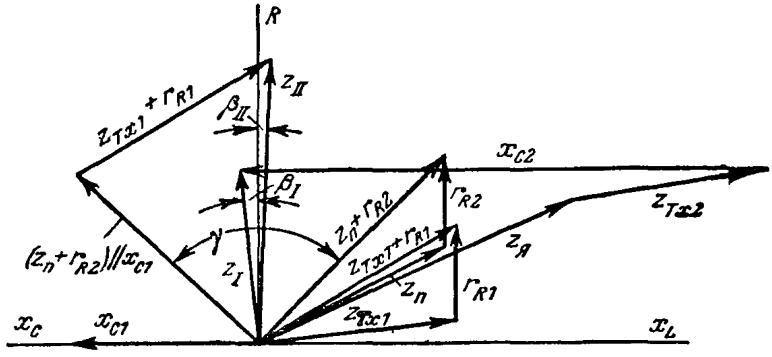


Рис. 1-5. Векторная диаграмма сопротивлений пускового реле КРС-112.

Это определяется тем, что $k_3=k_4$; $\alpha=\beta=90^\circ+\psi+\beta_1$ и токи в обмотках реле, созданные одноименными напряжениями, обратно пропорциональны сопротивлениям цепей, т. е.

$$\frac{z_я}{z_и}=\frac{I_{пu}}{I_{яu}}=\frac{I_{пi}}{I_{яi}}.$$

Следовательно, $M_3+M_4=0$, а результирующий момент

$$M_р=M_1+M_2=k''_2U_р^2-k'_1I_р^2.\quad M_р=M_1+M_2=K_2''U_р^2-K_1'I_р^2.$$

Граничные условия при срабатывании реле определяются равенством $M_р=0$; следовательно (без учета механического момента),

$$k_2''U_р^2-k_1'I_р^2=0;$$

$$z_р=\sqrt{\frac{k''_2}{k'_1}}=z_{ср}.$$

Пусковые органы в нормальном режиме постоянно включены, и, следовательно, они должны быть термически устойчивы при эксплуатационном напряжении. Регулировка уставок сопротивления срабатывания производится при помощи регулировочного автотрансформатора напряжения *ТН* (рис. 1-6).

Автотрансформатор имеет основную обмотку w_1 с ответвлениями через 10% витков для грубой регулировки числа витков во вторичной цепи напряжения и дополнительные обмотки w_2 и w_3. Обмотка w_2 предназначена для более точного регулирования уставки, а обмотка w_3 — для изменения числа витков, к которым подводится напряжение от трансформатора напряжения при включении реле на

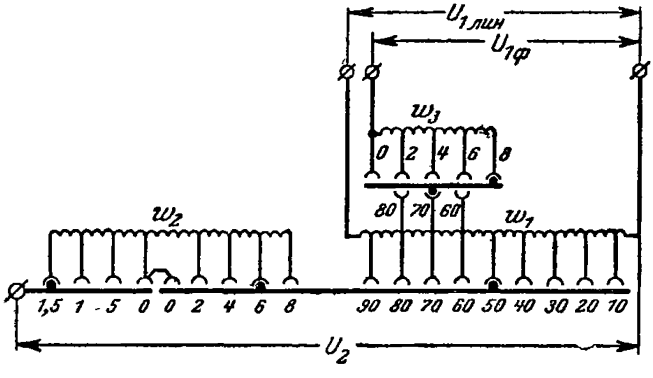


Рис. 1-6 Принципиальная схема регулировочного автотрансформатора напряжения пускового реле КРС-112.

фазное напряжение. При этом сопротивление срабатывания реле при двойных замыканиях на землю будет близким к сопротивлению срабатывания при замыканиях между фазами.

Реле имеет один замыкающий и один размыкающий контакты. Обмотки реле термически устойчивы при 1,1 $U_н$ и 1,1 $I_н$. Потребляемая мощность реле при номинальных значениях:

а) цепей переменного тока — не более 4 *ва* на фазу;

б) цепей переменного напряжения — не более 35 *ва* на фазу.

Время действия реле при к. з. в пределах до 0,7 $z_{ср}$ с токами к. з., в 2 раза превышающими токи точной работы:

а) замыкание замыкающего контакта — не более 0,08 *сек*;

б) размыкание размыкающего контакта — не более 0,04 *сек*.

Разрывная мощность контакта реле в цепи постоянного тока с индуктивной нагрузкой (постоянная времени не более 5×10^{-3} *сек*) не менее 30 *вт* при напряжении до 220 *в* и токе до 1,5 *а*.

§ 1-5. ДИСТАНЦИОННЫЙ ОРГАН

В качестве дистанционного органа защиты используется реле полного сопротивления типа КРС-111 (рис. 1-7).

Как и у реле КРС-112, дистанционный орган выполнен на индукционной четырехполюсной системе с цилиндрическим ротором.

Две обмотки реле $5PC_я$ и $5PC_п$ совместно со вторичными обмотками трансреакторов *5Tx1* и *5Tx2*, емкостью *5C* и сопротивлением *5R* включены в две параллельные ветви, присоединенные к регулировочному автотрансформатору напряжения *5TH*. Емкостное сопротивление *5C* превосходит индуктивное сопротивление обмотки $z_я$ примерно на 30%, и поэтому сопротивление цепи имеет емкостный характер с углом порядка 25°. Для изменения угла сопротивления цепи обмотки $z_п$ служит сопротивление *5R*.

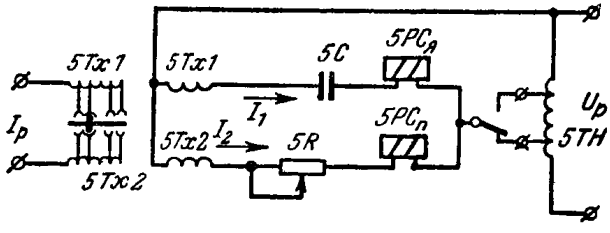


Рис. 1-7. Принципиальная схема дистанционного реле типа КРС-112.

$5PC_я$ и $5PC_п$ — обмотки реле; *5Tx1* и *5Tx2* — трансреакторы; *5TH* — регулировочный автотрансформатор напряжения; *5C* — конденсатор; *5R* — регулируемое сопротивление.

Отличие схемы и параметров реле КРС-111 определяется в основном следующим:

1. Защита ПЗ-153 является односистемной. Дистанционный орган реагирует на все виды повреждения в первой и второй зонах, для чего предусмотрены соответствующие переключения в цепях тока и напряжения с целью подведения к ним междуфазного напряжения и разности фазных токов при междуфазных к. з., а также фазных напряжений и фазных токов с компенсацией тока нулевой последовательности при двойных замыканиях на землю. Для максимального облегчения условий и упрощения схемы переключения в токовых цепях применена промежуточная трансформация тока.

2. У реле КРС-111 предусмотрена возможность использования смещенных характеристик (рис. 1-8 и табл. 1-4).

Таблица 1-4

Характеристики реле КРС-111 (рис. 1-8) при различных отпайках на трансреакторах *Tx1* и *Tx2*

Характеристики		1	2	3	4	5	6	7	8
Уставки, *ом*	*5Tx1*	0,15	0,3	0,5	0,75	0,15	0,15	0,15	0,3
	5Tx2	0,15	0,3	0,5	0,75	0,3	0,5	0,75	0,15

Продолжение табл. 1-4

Характеристики		9	10	11	12	13	14	15	16
Уставки, *ом*	*5Tx1*	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75
	5Tx2	0,5	0,75	0,15	0,3	0,75	0,15	0,3	0,5

3. Подача тока в обмотки реле производится только после завершения всех операций по переключению цепей тока и напряжения. Это позволяет уменьшить влияние переходных процессов.

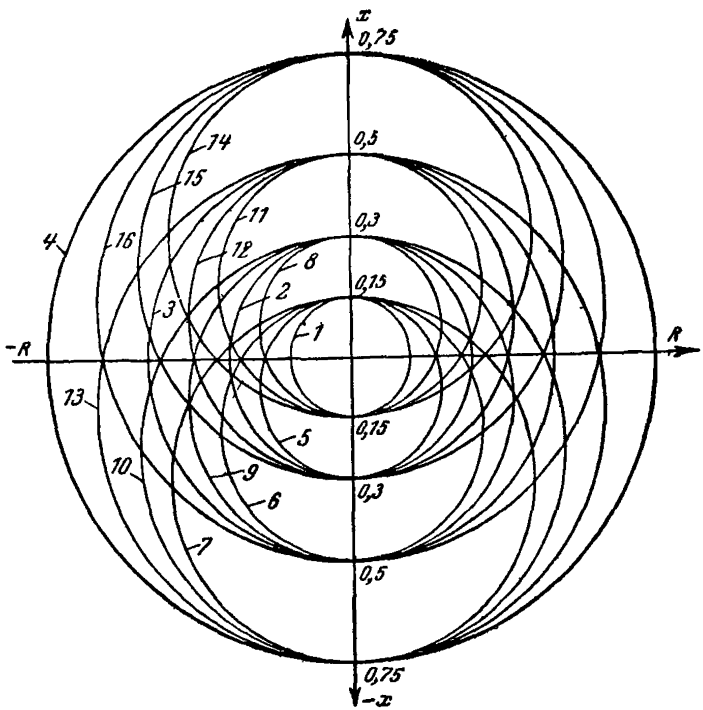


Рис. 1-8. Характеристики $z_{ср}=f(\varphi)$ дистанционного реле КРС-111 при различных отпайках на трансреакторах *Tx1* и *Tx2* (табл. 1-4).

4. В нормальном режиме в цепях дистанционного реле протекает незначительный ток, необходимый для создания небольшого запирающего момента, удерживающего контактную систему в разомкнутом состоянии. Это решает проблему термической устойчивости реле.

Анализ работы реле производится так же, как и в отношении реле КРС-112. При этом векторная диаграмма токов и напряжений в цепях реле и их слагающая имеет вид, изображенный на рис. 1-9. Рассматривается взаимодействие потоков, созданных токами $I_{яu}$ и $I_{пu}$, $I_{яi}$ и $I_{пi}$, $I_{яu}$ и $I_{пi}$, $I_{яi}$ и $I_{пu}$, которые создают моменты:

$$\left.\begin{aligned} M_1 &= -k' I_{яi} I_{пi} \sin 90^\circ = -k'_1 I_р^2; \\ M_2 &= k'' I_{яu} I_{пu} \sin 90^\circ = k''_2 U_р^2; \\ M_3 &= -k_3 I_{яi} I_{пu} \sin \beta; \\ M_4 &= k_4 I_{пi} I_{яu} \sin \alpha. \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

$M_3+M_4=0$, поскольку они противоположны по знаку, $k_3=k_4$ и $\alpha=\beta=90^\circ+\beta_1+\psi$ (рис. 1-9).

В случаях, когда $k_3 \neq k_4$, моменты M_3 и M_4 не уравновешиваются и характеристика реле оказывается смещенной относительно начала координат по оси x.

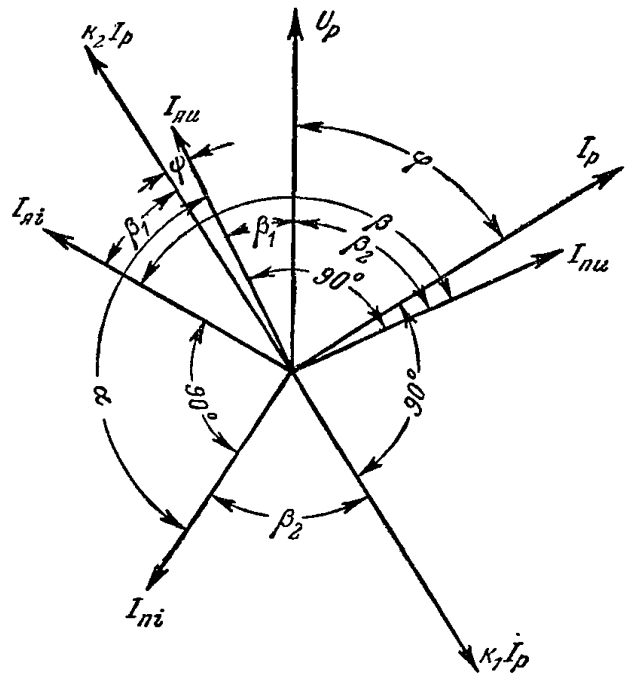


Рис. 1-9. Векторная диаграмма токов и напряжений дистанционного реле КРС-111. $k_1 I_р$ и $k_2 I_р$ — э. д. с. трансреакторов *5Tx1* и *5Tx2*; $I_{яu}$ и $I_{пu}$ — токи в обмотках ярма и полюсов, обусловленные напряжением $U_р$; $I_{яi}$ и $I_{пi}$ — токи в обмотках ярма и полюсов, обусловленные током $I_р$.

В реле КРС-111 регулировка коэффициентов осуществляется в первичных обмотках трансреакторов и не вызывает изменения сопротивлений контуров обмоток реле и фазовых углов этих сопротивлений.

Отпайки, выполненные в первичных обмотках трансреакторов, позволяют использовать любую из характеристик, приведенных на рис. 1-8.

При использовании указанных характеристик влияние переходных сопротивлений в месте повреждения на работу реле будет меньшим. Смещение характеристики вдоль оси $-x$ уменьшает это влияние, а вдоль оси x — увеличивает. При необходимости ограни-

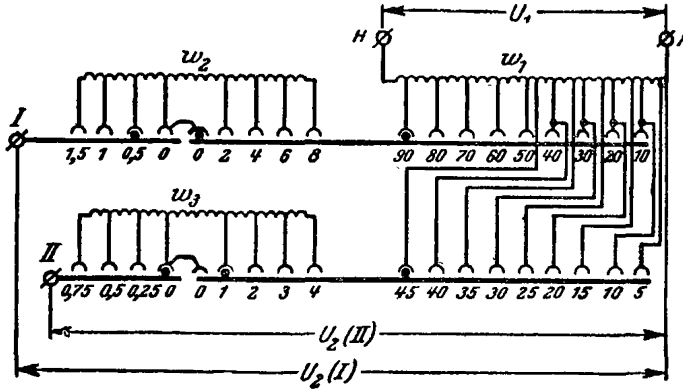


Рис. 1-10. Схема регулировочного автотрансформатора напряжения *5ТН* реле КРС-111.

чения зоны действия реле при к. з. с направлением мощности к шинам или при длинных, сильно нагруженных линиях, где влияние переходных сопротивлений незначительно, может быть использовано смещение характеристики по оси x.

Точная регулировка уставок осуществляется посредством автотрансформатора напряжения *5ТН* (рис. 1-10).

Обмотка w_1 служит для грубой регулировки уставок первой и второй зон. Обмотка w_2 служит для точной регулировки уставки в первой зоне, а обмотка w_3 — для точной регулировки уставки во второй зоне.

Ступенчатая регулировка уставок реле производится изменением витков первичной обмотки трансреакторов.

Воздушный зазор трансреакторов перекрыт клинообразными пластинами из пермаллоя, что необходимо для компенсации влияния нелинейности цепей со стальными сердечниками. При больших индукциях в магнитопроводе пермаллоевые клинья насыщены и не оказывают влияния на работу реле, а при малых индукциях насыщение клиньев резко снижается и увеличение их магнитной проницаемости компенсирует снижение проницаемости в магнитопроводе, благодаря чему снижается ток точной работы.

Для изменения воздушных зазоров трансреакторов предусмотрены магнитные шунты с возможностью изменения их положения. При хорошей пермаллоевой компенсации и тщательной регулировке реле токи точной работы могут быть снижены в 1,5—2 раза [Л. 1] по сравнению с величинами, приведенными в табл. 1-3.

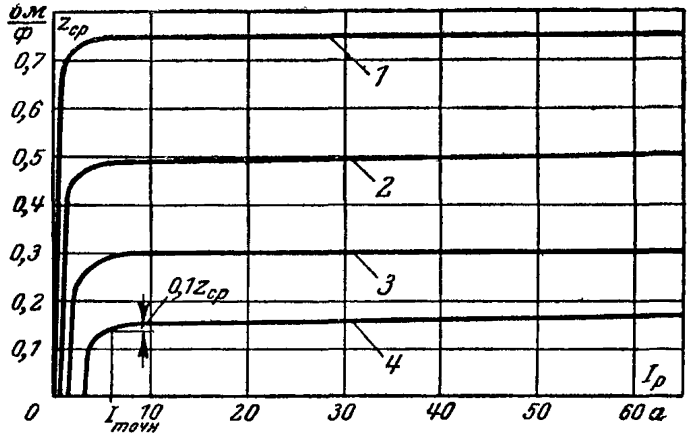


Рис. 1-11. Характеристики $z_{ср}=f(I_р)$ реле КРС-111.
Кривые *1*, *2*, *3*, *4* даны для уставок на *Тх1* и *Тх2* соответственно 0,75; 0,5; 0,3; 0,15 *ом*.

На рис. 1-11 приведены типичные кривые зависимости сопротивления срабатывания реле КРС-111 от тока для реле с характеристиками, центр которых совпадает с началом координат.

§ 1-6. БЛОКИРОВКА ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ ЦЕПЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ТИПА КРБ-12, ОРГАНЫ НАПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТИ

Для предотвращения ложного срабатывания защиты ПЗ-153 при обрывах цепей напряжения служит устройство типа КРБ-12 (рис. 1-12).

Устройство состоит из пятиобмоточного промежуточного трансформатора напряжения *Тб*, три обмотки которого через сопротивления *R2*, *R3* и *R4* включены на фазные напряжения, а четвертая обмотка через сопротивление R_1 подключается к обмоткам трансформатора напряжения, соединенным в разомкнутый треугольник.

В качестве исполнительного органа служит реле *РНб*, подключенное к пятой обмотоке через выпрямительный мост *ВК*. В симметричном режиме и при междуфазных коротких замыканиях потоки в магнитопроводе трансформатора компенсируются и ток в реле отсутствует. При замыканиях на землю компенсация потоков происходит благодаря обмотке, подключенной к цепям разомкнутого треугольника трансформатора напряжения. При перегорании одного или двух предохранителей сумма потоков не равна нулю и реле *РНб* срабатывает, снимая с защиты «плюс» постоянного тока. При

перегорании (отсутствии) трех предохранителей устройство КРБ-12 не действует.

Органами направления мощности *7РМ* и *8РМ*, включенными по 90-градусной схеме, являются реле типа ИМБ-171, подробное опи-

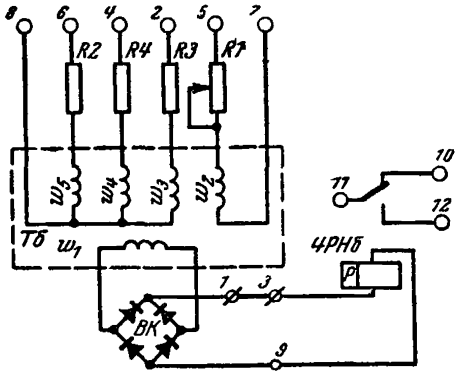


Рис. 1-12. Устройство блокировки защиты при неисправностях цепей напряжения типа КРБ-12.

сание и особенности проверки которых приведены в инструкции по проверке и регулировке реле направления мощности ИМБ и РБМ (Госэнергоиздат, 1961).

§ 1-7. ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Защита типа ПЗ-153 является односистемной, и поэтому в ней предусмотрено переключение дистанционного органа на токи напряжения поврежденных фаз. Для облегчения условий коммутации, уменьшения влияния переходных сопротивлений контактов, исключения возрастания погрешностей реле и пробоя обмоток измерительных трансформаторов тока вследствие появления значительных перенапряжений применены промежуточные трансформаторы тока *6ТТ1, 6ТТ2, 6ТТ3,* разделяющие цепи тока на две изолированные друг от друга части и снижающие коммутируемые токи в 25 раз. Первичные обмотки промежуточных трансформаторов совместно с обмотками трансреакторов пусковых реле полного сопротивления *1Тх1*, *1Тх2*, *2Тх1*, *2Тх2*, *3Тх1*, *3Тх2,* реле направления мощности *7РМ* и *8РМ,* а также с обмоткой автотрансформатора тока *6АТТ* и реле $9РТ_0$ включены в цепи основных трансформаторов тока. Никаких контактов реле в этих цепях нет.

Автотрансформатор тока *6АТТ* служит для регулирования тока kI_0, подаваемого в дистанционный орган при замыканиях на землю. Со вторичной стороны автотрансформатор присоединен к дополнительным компенсационным обмоткам промежуточных трансформаторов тока, увеличивая таким образом при замыканиях на землю ампер-витки этих трансформаторов.

Для изменения компенсации, требуемая величина которой определяется соотношением сопротивлений прямой и нулевой после-

довательности защищаемой линии, автотрансформатор *6АТТ* имеет регулируемый коэффициент трансформации. Зависимость коэффициента трансформации от положения штепсельных винтов на панельке отпаек приведена в табл. 1-5.

Таблица 1-5

Зависимость коэффициента $k_т$ автотрансформатора *6АТТ* от положения винтов на панельке отпаек

Винты вверну-ты в гнезда	1—8	1—7	1—6	1—5	2—8	2—7	2—6	2—5
$k_т$	0,95	0,92	0,88	0,84	0,805	0,77	0,73	0,695

Продолжение табл. 1-5

Винты вверну-ты в гнезда	3—8	3—7	3—6	3—5	4—8	4—7	4—6	4—5
$k_т$	0,66	0,62	0,585	0,55	0,51	0,47	0,44	0,4

Схема внутренних соединений и панелька отпаек автотрансформатора *6АТТ* показаны на рис. 1-13.

В цепи вторичных обмоток промежуточных трансформаторов *6ТТ* входят первичные обмотки трансформаторов *5Тх1* и *5Тх2* дистанционного органа и контакты переключающих реле.

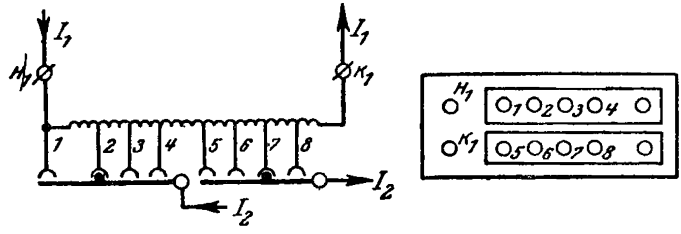


Рис. 1-13. Схема внутренних соединений и панелька отпаек автотрансформатора *6АТТ*.

Благодаря снижению уровня коммутируемых токов и повышению уровня напряжений оказалось возможным для цепей переключения использовать реле кодового типа, практически исключить влияние переходных сопротивлений контактов и избежать опасности пробоя обмоток измерительных трансформаторов тока, цепи которых при работе переключающих реле не должны размыкаться, а должны быть замкнутыми на первичные обмотки промежуточных трансформаторов тока.

Вторичные обмотки трансформаторов тока *6ТТ* жестко соединены в разомкнутый треугольник, который в нормальном режиме и при междуфазных к. з. является замкнутым через размыкающие

контакты промежуточного реле *6РП3*, управляемого токовым реле нулевой последовательности. Это обеспечивает весьма простую возможность подачи в дистанционный орган разности токов любых двух фаз путем закорачивания при разных видах к. з. одной из трех вторичных обмоток трансформаторов.

Все переключения по фазам при всех видах повреждений осуществляются тремя переключающими контактами, по одному от каждого реле *6РП1*, *6РП2* и *6РП3*.

При междуфазных к. з. реле *6РП3* не работает и подача в схему дистанционного органа разности токов тех или других фаз определяется положением контактов реле *6РП1* и *6РП2*.

При замыканиях на землю реле *6РП3* своими переключающими контактами подает в схему дистанционного органа фазный ток с компенсацией тока нулевой последовательности. При этом схема переключений выполнена так, что при замыканиях на землю подача тока той или другой фазы определяется только положением контактов реле *6РП2*, т. е. работой пусковых органов фазы *С*. Положение контактов *6РП1* при этом не играет роли.

Конктакт реле $4РП5_3$ шунтирует токовые цепи дистанционного органа до окончания работы всех переключающих реле с целью предупреждения подачи в дистанционный орган питания от цепей тока ранее, чем от цепей напряжения, т. е. для создания на реле тормозного момента раньше, чем рабочего. Контакты реле $6РП4_3$ выполнят по существу ту же функцию, но в другой момент времени — при переключении реле с уставок первой зоны на уставку второй зоны. Для предотвращения кратковременного срабатывания («клевка») дистанционного органа *5РС* в момент переключения контакты $6РП4_3$ выполнены «мостящего» типа. Для удобства проведения проверочно-наладочных работ присоединение цепей тока защиты к измерительным трансформаторам тока осуществляется не жестко, а через контакты испытательного блока *ИБ-1*.

§ 1-8. ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

В схему цепей переменного напряжения защиты ПЗ-153 входят обмотки напряжения двух реле направления мощности, включенных по 90-градусной схеме, устройство блокировки при перегорании предохранителей и обрыве цепей напряжения (комплект *4*), а также пусковые (*1РС*, *2РС*, *3РС*) и дистанционный (*5РС*) органы со всеми элементами, кроме первичных обмоток трансреакторов, входящих в цепи тока.

Пусковые реле сопротивления включены со стороны трансформаторов напряжения на линейные напряжения. При замыканиях на землю реле *1РС* и *3РС* для обеспечения одинакового замера переключаются с линейных напряжений на фазные контактами реле *6РП3*. Схема переключения цепей напряжения дистанционного органа по фазам при всех видах повреждений осуществляется контактами переключающих реле *6РП1*, *6РП2* и *6РП3*. При этом, как и в цепях тока, при замыканиях на землю подача в схему дистанционного органа напряжения U_A или U_C определяется только положением контактов реле *6РП2*.

Для создания в нормальном режиме небольшого удерживающего момента от напряжения в схему переключений введены контакт $6РП2_4$ и активное сопротивление *6R2*, что гарантирует надеж-

ное размыкание контактов реле после действия защиты, когда вследствие искрения контактов могут появиться небольшие затирания. Для устранения «клевков» реле *5РС* при переключении с первой зоны на вторую контакт реле $6РП4_2$ шунтирован емкостью *6С*.

Токовые цепи защиты, как и цепи напряжения, подключены к измерительным трансформаторам напряжения через контакты испытательного блока *ИБ-2*.

§ 1-9. ОПЕРАТИВНЫЕ ЦЕПИ

Схема оперативных цепей защиты ПЗ-153 во многом повторяет схему защиты типа ПЗ-152. Однако имеется ряд существенных отличий, обусловленных в основном применением в качестве пусковых органов реле полного сопротивления.

Схема оперативного постоянного тока может быть разделена на три основных части (см. рис. 1-1).

Управление переключающими реле. Переключающие реле *6РП1*, *6РП2* и *6РП3* своими контактами подводят к дистанционному органу *5РС* требуемые напряжения и ток петли короткого замыкания. Управляются эти реле контактами реле направления мощности *7РМ* и *8РМ*, реле сопротивления *1РС*, *2РС* и *3РС* и токового реле $9РТ_0$, служащего, кроме того, для выведения из действия реле *2РС* при двойных замыканиях на землю и наличии тока в фазе *В*.

Для достижения четкой избирательности применена циклическая блокировка пусковых реле сопротивления — выведение из действия реле, включенного на ток отстающей фазы. Так, размыкающий контакт *3РС* разрывает цепь замыкающего контакта *1РС*, а размыкающий контакт *1РС* рвет цепь замыкающего контакта *2РС*. Однако полную циклическую блокировку в данном случае осуществлять нельзя, так как при трехфазных к. з. все три пусковых реле окажутся заблокированными и произойдет отказ защиты.

Для предупреждения этого и для предотвращения возможности неправильного включения дистанционного органа при двухфазных замыканиях фаз *ВС*, когда кроме реле *2РС*, может сработать реле *3РС*, схема выполнена так, что срабатывание реле *3РС* в этом случае не приводит к изменениям в работе переключающих реле *6РП1* и *6РП2*, для чего реле *6РП1* и *6РП2* выполнены двухобмоточными.

Дополнительные контакты промежуточных реле *6РП1*, *6РП2* и *6РП5*, введенные в цепи переключающих реле, осуществляют фиксацию первоначального вида повреждения и предотвращают последующие переключения в схеме при развитии аварии, например при переходе двухфазных к. з. в трехфазные.

Сигнальное реле *17РУ* служит для указания пуска защиты при двойном замыкании на землю.

В цепи обмотки реле *17РУ* установлена съемная перемычка *104—106*. Если желательно, чтобы сигнализация о наличии тока нулевой последовательности была только при действии данной защиты, присоединение реле *17РУ* к «минусу» источника постоянного тока выполняется через свободные контакты выходного реле $11РП_4$.

Управление вспомогательными реле. К вспомогательным реле рассматриваемой части оперативных цепей относятся промежуточ-

ные реле *6РП4, 6РП5* и два реле времени *12РВ* и *13РВ*. Промежуточное реле *6РП5*, управляемое контактами переключающих реле $6РП1_3$ и $6РП2_3$, выполняет в защите следующие функции:

1) подает ток в схему дистанционного органа после окончания всех переключений по фазам;

2) контактом $6РП5_1$ фиксирует вид повреждения в цепи управления переключающими реле;

3) контактами $6РП5_2$ запускает реле времени и разрывает цепь обмотки реле *6РП4*.

Реле *6РП5* представляет собой кодовое реле типа КДР-3 и имеет замедление при возврате порядка 0,15 *сек*. При наличии фиксации вида повреждения это замедление не является необходимым, однако оно не вредит и целесообразно лишь при отказе от использования фиксации вида повреждения. Замедление может принести пользу и при использовании фиксации в случае, если при к. з. один вид повреждения переходит в другой не в сторону развития аварии, а в сторону ее сокращения [Л. 1].

Дополнительное замедление при срабатывании *6РП5* не требуется, так как пуск *6РП5* всегда осуществляется контактами переключающих реле *6РП1* и *6РП2* и поэтому срыв фиксации невозможен. Для облегчения условий работы контактов реле *6РП5* в цепях запуска реле времени параллельно обмоткам последних установлен искрогасительный контур *20С—22R*.

Вспомогательное реле *6РП4* управляется размыкающим контактом *6РП5* и служит для переключения дистанционного органа с уставок первой на уставку второй зоны защиты. Оно представляет собой также кодовое реле типа КДР-3 и имеет замедление при возврате порядка 0,15 *сек*. Для увеличения времени переключения реле *5РС* на уставки второй зоны в случаях, когда это желательно, в схеме предусмотрено добавочное сопротивление $6R_1$, которое посредством перемычки *104—108* может быть включено параллельно обмотке реле. Включение сопротивления увеличивает время возврата реле *6РП4* до 0,25—0,35 *сек*.

Для уменьшения погрешностей реле времени второй зоны и обеспечения в случае необходимости выдержки времени для первой зоны в схему введены два отдельных реле времени: для второй зоны — типа ЭВ-122 и для третьей зоны — типа ЭВ-134.

Цепи действия на отключение. Отключающий импульс на выключатели дает выходное промежуточное реле *11РП*, рассчитанное для действия на два выключателя и имеющее одну основную обмотку, посредством которой оно приводится в действии, и три дополнительные. Две из них включены последовательно в цепи отключающих катушек выключателей для обеспечения надежности отключения последних.

Третья дополнительная обмотка (демпферная) создает замедление при срабатывании, необходимое для предупреждения действия защиты при работе линейных разрядников. Для ускорения возврата реле *11РП* демпферная обмотка закорочена не жестко, а посредством своего размыкающего контакта. Реле *10РП* осуществляет фиксацию действия дистанционного органа посредством пусковых органов при к. з. во второй зоне, когда под влиянием развившейся дуги первоначально сработавший дистанционный орган может вернуться раньше, чем замкнуться контакты реле времени *12РВ* и сработает выходное реле *11РП*.

Для обеспечения возможности использования фиксации лишь в случаях, когда она допустима с точки зрения селективности действия защиты, контакт реле *10РП*, осуществляющий фиксацию, включен в цепь через съемную перемычку *145—149*.

При дополнении защиты ПЗ-153 блокировкой при качаниях контакт исполнительного реле должен включаться между зажимами *149—151*. Реле *10РП* используется для фиксации действия блокировки при качаниях по цепи второй зоны защиты. В этом случае для осуществления блокирования защиты во второй зоне реле *10РП* фиксирует своими контактами $10РП_2$ факт одновременного нахождения в сработанном состоянии дистанционного органа и исполнительного реле схемы блокировки при качаниях.

Фиксация снижает время, на которое блокировка при качаниях замыкает цепи блокируемых зон. При отсутствии блокировки при качаниях контакты реле $10РП_2$ шунтируются перемычкой *149—151*.

Для выведения из действия (если это желательно) блокировки во второй зоне предусмотрен размыкающий контакт реле *6РП4*, который через съемную перемычку *151-153* шунтирует контакты блокирующего реле после переключения реле *5РС* на вторую зону. Сигнальные реле *14РУ—19РУ* установлены в цепи каждой зоны и в двух цепях действия на отключающие катушки. Переключающие устройства *ПУ-1* и *ПУ-2*, расположенные в выходных цепях, предназначены для оперативных переключений при наладках, регулировках и проверках защиты, а также для возможности переключений защиты для работы с АПВ, без АПВ или с действием на сигнал.

Срабатывание выходного промежуточного реле *11РП* может осуществляться по одной из трех цепей:

По цепи первой зоны — от зажима *103* через контакты реле *6РП1* или *6РП2*, контакт реле сопротивления *5РС*, перемычку *149—151* (или контакт реле блокировки при качаниях), контакт и последовательную удерживающую обмотку *6РП4*, сигнальное реле *14РУ1* подается «плюс» на параллельную обмотку выходного реле *11РП*. Эта цепь может разрываться контактом реле *6РП4* при переключении им защиты на уставки второй зоны. Последовательная обмотка реле *6РП4* предотвращает отпадание якоря реле после подачи импульса на выходное реле, что предупреждает срыв отключающего импульса в случае, если цепь действия на отключение от первой зоны защиты успела замкнуться до того, как произойдет переключение на вторую зону.

По цепи второй зоны защита действует аналогично до срабатывания контакта реле *6РП4* и затем через контакт реле времени *12РВ* и сигнальное реле *15РУII* — по цепи отключения от второй зоны дистанционного органа. В случае использования блокировки при качаниях импульс на выходное реле по рассматриваемой цепочке пройти не может, так как к моменту замыкания контактов реле *12РВ* контакты реле блокировки при качаниях оказываются разомкнутыми. Действие на отключение в этом случае происходит следующим образом: замыкаются контакты дистанционного органа и блокировки при качаниях, срабатывает реле *10РП* и контактом $10РП_2$ шунтирует контакты блокирующего реле.

По цепи третьей зоны защита действует через контакты переключающих реле непосредственно на контакты реле времени *13РВ* и после их замыкания через сигнальное реле *16РУIII* на выходное промежуточное реле *11РП*,

§ 1-10. ДЕЙСТВИЕ ЗАЩИТЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Действие органов защиты при различных видах повреждений указано в табл. 1-6.

Работа защиты может быть пояснена на следующих примерах:

1. Двухфазное короткое замыкание фаз *BC*. На сопротивление петли к. з. включено реле *2РС*, которое, сработав, вместе с реле *8РМ* через размыкающие контакты реле $9РТ_0$ и *1РС* подает питание на переключающие реле *6РП2* и *6РП1*.

Реле *3РС* при этом оказывается включенным на напряжение неповрежденных фаз и на ток поврежденной фазы и при близких к. з. также может сработать, но работа *3РС* не нарушит правильности действия переключающих реле, так как оно лишь дублирует подачу питания на реле *6РП2*. Реле *6РП1* и *6РП2* срабатывают, контактами $6РП1_3$ и $6РП2_3$ подводят напряжение к контактам дистанционного органа, размыкают цепи вторичных обмоток промежуточных трансформаторов тока и подготавливают подачу в схему дистанционного органа разности токов $I_C—I_B$, подают в схему *5РС* напряжение U_{CB}, запускают реле *6РП5*, которые своим контактом $6РП5_3$ дешунтирует первичные обмотки трансреакторов, и в схему дистанционного органа подается ток $I_C—I_B$.

Если короткое замыкание произошло в первой зоне, то дистанционный орган *5РС* срабатывает и по цепи отключения первой зоны действует на выходное реле. Если короткое замыкание произошло во второй зоне, то реле *5РС* не работает до переключения защиты на уставку второй зоны, производимого с помощью реле *6РП4*, которое, кроме того, разомкнет цепь первой зоны по постоянному току, и реле *11РП* сработает при замыкании контактов реле *12РВ*.

При коротком замыкании в третьей зоне реле *5РС* вообще не работает и отключение происходит от контактов реле *13РВ*.

2. Двойное замыкание на землю фаз *A* и *C* в первой зоне на линии с односторонним питанием. На защищаемой линии повреждена фаза *C*. Работают реле *3РС*, *8РМ* и $9РТ_0$ и подают питание на реле *6РП2* и *6РП3*.

Реле *6РП3* закорачивает вторичную обмотку трансформатора *6ТТ1* и контактом $6РП3_1$ размыкает цепь контакта $6РП1_4$ в цепях напряжения.

Реле *6РП2* подготавливает подачу в схему дистанционного органа тока I_C+kI_0, подает в эту схему напряжение U_C и запускает реле *6РП5*. Последнее размыкает свои контакты в токовых цепях: в схему дистанционного органа подается ток I_C+k3I_0. Поскольку повреждение произошло в первой зоне, дистанционный орган срабатывает и по цепи отключения от первой зоны действует на выходное реле, если повреждение на фазе *A* к моменту замыкания контактов выходного реле не отключено другой защитой.

При рассматриваемом виде повреждения отключаются оба места замыкания на землю в тех случаях, когда они находятся в зонах защит, имеющих одинаковые выдержки времени.

При двустороннем питании и двойном замыкании на землю фаз *A* и *C* всегда отключается линия, по которой мощность направлена от шин в фазе *C*.

При двойных замыканиях на землю между любыми другими фазами защита отключает только одно из мест повреждения.

Таблица 1-6

Действие органов защиты при различных видах повреждений

Режим	Ток повреждения протекает в фазах	Мощность от шин направлена в фазах	Срабатывают: пусковые органы 1РС	3РС	2РС	9РТ$_0$	реле мощности 7РМ	8РМ	промежуточные реле 6РП1	6РП2	6РП3	К дистанционному органу подводится: ток	напряжение	Срабатывание защиты (+)
Нормальный	—	—	—	—	—	—	±	±	—	—	—	—	$U_{удерж}$	—
3-фазное к. з.	ABC	ABC	+	+	+	—	+	+	—	+	—	$I_C - I_A$	U_{CA}	+
2-фазное к. з.	AB	AB	+	—	±	—	+	±	+	—	—	$I_A - I_B$	U_{AB}	+
	BC	BC	—	±	+	—	±	+	+	+	—	$I_C - I_B$	U_{CB}	+
	CA	CA	±	+	—	—	+	+	—	+	—	$I_C - I_A$	U_{CA}	+
Двойное замыкание на землю при двустороннем питании	ABO	$\frac{A}{B}$	+	—	0	+	+	±	+	—	+	$I_A + kI_0$	U_A	+
			+	—	0	+	—	+	—	—	+	—	U_A	—
	BCO	$\frac{B}{C}$	—	+	0	+	+	—	—	—	+	—	U_A	—
			—	+	0	+	±	+	—	+	+	$I_C + kI_0$	U_C	+
	CAO	$\frac{C}{A}$	+	+	0	+	—	+	—	+	+	$I_C + kI_0$	U_C	+
			+	+	0	+	+	—	—	—	+	—	U_A	—
Двойное замыкание на землю при одностороннем питании	ABO	$\frac{A}{B}$	+	—	0	+	+	±	+	—	+	$I_A + kI_0$	U_A	+
			—	—	0	+	±	±	—	—	+	—	U_A	—
	BCO	$\frac{B}{C}$	—	—	0	+	±	±	—	—	+	—	U_A	—
			—	+	0	+	±	+	—	+	+	$I_C + kI_0$	U_C	+
	CAO	$\frac{C}{A}$	—	+	0	+	±	+	—	+	+	$I_C + kI_0$	U_C	+
			+	—	0	+	+	±	+	—	+	$I_A + kI_0$	U_A	+

Примечание. Значком „+" обозначены работающие реле; „—" неработающие; „±" реле, занимающие любое положение; „0" — выведенные из действия.

ГЛАВА ВТОРАЯ

НАЛАДКА И ПРОВЕРКА ЗАЩИТЫ

§ 2-1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ И ОБЪЕМ РАБОТ

Панели защиты ПЗ-153 перед установкой в эксплуатацию должны пройти испытания и наладку, заключающиеся в проверке исправности аппаратуры, придании элементам схемы желаемых параметров, выборе уставок реле и проверке основных параметров защиты и ее характеристик. В меньшем объеме производится периодическая эксплуатационная проверка защиты. Подробные сведения об этом даны в § 2-9.

Наладка и проверка защиты при новом включении имеют целью:

1) проверку исправности аппаратуры панели и отсутствия ошибок в соединениях между элементами и внутри элементов защиты;

2) выбор уставок основных органов защиты и определение действительных рабочих характеристик отдельных органов защиты и схемы в целом и проверку работы защиты в различных режимах;

3) определение соответствия действительных параметров основных элементов схемы защиты для облегчения контроля их исправности при последующих периодических эксплуатационных проверках защиты, которые будут производиться при обнаружении неправильного ее поведения в процессе эксплуатации.

Проверка и наладка при новом включении производятся в следующем объеме:

1) внешний осмотр реле, вспомогательных устройств, предварительная проверка отсутствия повреждений в реле, измерение сопротивления изоляции и испытание прочности ее высоким напряжением;

2) установка требуемых перемычек в схеме;

3) регулировка и проверка основных параметров вспомогательных устройств и реле схемы постоянного тока; проверка взаимодействия реле в схеме при ручном запуске отдельных реле;

4) проверка элементов цепей переменного тока и напряжения;

5) регулировка уставок реле сопротивления и токового реле;

6) определение зависимости сопротивления срабатывания от угла между током и напряжением и от величины тока;

7) проверка работы полной схемы защиты;

8) определение времени действия защиты в первой зоне и регулировка времени действия защиты во второй и третьей зонах;

9) определение потребления защиты в цепях тока и напряжения;

10) подключение защиты к измерительным трансформаторам тока и напряжения и проверка правильности включения рабочим током;

11) опробование защиты на отключение выключателя.

В случаях обнаружения дефектов отдельных элементов с последующим устранением их или внесения изменений в схему защиты производится всестороннее испытание отремонтированного элемента или измененного узла.

§ 2-2. ВНЕШНИЙ ОСМОТР, ПРОВЕРКА МОНТАЖА ЦЕПЕЙ ЗАЩИТЫ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ РЕГУЛИРОВКА

Проверку начинают с осмотра аппаратуры панели. При осмотре необходимо убедиться в отсутствии механических повреждений элементов схемы и монтажа, в надежности креплений и качестве уплотнений. Проверяют отсутствие коррозии на ответственных деталях, качество соединений, паек, а также наличие необходимых зазоров между токоведущими частями и корпусом. Необходимо обратить особое внимание на закрепление шпилек с задней стороны панели. При закреплении их гайками следует следить за тем, чтобы сами шпильки не вращались, так как они могут вывернуть винты, расположенные внутри реле защиты, и ухудшить качество соединения. После закрепления шпилек сзади панели следует опробовать крепление винтов внутри всех реле. Проверяют соответствие монтажа панели монтажным схемам, приложенным заводом. Ошибки в монтаже, если они имеются, устраняются.

После этого следует провести предварительную механическую проверку реле в следующем объеме:

1) проверка ответственных подвижных и неподвижных деталей реле;

2) проверка необходимых люфтов в осях реле, отсутствия затираний, надежности замыкания контактов, наличия совместного хода контактов, правильности регулировки «мостящих» контактов (например, *6РП1*$_5$, *6РП2*$_6$, *6РП3*$_6$ и *6РП4*$_5$), наличия необходимых зазоров между контактами.

§ 2-3. ПРОВЕРКА ИЗОЛЯЦИИ

После осмотра панели защиты и предварительной механической проверки реле производят проверку состояния изоляции в соответствии с «Общей инструкцией по проверке устройств релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей». При этом цепи панели должны быть отделены от подходящих к панели цепей на сборке зажимов. В испытательные блоки должны быть установлены рабочие крышки, а конденсаторы должны быть закорочены.

Проверку изоляции производят со сборки зажимов сзади панели в следующем объеме:

а) измеряют сопротивление изоляции цепей переменного тока, цепей переменного напряжения, цепей оперативного постоянного тока и цепей сигнализации относительно корпуса панели и между собой;

б) измеряют сопротивление изоляции между обмотками многообмоточных реле *6РП1, 6РП2, 6РП4* и *11РП*;

в) измеряют сопротивление изоляции первичных обмоток трансреакторов *5Тх1* и *5Тх2*, и связанных с ними вторичных обмоток трансформаторов *6ТТ1, 6ТТ2, 6ТТ3* относительно цепей переменного тока и переменного напряжения;

г) испытывают электрическую прочность изоляции одновременно всех цепей относительно корпуса панели переменным напряжением 1 000 *в* в течение 1 *мин*; при этом должны быть соединены электрически разобщенные элементы схемы защиты.

Измерение сопротивления изоляции между цепями тока и напряжения, между обмотками реле *6РП1*, *6РП2*, *6РП4* и *11РП* и между цепями первичных обмоток трансреакторов *5Тх1* и *5Тх2* и цепями переменного тока производят мегомметром на 500 *в*.

Сопротивление изоляции между остальными цепями и между всеми цепями и корпусом измеряют мегомметром на 1 000 *в*. При испытании электрической прочности изоляции напряжение плавно увеличивают до 500 *в* и производят осмотр находящейся под напряжением схемы. При отсутствии разрядов, искр и пробоев напряжение увеличивают до 1 000 *в* и удерживают в течение 1 *мин*, а затем плавно снижают до нуля. После этого снова проверяют состояние изоляции мегомметром на 1 000 *в*.

В случае повреждения изоляции производят ремонт и повторные измерения и испытания.

§ 2-4. ПРОВЕРКА ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Реле *6РП1*, *6РП2* и *6РП3*. Реле *6РП1*, *6РП2* и *6РП3* осуществляют в защите подачу в схему дистанционного органа токов и напряжений петли короткого замыкания. Реле не имеют замедления при срабатывании и отпускании. Контакты реле используются во всех частях схемы защиты в цепях переменного тока и напряжения и в цепях оперативного постоянного тока.

В объем проверки и регулировки реле входят:

1. Регулировка контактной системы. Контакты, используемые в цепи тока $6РП1_5$, $6РП2_6$ и $6РП3_6$, должны быть «мостящего» типа, обеспечивающие надежное переключение без разрыва цепи, или обычного типа, но отрегулированными на переключение без разрыва. Контакты в цепях переменного напряжения должны осуществлять переключение с надежным разрывом во избежание коротких замыканий в этих цепях. К контактам, используемым в цепях оперативного постоянного тока, предъявляется требование надежности коммутирования.

Для осуществления этих требований рассматриваемые реле выполняются с большим ходом якоря. При этом подвижные и неподвижные контакты в токовых цепях имеют относительно небольшой зазор (0,8—1 *мм*) и большой совместный ход (1,5—1,7 *мм*), а в цепях напряжения, наоборот, небольшой совместный ход (0,5—0,7 *мм*) и большой зазор (1,8—2 *мм*).

Правильная механическая регулировка реле обеспечивает устойчивую и надежную работу защиты.

Зазор между контактами и совместный ход пружин регулируется изгибанием пружин. Изгибать пружины, служащие также для поглощения кинетической энергии подвижной части контакта, необходимо таким образом, чтобы оставалось предварительное натяжение контактной пружины, что необходимо для сокращения времени замыкания и уменьшения подгорания контактных наклепок. Ход якоря реле регулируют изменением угла выгиба якоря. При регулировке контактов реле следует распределять давление контактов таким образом, чтобы исключить перекос якоря реле.

2. Проверка напряжений срабатывания и возврата реле. Все три реле должны обеспечивать быстрое и надежное переключение цепей. Для этого они работают в форсированном режиме. Для уменьшения вероятности появления короткозамкнутых витков обмотки

выполнены проводом марки ПЭВ-2. Однако в редких случаях возможны подгорание отдельных внешних витков в глубь обмотки и закорачивание значительного количества витков. При наладке измеряют напряжения срабатывания и возврата реле, что облегчает возможность выявления замкнувшихся витков во время последующих проверок.

Вспомогательное реле *6РП5*. Реле *6РП5* выполняет ряд вспомогательных функций. Для исключения возможности подачи тока в реле *5РС* до момента подачи напряжения и для обеспечения четкого срабатывания и подхвата реле *6РП2* реле *6РП5* не должно быть слишком быстродействующим. Поэтому в качестве реле *6РП5* применено реле типа КДР-3, работающее в нормальном режиме.

Величина напряжения срабатывания реле должна находиться в пределах (0,65—0,7)$U_н$. В объем проверки реле *6РП5*, помимо операций, предусмотренных для реле *6РП1—6РП3*, входит определение времени срабатывания; последнее должно быть не менее 0,03—0,04 *сек*. Если при соответствующем зазоре между якорем и сердечником и нормальном напряжении срабатывания реле обеспечить это время не удается, катушку реле следует заменить на другую с более массивной медной гильзой или дополнить реле демпферной обмоткой.

Переключающее реле *6РП4*. Реле *6РП4* осуществляет переключение цепей дистанционного органа *5РС* с уставок первой зоны на уставки второй зоны с выдержкой времени на отпадание порядка 0,16 *сек*. Для исключения ложного замыкания контактов реле *5РС* при переключении его уставок на время переключения производится закорачивание первичных обмоток трансреакторов *5Тх1* и *5Тх2* при помощи «мостящего» контакта $6РП4_3$.

В качестве реле *6РП4* служит реле типа КДР-3. Проверку и регулировку этого реле производят так же, как реле *6РП5*. Выдержка времени на отпадание регулируется воздушным зазором между сердечником и якорем реле при сработавшем положении якоря.

На якоре реле имеется регулирующий винт с закрепляющей гайкой, при помощи которого можно, изменяя зазор, изменять выдержку времени при возврате. Наличие зазора исключает возможность залипания контактов реле. При отсутствии регулировочного винта его необходимо установить. После регулировки выдержки времени возврата реле необходимо измерить напряжение возврата, которое должно быть не менее 0,05 $U_н$. У реле *6РП4* проверяют ток удерживания дополнительной обмотки реле и правильность полярности включения параллельной и последовательной обмоток. Ток удерживания должен быть на 10—15% меньше тока срабатывания выходного реле *11РП*; в противном случае снижается коэффициент возврата реле конечным давлением контактов.

Согласованность полярности включения проверяют подачей тока удерживания в последовательную обмотку при нажатии на якорь рукой для создания цепи; при этом на параллельной обмотке медленно увеличивают напряжение от нуля до номинального. (Полярность тока и напряжения — та же, что в схеме.) При этом реле не должно отпадать, а удерживающий момент на нем не должен снижаться. После этого проверяют время срабатывания и возврата реле при отключенном и включенном сопротивлении *6R1*. Времена возврата при этом должны быть равны в первом случае 0,13—0,17 *сек*, а во втором — 0,25—0,35 *сек*.

Вспомогательные реле *10РП* и *11РП* и реле времени *12РВ* и *13РП*. Проверяют напряжение срабатывания и возврата реле *10РП* и *11РП* и ток удержания реле *11РП* и согласование полярностей обмоток реле *11РП*. Дополнительно проверяют время срабатывания реле *11РП* при разомкнутой и замкнутой демпферной обмотке. Время срабатывания реле *11РП* должно быть соответственно *0,04* и 0,075 *сек*. Отклонение времени от указанных величин более чем на 0,005 *сек* свидетельствует о несоответствии обмоточных данных реле или о повреждении в обмотках. При проверке согласования полярности обмоток вместо катушки отключения включают эквивалентное сопротивление.

Реле времени *12РВ* и *13РВ* проверяют в соответствии с действующими инструкциями.

§ 2-5. ПРОВЕРКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕЛЕ ОПРОБОВАНИЕМ СХЕМЫ ОТ РУКИ

Проверка правильности монтажа оперативных цепей, отсутствия обрывов, обходных цепей и других повреждений осуществляется замыканием контактов реле от руки при поданном на панель напряжении оперативного тока, равном $U_н$.

Проверку производят в следующем порядке:

а) Устанавливают перемычки *145—149, 151—149*.

б) Нажатием на якорь реле *6РП5* замыкают его контакты на 10—15 *сек*. При этом должны сработать реле времени *12РВ* и *13РВ и с небольшой выдержкой времени отпасть якорь реле 6РП4*. При замыкании контактов реле времени не должно срабатывать ни одно реле. Одновременное замыкание контактов реле *5РС* также не должно вызывать срабатывание каких-либо реле. При отпускании якоря реле *6РП5* реле *6РП4* должно притянуться, а реле *12РВ* и *13РВ* — вернуться в первоначальное положение.

в) Аналогично замыкают контакт реле *6РП1* или *6РП2*. При этом срабатывает реле *6РП5* и осуществляет все операции, указанные в п. «б». Дополнительно с выдержкой времени реле *13РВ* должны сработать реле *11РП* и указательное реле *16РУ*.

г) Замыкают контакты *7РМ* и *1РС*, при этом должно сработать реле *6РП1* и должны осуществиться операции, указанные в п. «в». Следует убедиться в том, что при разомкнутых размыкающих контактах *3РС* и замкнутых контактах *7РМ* и *1РС* ни одно из реле не срабатывает.

д) Замыкают контакты реле *8РМ* и *3РС*; при этом должно сработать реле *6РП2* и должны быть произведены операции, указанные в п. «в». При замыкании контактов одного из реле (*8РМ* или *3РС*) ни одно реле не должно сработать.

е) Замыкают контакты реле *8РМ* и *2РС*; при этом реле *6РП1* и *6РП2* срабатывают и производят переключения, указанные в п. «в».

При разомкнутых размыкающих и замкнутых замыкающих контактах реле $9РТ_0$ или разомкнутых размыкающих контактах реле *1РС* срабатывает только реле *6РП3*, а при наличии перемычки *106—104* — также и реле *17РУ*.

ж) При разомкнутых контактах реле *4РНб* никаких переключений, указанных в п. «г», «д» и «е», не происходит.

з) При замыкании контактов только реле *5РС* ни одно реле срабатывать не должно.

и) Между контактами реле *13РВ* устанавливают изолирующую прокладку. Замыкают контакты реле *6РП1* (*6РП2*). При этом должны произойти переключения, указанные в пп. «б» и «в», за исключением срабатывания реле *11РП* и *16РУ*. Затем кратковременно замыкают контакт реле *5РС*. При наличии перемычек *145—149* и *151—149* должно сработать и остаться в этом положении реле *10РП*. Срабатывают также реле *15РУ* и *11РП*. Возврат схемы в исходное состояние произойдет после размыкания контактов реле *6РП1* (*6РП2*).

к) Если произвести операции, указанные в п. «и» и дополнительно нажать на якорь реле *6РП4*, то оно должно остаться в сработавшем состоянии после срабатывания реле *10РП* и должно сработать реле *14РУ*. Реле *15РУ* не срабатывает.

л) Устанавливают перемычки *103—173* и *103—183*. Между зажимами *107* и *104* включают эквивалентное сопротивление. Переключатель *ПУ1* ставят в положение «откл. без АПВ». При нажатии на якорь реле *11РП* последнее должно остаться в сработавшем положении и должно сработать реле *18РУ*. Возврат реле *11РП* должен произойти при размыкании переключателя *ПУ1* или при снятии перемычки *103—107*. То же происходит при включении эквивалентного сопротивления между зажимами *117—104* и *127—104* при соответствующем положении переключателя *ПУ1*.

м) Аналогично проверяют цепь: перемычка *103—183* — контакт $11РП_3$ — последовательная обмотке реле *11РП* — обмотка реле *19РУ* — переключатель *ПУ2*.

При этом эквивалентное сопротивление включается между зажимами *137—104*, *147—104* и *157—104*.

§ 2-6. ПРОВЕРКА ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ И РЕГУЛИРОВКА УСТАВОК

В объем проверки элементов схем переменного тока и напряжения входят:

а) проверка автотрансформаторов напряжения *1ТН*, *2ТН*, *3ТН* и *5ТН*;

б) проверка трансреакторов *1Тх1*, *1Тх2*, *2Тх1*, *2Тх2*, *3Тх1*, *3Тх2*, *5Тх1* и *5Тх2*;

в) проверка пусковых органов *1РС*, *2РС* и *3РС* и дистанционного органа *5РС*; проверка элементов схем реле;

г) проверка промежуточных трансформаторов тока *6ТТ*;

д) проверка автотрансформатора тока *6АТТ*;

е) проверка блокировки при неисправностях в цепях напряжения типа КРБ-12;

ж) проверка органов направления мощности;

з) проверка токового реле $9РТ_0$.

Проверка автотрасформаторов напряжения *1ТН*, *2ТН*, *3ТН* и *5ТН*. В объем проверки автотрансформаторов входят:

1) определение сопротивления холостого хода;

2) проверка правильности ответвлений и согласованности полярностей обмоток.

На панели автотрансформаторов напряжения *1ТН—3ТН* отсоединяют провода от зажимов *4*, *6* и *18*, а на панели *5ТН* — от за-

жимов *4*, *6* и *8*. К зажимам *2* и *4* автотрансформаторов *1ТН—3ТН* и к зажимам *8* и *10* автотрансформатора *5ТН* присоединяют приборы и источник питания с регулируемым напряжением.

Перед измерениями для выявления короткозамкнутых витков следует подать на 1—2 *мин* на главную обмотку автотрансформаторов напряжение 150 *в*.

Плавно увеличивая напряжение, наблюдают за приборами и затем измеряют сопротивление холостого хода. Результаты заносят в табл. 2-1. Сопротивления можно измерять методом амперметра и

Таблица 2-1

Данные испытаний автотрансформаторов

Измеряемые величины	*1ТН*			*2ТН*			*3ТН*			*5ТН*		
U, *в*	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100
I, *а*												
z, *ом*												
P, *ва*												

вольтметра. Правильность ответвлений проверяют следующим образом. На главные обмотки автотрансформаторов *1ТН—3ТН* (зажимы *2* и *4*) и автотрансформатора *5ТН* (зажимы *8* и *10*) подают напряжение 100 *в*, а на выходные цепи автотрансформаторов *1ТН — 3ТН* (зажимы *2—18*), зажимы *4—10* первой зоны и зажимы *6—10* второй зоны автотрансформатора *5ТН* включают высокоомный вольтметр с пределами измерения 5—100 *в*. При наличии двух вольтметров на автотрансформаторе *5ТН* проверяют одновременно ответвления первой и второй зон.

Производя последовательную перестановку штеккеров на регулировочной панели, определяют значения напряжений на выходных зажимах автотрансформаторов. Результаты измерений записывают в табл. 2-2. Если при перестановке штеккеров в сторону уменьшения числа включенных витков наблюдается увеличение напряжения, то это свидетельствует о несоответствии полярностей основной и дополнительной обмоток (перепутаны выводы одной из обмоток). После устранения неисправности производят повторную проверку.

Проверка трансреакторов *1Тх1*, *1Тх2*, *2Тх1*, *2Тх2*, *3Тх1*, *3Тх2*, *5Тх1* и *5Тх2*. В объем проверки трансреакторов входят:

1) определение сопротивлений вторичных обмоток трансреакторов на холостом ходу при различных напряжениях; предварительная компенсация нелинейности сопротивлений производится при неудовлетворительных характеристиках;

2) проверка и регулировка величин вторичных э. д. с. при подаче в первичные обмотки номинальных токов;

3) определение зависимости вторичных э. д. с. от тока.

Таблица 2-2

Данные проверки ответвлений автотрансформаторов ($U_{вх} = 100$ *в*)

Ответвление			*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*
Расчетное напряжение U_2, *в*			90	80	70	60	50	40	30	20	10	12	14	16	18	18,5	19	19,5
1TH		Измеренное напряжение U_2																
2TH																		
3TH																		
5TH	I зона																	
	II зона	U_2 расчетное	45	40	35	30	25	20	15	10	5	6	7	8	9	9,25	9,5	9,75
		U_2 измеренное																

Перед испытаниями на трансреакторах реле *1PC*, *2PC* и *3PC* от схемы отсоединяют зажимы *17*, *14* и *16*, вывинчивают штеккеры из регулировочной панели трансформаторов *5Tx1* и *5Tx2*, отсоединяют зажим *2* группового кожуха *5* и один из концов сопротивления *5R*.

Результаты измерений сопротивлений вторичных обмоток трансреакторов заносят в табл. 2-3. При необходимости компенсацию нелинейности осуществляют перемещением пермаллоевых клиньев. Предварительную компенсацию осуществляют так, чтобы при напряжении $U=2$ *в* сопротивление обмотки было на 15—20% выше, чем при 50 *в*.

Таблица 2-3

Данные испытаний трансреакторов

U, *в*	*1Tx1*		*1Tx2*		*2Tx1*		*2Tx2*		*3Tx1*		*3Tx2*		*5Tx1*		*5Tx2*	
	I, *a*	*z*, *ом*	*I*, *a*	*z*, *ом*	*I*, *a*	*z*, *ом*	*I*, *a*	*z*, *ом*	*I*, *a*	*z*, *ом*	*I*, *a*	*z*, *ом*	*I*, *a*	*z*, *ом*	*I*, *a*	*z*, *ом*
2																
5																
10																
20																
50																

Результаты проверки зависимости вторичных э. д. с. трансреакторов от тока заносят в табл. 2-4.

Таблица 2-4

Вторичная э. д. с. трансреакторов, *в*

Уставка по току, а	*I*, *а*	*1Tx1*	*1Tx2*	*2Tx1*	*2Tx2*	*3Tx1*	*3Tx2*
2	2						
2	5						

		5Tx1	*5Tx2*
0,75	0,1		
	0,2		
	0,5		
	2		
	5		
0,5	2		
0,3	2		
0,15	2		

Все трансреакторы имеют магнитные шунты, служащие для выравнивания характеристик. При необходимости величины э. д. с. выравнивают при помощи шунтов при подаче в оба трансреактора тока 2—5 *а*.

Проверка пусковых органов *1РС—3РС* и дистанционного органа *5РС*. Механическая и электрическая проверка реле включают:

1) проверку отсутствия затираний в подвижной системе, проверку величины люфтов в осях и отсутствия касаний отдельных витков спиральной токоподводящей пружины;

2) регулировку контактной системы и угла закручивания пружины;

3) проверку сопротивления обмоток и других элементов реле (производится при неудовлетворительных характеристиках);

4) проверку отсутствия самохода от тока и его устранение.

У реле устанавливают заданные уставки. Отсутствие затираний в подвижной системе проверяют при снятой плате, на которой укреплены контактные колодки. Отклоняют подвижную систему до крайнего положения и отпускают ее. При отсутствии затираний подвижная система должна совершить 8—10 колебаний с затухающей амплитудой и вернуться в прежнее положение. Затем для проверки отсутствия в зазоре опилок на обмотки реле подают напряжение 100 *в* и повторно проверяют отсутствие затираний. Отсут-

ствие затираний следует проверять и после подачи на реле большого момента, который может вызвать затирание при больших поперечных люфтах. Причинами затираний могут быть: касание витков пружины, дефекты подпятников, наличие посторонних тел в зазоре, плохая шлифовка концов осей, наплывы краски, невертикальное расположение ротора или сердечника, перекос верхнего подпятника, эксцентричность ротора. Возвратная пружина легко может быть выправлена при помощи простейшего приспособления из медной проволоки диаметром примерно 2—2,5 *мм* с прорезью на конце (рис. 2-1). При помощи прорези захватывается нужный виток пружины и изгибается. По мере необходимости в процессе регулировки приспособлению может быть придана любая более удобная форма.

Для очистки воздушного зазора между полюсами и барабанчиком пропускают тонкую ленту из плотной бумаги или латунной



Рис. 2-1. Приспособление для выравнивания витков противодействующей пружины.

фольги. Подпятники тщательно осматривают в лупу и при наличии царапин, трещин или других дефектов заменяют. При проверке реле следует обратить особое внимание на то, чтобы в рабочий зазор не попадала краска, которая отделяется от мест паек наконечников и винтов, фиксирующих упоры контактной системы. Когда затирание обусловливается эксцентричностью расположения сердечников или ротора по отношению к оси реле, то необходимо попытаться освободиться от этого вращением сердечника или ротора. Иногда затирание происходит из-за перекоса верхнего подпятника реле и может быть устранено поворотом или сменой подпятника. Люфты в подпятниках оси подвижной системы проверяют покачиванием оси пинцетом в стороны, а также вверх и вниз. При покачивании вверх и вниз должно быть заметно на глаз перемещение оси и слышен стук оси о подпятники; при покачивании в стороны также должен быть слышен стук оси о подпятники. Это соответствует люфту примерно 0,2—0,25 *мм* и минимальному трению в осях.

Проверяют контактную систему, а при необходимости регулируют ее. Пусковые реле имеют один замыкающий и один размыкающий контакты, а дистанционный — один замыкающий контакт. Перед установкой или регулировкой контактов проверяют их рабочую поверхность. Часто на рабочей поверхности неподвижных контактов реле сопротивления имеются раковины, шероховатости, оставшиеся после приварки металлокерамики к контактным пластинам. Устранение указанных дефектов обычными способами весьма затруднительно из-за малой толщины контактных пластин.

Рекомендуется изготовить простейшее приспособление (рис. 2-2), при помощи которого можно опиливать и шлифовать рабочую поверхность контактов, не опасаясь деформировать контактную пластину или нарушить сварку металлокерамики и контактной пласти-

ны. Неподвижный контакт *1* снимают с контактной колодки и укладывают на специальную текстолитовую колодку *2*, а поверх контакта накладывают прижимный угольник *3*, в котором сделан вырез по форме рабочей части контакта. Прижимный угольник крепится к текстолитовой колодке *2* винтом *4* так, чтобы контактная пластина была плотно зажата между ними, а рабочая поверхность контакта оставалась доступной для обработки.

Регулировку контактной системы производят следующим образом:

1. Контактные колодки *3* (рис. 2-3) устанавливают таким образом, чтобы угол встречи α подвижного и неподвижного контактов составлял 30°.

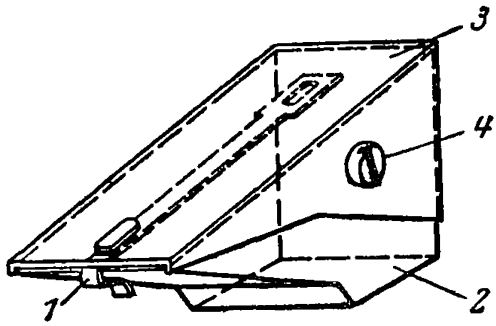


Рис. 2-2. Приспособление для обработки рабочих поверхностей контактов.

Углом встречи контактов, как известно, называют угол, образуемый касательной к траектории подвижных контактов и рабочей поверхностью неподвижных контактов в точке их соприкосновения.

Уменьшение угла встречи может привести к затиранию контактов или привариванию их, а его увеличение хотя и способствует повышению коммутационной способности контактов, но может привести к их вибрации и отбросам при срабатывании реле.

Контакты должны касаться вблизи переднего края неподвижных контактных пластин. Рабочий ход подвижной системы должен быть ограничен установкой упоров так, чтобы не было заскока подвижного контакта за конец неподвижной контактной пластины. При максимально возможном моменте на реле контактный штифт не должен подходить к концам контактных пластин ближе чем на 2—3 *мм*. Это соответствует максимальному прогибу жесткой контактной пластины на 0,5 *мм*.

2. Неподвижные контактные пластины устанавливают в колодках. Нижнюю пластину замыкающего контакта устанавливают так, чтобы между ней и передним упором оставался просвет 0,2—0,3 *мм*. Хвостовик нижней пластины должен прикасаться к задней ограничительной пластине и с трением перемещаться по ней при нажатии на контактную пластину. Сила, необходимая для перемещения хвостовика по ограничительной пластине, должна быть порядка 2—3 *Г*. Угол изгиба задней ограничительной пластины должен быть порядка 110—120°.

Верхнюю контактную пластину замыкающего контакта (менее упругую) устанавливают так, чтобы она прикасалась к переднему упору без нажатия на него. Между хвостовиком верхней пластины и задней ограничительной пластиной должен быть зазор порядка 0,2—0,3 *мм*, а угол изгиба задней ограничительной пластины должен быть 120—130°. Верхняя контактная пластина должна высту-

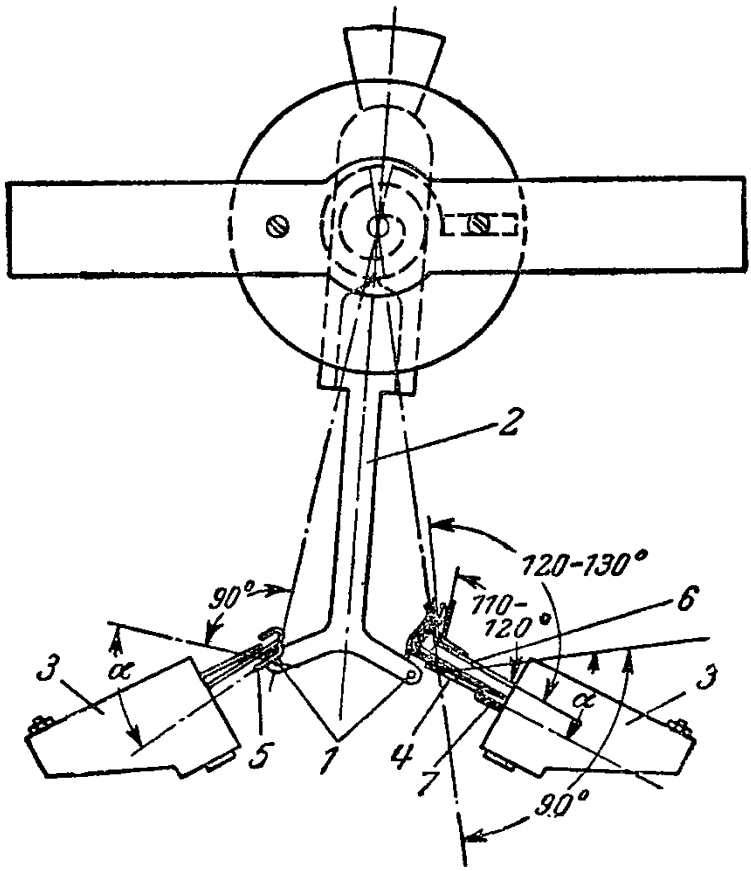


Рис. 2-3. Контактная система реле КРС-112.
1 — подвижные контакты; *2* — контактный рычаг; *3* — контактная колодка; *4* — рабочая поверхность замыкающего контакта (металлокерамика); *5* — неподвижный размыкающий контакт; *6* — задняя ограничительная пластина; *7* — передняя ограничительная пластина; α — угол встречи контактов.

пать над нижней (более жесткой) на 0,2—0,3 *мм* для того, чтобы подвижный контакт при движении на замыкание касался сначала мягкой, а затем жесткой пластин. Ход контактов ограничивается соответствующей установкой упоров. Совместный ход подвижного контакта и неподвижной жесткой контактной пластины должен быть равен 0,5—0,7 *мм*. При большом совместном ходе контактов создаются условия для отбрасывания размыкающих контактов и, следовательно, для кратковременного размыкания их при снижении напряжения со 100 *в* до нуля. Зазор между контактами должен быть 1-2—2,0 *мм*.

3. Левые размыкающие контакты имеются у пусковых реле *1РС—3РС*, а используются только у реле *1РС* и *3РС*. Зазор между контактами, угол встречи и совместный ход те же, что и для правых контактов.

4. Противодействующая спиральная пружина закручивается на 20—30° у пусковых органов и на 5—8° у дистанционного органа.

Измерение сопротивления обмоток и других элементов реле. Для определения сопротивления обмоток реле их отсоединяют от схемы у зажимов *8* и *9* реле *1РС—3РС* и у зажимов *39* реле *5РС*, затем отсоединяют один из концов сопротивления *5R* и поочередно измеряют сопротивления обмоток $РС_п$ и $РС_я$ реле *1РС—3РС* и *5РС*. После этого проверяют исправность элементов R_1, R_2, C_1 и C_2 у пусковых органов и элементов *5С* и *5R* — у дистанционного органа путем измерения их сопротивлений. Для исключения ошибок при измерениях сопротивлений необходимо исключать параллельные цепи.

Проверка отсутствия самохода от тока и его устранение. Самоходы в реле полного сопротивления не представляют опасности, но могут сильно загрубить защиту и ухудшить ее характеристики. Проверяют отсутствие самоходов у реле полного сопротивления (только от тока) при условии использования смещенных характеристик реле или при наличии недопустимого загрубления реле. Проверку производят в полной схеме реле с поочередной подачей питания в тот или другой трансреактор, а также в оба одновременно, предварительно закоротив первичную обмотку автотрансформатора.

Самоход устраняют поворотом сердечника реле. Лучшие результаты дает следующий способ. Освобождают подвижную систему снятием платы, на которой укрепляются контактные колодки. Подают ток в обмотку реле, при питании которой наблюдается самоход. В большинстве случаев ротор под действием самохода отклоняется на определенный угол, после чего самоход ликвидируется сам собой. При таком положении ротора корректируют положение подвижных контактов и затяжку пружины; затем плату с неподвижными контактами устанавливают на место. Устранение самохода в большинстве случаев может оказаться необходимым только для дистанционного органа.

Проверка промежуточных трансформаторов тока *6ТТ*. В объем проверки трансформаторов *6ТТ1*, *6ТТ2* и *6ТТ3* входят:

1) определение сопротивления вторичных обмоток трансформаторов на холостом ходу при различных напряжениях с целью проверки отсутствия короткозамкнутых витков;

2) проверка коэффициентов трансформации при максимальной нагрузке при различных токах в первичных обмотках;

3) проверка равенства чисел витков первичных в компенсационных обмоток.

Перед измерением сопротивлений между размыкающими контактами реле *6РП1*, *6РП2* и *6РП3* прокладывают кусочки кальки. Сопротивления вторичных обмоток трансформаторов *6ТТ1—6ТТ3* измеряют обычным способом при напряжениях 5, 20 и 100 *в*, а результаты измерений записывают в таблицу, подобную табл. 2-3. Для более четкого выявления короткозамкнутых витков перед проведением измерений на обмотку следует подать повышенное напряжение порядка 150 *в* и выдержать его в течение 1 *мин*. При этом необходимо наблюдать за током, не допуская длительного протека-

ния увеличенного тока в случае виткового замыкания. При отсутствии дефектов сопротивление обмоток должно быть равно примерно 3 000—5 000 *ом*.

Проверяют коэффициент трансформации под нагрузкой по схеме рис. 2-4, что является важным критерием исправности трансформаторов тока. Питание подводят через зажимы *12—4*, *14—6* и *16—8* при снятой крышке испытательного блока *ИБ-1*.

Проверку под нагрузкой проводят при максимальной уставке на трансреакторах. Вторичный ток измеряют в цепи зажима *507* амперметром с сопротивлением не более 1 *ом* со шкалой 1 *а*. При проверке трансформаторов *6ТТ1* и *6ТТ2* рукой нажимают якорь реле *6РП1*,

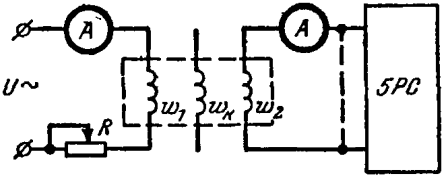


Рис. 2-4. Схема проверки коэффициента трансформации трансформаторов тока *6ТТ*.

w_1, w_2, $w_к$ — первичная, вторичная и компенсационная обмотки испытываемого трансформатора.

а при проверке трансформатора *6ТТ3* — якорь реле *6РП2*. Во всех этих случаях между размыкающими контактами реле $6РП5_3$ должна иметься изоляционная прокладка. В исправных трансформаторах отношение $\frac{I_1}{I_2}$ сохраняется во всем диапазоне токов, указанных в табл. 2-5. Для проверки равенства числа витков основных первичных и компенсационных обмоток после проверки коэффициентов трансформации тока 10 *а* подают не в первичные, а в компенсационные обмотки (поочередно к проводам *005—006*, *006—007*, *007—008*) и измеряют вторичные токи, которые не должны отличаться от токов в табл. 2-5 более чем на 1%. Бо́льшая погрешность свидетельствует об отличии витков от расчетных. Если погрешность более 3%, несоответствие витков должно быть устранено путем намотки дополнительной обмотки, которая включается последовательно с компенсационной обмоткой согласованно или встречно. Обмотку выполняют проводом ПБД-1,56 и хорошо изолируют от магнитопровода (электрокартоном или гетинаксом).

У автотрансформатора *6АТТ* проверяют:

1) отсутствие короткозамкнутых витков;

2) правильность выполнения ответвлений.

Для проверки отсутствия короткозамкнутых витков достаточно включить полные витки обмотки на ток $2I_{ном}$ на 5—10 *мин*. Короткозамкнутые витки могут быть обнаружены по местным перегревам. Проверку ответвлений обмотки автотрансформатора производят в полной схеме. Для измерения вторичного тока амперметр

Таблица 2-5

Данные испытаний трансформаторов *6ТТ*

I_1, *а*	*6ТТ1*			*6ТТ2*			*6ТТ3*		
	I_2, *а*	$k=\frac{I_1}{I_2}$	Δ, %	I_2, *а*	$k=\frac{I_1}{I_2}$	Δ, %	I_2, *а*	$k=\frac{I_1}{I_2}$	Δ, %
1									
2									
5									
20									
50									
100									

включают в провод *008*. Через зажимы *2* и *10* подают ток 10 *а* и определяют вторичный ток при всех положениях штеккеров.

Результаты сводят в таблицу.

При выборе уставок необходимо руководствоваться фактически полученными величинами токов.

Проверка блокировки при обрывах цепей напряжения (КРБ-12). В объем проверки устройства входят:

1) проверка реле РНб;
2) измерение сопротивлений элементов;
3) проверка трансформатора *Тб*;
4) проверка небаланса в реле РНб.

В поляризованном реле РНб проверяют расстояние между контактами, токи срабатывания и возврата. Расстояние между контактами должно быть 0,4—0,5 *мм*. Ток срабатывания реле должен быть порядка 1,7—2 *ма*; коэффициент возврата не менее 0,45. Питание при проверке реле подают на зажимы *4* и *8*. Вместо перемычки *1—3* включают миллиамперметр. Реле имеет сильный постоянный магнит, поэтому возможно попадание стальных опилок в воздушный зазор между крылышками якоря и южным полюсом магнита, которые создают проводящие мостики, обнаруживаемые при проверке мегомметром на напряжение 500 *в*. Опилки удаляют при помощи стальной иглы или в случае необходимости протиранием полюса магнита и крышек якоря чистой тряпкой с частичной разборкой реле.

После сборки проверяют регулировку реле и состояние выпрямительного моста *ВК*. Для этого при подаче напряжения на одну из ветвей трансформатора *Тб* проверяют равенство падений напряжений на диодах моста *ВК* при подключенном реле РНб.

Для проверки отсутствия короткозамкнутых витков напряжение на обмотках трансформатора *Тб* и сопротивлениях по схеме

рис. 2-5 повышают до $1{,}5U_н$ и выдерживают эту величину в течение 1 *мин*. Затем производят регулировку сопротивления R_1 на минимум тока небаланса в реле РНб, для чего вместо перемычки *1—3* включается миллиамперметр. Зажимы *2, 4* и *6* соединяют между собой и на зажимы *6* и *8* подают напряжение $100/\sqrt{3}$ *в*.

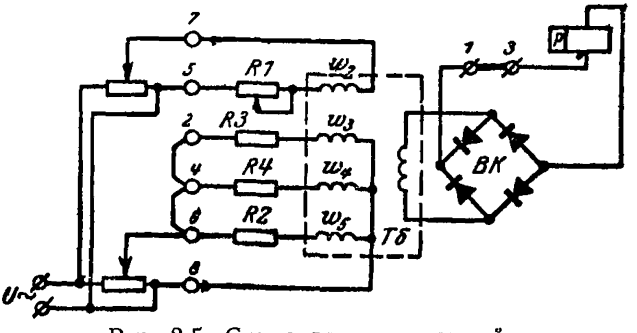


Рис. 2-5. Схема проверки устройства КРБ-12.

Одновременно на зажимы *5* и *7* подают напряжение 100 *в* (рис. 2-5). Изменением сопротивления R_1 добиваются минимальной величины тока небаланса в реле РНб. При правильном согласовании полярности подключения обмоток ток небаланса легко сводится к величине, не превышающей 15—25% тока возврата реле. Затем определяют напряжение срабатывания реле *РНб* по напряжению на входе трансформатора *Тб* при включении переменного напряжения поочередно во все фазы (в обмотки w_3, w_4, w_5 по схеме фаза — нуль) и в обмотку w_2. При этом миллиамперметр в цепь реле не включают, а перемычка *1—3* должна быть замкнута. Напряжения срабатывания от обмоток w_3, w_4 и w_5 должны быть одинаковыми (с точностью до 5—10%). Правильность включения блокировки в цепи напряжения проверяется по схеме рис. 2-6.

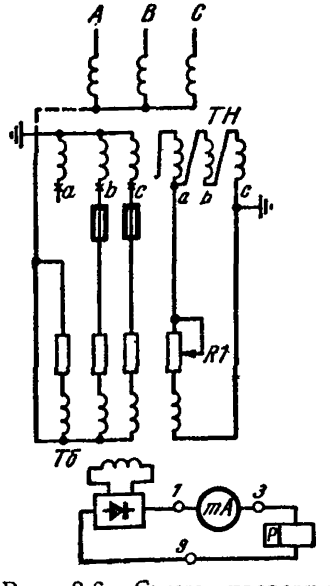


Рис. 2-6. Схема проверки правильности подключения блокировки КРБ-12.

Проверка реле 7РМ, 8РМ и 9РТ$_0$. Проверку органов направления мощности *7РМ* и *8РМ* производят согласно «Инструкции по проверке и регулировке реле направления мощности ИМБ и РБМ», Госэнергоиздат, 1961. Проверку токового реле $9РТ_0$ производят согласно «Инструкции по наладке и проверке мгновенных реле тока и напряжения типов ЭТ и ЭН», Госэнергоиздат, 1960.

Регулировка уставок элементов защиты. Регулировку уставок элементов защиты производят с учетом режимов работы защищаемой линии.

Общие указания по выбору уставок приведены в приложении 1.

Уставки на реле времени регулируют в полной схеме защиты при проверке ее от постороннего источника тока (см. § 2-7).

Подбор уставок на пусковых и дистанционных органах производится следующим образом.

Например, задано:

а) уставки по сопротивлению срабатывания, *ом* на фазу (вторичных): первая зона $z_I=0{,}83$; вторая зона $z_{II}=1{,}63$; третья зона $z_{III}=3{,}5$;

б) угол полного сопротивления линии $\varphi=60°$;

в) номинальный ток 5 *а* (вторичных).

Величины минимальных вторичных токов к. з. при к. з. в конце зоны: для первой зоны — 3,6 *а*; для второй зоны — 3,1 *а*; для третьей зоны — 2,4 *а*.

Пусковые реле. При предварительном определении отпаек для упрощения расчета можно не учитывать возможное незначительное смещение центра характеристической окружности по осям реактивных и активных сопротивлений, так как окончательный подбор уставок производится при настройке электрических характеристик реле. Поэтому расчет витков, включаемых на автотрансформаторе, производят для номинального значения z_0, равного 2 *ом* на фазу, по формуле

$$n_{III}=\frac{100z_0}{z_{III}},$$

где z_{III} — заданная уставка на реле, *ом* вторичных на фазу;

n_{III} — число витков (в процентах), равное сумме цифр, набираемых регулировочными винтами на автотрансформаторе напряжения,

$$n_{III}=\frac{100\cdot 2}{3{,}5}=57{,}3.$$

Принимается ближайшая к заданной уставке величина $n_{III}=57{,}5$.

Штепсельные винты ввертывают в гнезда с маркировкой 50, 6, 1,5 (см. рис. 1-6). Уточнение положения штепсельных винтов производят при проверке электрических характеристик реле при угле между током и напряжением $\varphi=\varphi_п=60°$. Необходимый коэффициент чувствительности по току точной работы может быть получен, как указано в § 2-7. Далее выбирают число витков первичной обмотки автотрансформатора напряжения, которая предназначена для более точного изменения числа первичных витков в случае переключения реле с линейного напряжения на фазное, т. е. для более точного выравнивания длин зон при различных видах короткого замыкания.

При различных видах короткого замыкания, удаленного от места установки защиты на величину сопротивления прямой последовательности z_1, к реле подводятся сопротивления следующих величин: при трехфазных к. з. $1{,}73z_1$, при двухфазных к. з. $2z_1$, при двойных замыканиях на землю (при условии, что для одноцепных линий без тросов $z_0=3{,}5z_1$) $1{,}83z_1$.

Максимально возможное число витков первичной обмотки автотрансформатора пускового органа при переключении его на фазное напряжение составляет 88%, а минимальное — 60% числа витков обмотки автотрансформатора при включении его на линейное напряжение. При использовании 88% витков первичной обмотки трансформатора сопротивление срабатывания реле при двойных замыканиях будет отличаться от сопротивления срабатывания его при двухфазных коротких замыканиях на 4%:

$$\frac{z_{\text{р}}^{(2)}}{z_{\text{р}}^{(1,1)}} = \frac{2z_1}{1{,}83z_1} \cdot \frac{88}{100} = 0{,}96.$$

Следовательно, при переключении первичной обмотки автотрансформатора на фазное напряжение с уменьшением ее витков до 88% замер реле при двойных замыканиях на землю почти не отличается от замера при двухфазных коротких замыканиях. Однако возможны случаи двойных замыканий на землю, когда пусковой орган неповрежденной фазы может ложно сработать от тока перегрузки; поэтому включение 88% витков обмотки может быть выполнено при выборе уставок из условия ограничения третьей ступени, что нежелательно. Если изменить число витков до 60%, то реле отстраивается от токов перегрузки в неповрежденной фазе, но происходит его загрубление в 1,52 раза:

$$\frac{z_{\text{в}}^{(1,1)}}{z_{\text{р}}^{(2)}} = \frac{1{,}83z_1}{2z_1} \cdot \frac{100}{60} = 1{,}52.$$

При этом пусковые органы могут оказаться нечувствительными к двойным замыканиям на землю в конце второй зоны.

Количество витков первичной обмотки автотрансформатора при переключении его на фазное напряжение может быть найдено по формуле

$$w = 150N,$$

где $N = \dfrac{1+k}{2\sqrt{3}}$,

k — коэффициент компенсации, равный коэффициенту трансформации автотрансформатора *6АТТ* (отношение вторичного тока автотрансформатора *6АТТ* к первичному). Коэффициент k подсчитывают по формуле $k = \dfrac{z_0 - z_1}{3z_1}$, учитывая, что в большинстве случаев $k = 0{,}83$ и $N = 0{,}53$. Следовательно, $w = 150 \cdot 0{,}53 = 79$ витков.

Принимается ближайшая к расчетной отпайка *78*.

Штепсельные винты ввертывают в гнезда с маркировкой 70 и 8(см. рис. 1-6). При этом реле загрубится в 1,17 раз, как это видно из следующего расчета:

$$\frac{z_{\text{р}}^{(1,1)}}{z_{\text{р}}^{(2)}} = \frac{1{,}83z_1}{2z_1} \cdot \frac{100}{78} = 1{,}17.$$

В каждом конкретном случае необходимо рассматривать вопросы резервирования защит смежных линий третьей зоны или ограничения ее и соответственно корректировать выбор числа витков первичной обмотки автотрансформатора при переключении его на фазное напряжение при двойных замыканиях на землю.

Дистанционный орган. В дистанционном органе используют отпайки на трансреакторах *5Tx1* и *5Tx2*, ближайшие меньшие, чем заданные величины уставок.

В нашем случае $z_{ср\,I}=z_I=0{,}83$ *ом* на фазу. Таким образом, принимают уставки на обоих трансреакторах, равные 0,75 *ом* на фазу. При этом обеспечивается величина тока точной работы 3,5 *а* (табл. 1-3) при времени возврата реле *6РП4*, равном 0,14—0,17 *сек*. При минимальном токе к. з. в конце первой зоны, равном 3,6 *а*, следует принять время возврата реле *6РП4*, равное 0,25—0,35 *сек*; при этом величина тока точной работы будет равна 2 *а*.

Снижение величины тока точной работы при необходимости может быть осуществлено мероприятиями, указанными в § 2-7. Таким образом, уставки на трансреакторах *5Tx1* и *5Tx2* принимаются равными $z_0=0{,}75$ *ом* (рис. 1-1) на фазу, а время возврата реле *6РП4* 0,25—0,35 *сек*.

Возможные незначительные смещения центра окружности относительно начала координат не учитываются.

Для точной регулировки уставки используют автотрансформатор напряжения, необходимое число витков на котором определяют по формуле

$$n=\frac{100z_0}{z_{ср}}.$$

Для первой зоны

$$z_{ср\,I}=z_I=0{,}83 \text{ } ом \text{ на фазу;}$$

$$n_I=\frac{100\cdot 0{,}75}{0{,}83}=90{,}3.$$

Регулировочные винты ввертывают в гнезда с маркировкой 90, 0, 0,5 (см. рис. 1-10).

Для второй зоны

$$z_{ср\,II}=z_{II}=1{,}63 \text{ } ом \text{ на фазу;}$$

$$n_{II}=\frac{100\cdot 0{,}75}{1{,}63}=46.$$

Регулировочные винты ввертывают в гнезда с маркировкой 45, 1, 0 (см. рис. 1-10).

§ 2-7. ПРОВЕРКА ЗАЩИТЫ ПРИ ПИТАНИИ ЦЕПЕЙ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ОТ ПОСТОРОННЕГО ИСТОЧНИКА

Схема проверки защиты. Проверку производят по схеме рис. 2-7. Схема позволяет количественно имитировать двухфазные и трехфазные к. з., а при переключении на зажимах панели — двойные замыкания на землю для линий с односторонним питанием.

Для других видов ненормальных режимов применяется только качественная оценка. При испытаниях учитывают действительные диапазоны изменения токов к. з.

Предварительно осуществляют требуемые уставки на трансреакторах *5Tx1* и *5Tx2* и на автотрансформаторах *1TH—3TH* и *5TH*.

Имитация двухфазного к. з. осуществляется замыканием контактов *П* (переключатель, реле) при замкнутых рубильниках P_1 и и P_3 (рубильник P_2 разомкнут).

Вид двухфазного к. з. задается с помощью ключа *К* (рис. 2-7, 2-8).

При имитации трехфазного к. з. дополнительно должен быть замкнут рубильник P_2.

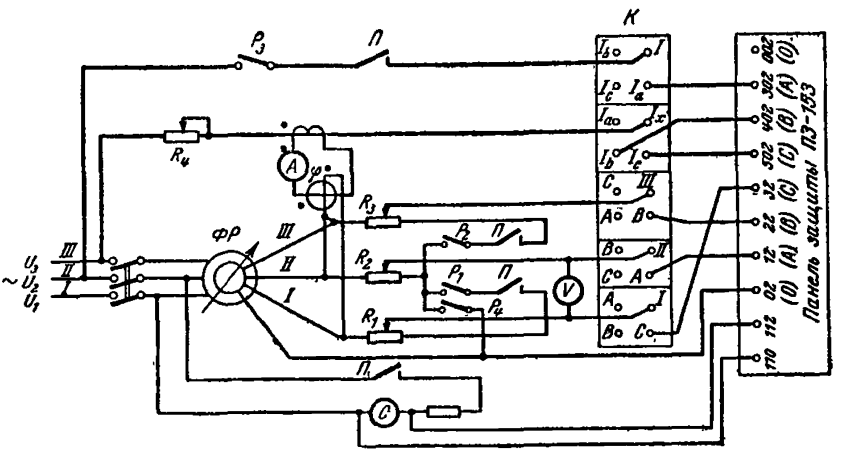


Рис. 2-7. Схема проверки защиты ПЗ-153.

Для проверки действия защиты при двойных замыканиях на землю необходимо переключениями проводов (от схемы проверки) подвести к соответствующим фазам панели ток и напряжение от схемы согласно табл. 1-6.

Например, при имитации двухфазного к. з. на землю фаз *АВ0* необходимо подвести к панели напряжение U_A и ток I_A+kI_0. Для этого ключ *К* ставят в положение *АВ*. Провод от схемы проверки с зажима *402* панели переключают на зажим *002*, вследствие чего на панель подается ток I_A+kI_0; провод с зажима *22* переключают на зажим *02*, вследствие чего на панель подается напряжение *АО* Вторичное линейное напряжение фазорегулятора *ФР* должно быть в пределах 100—120 *в*.

Величина сопротивления реостатов R_1—R_3 не должна превышать 40 *ом*. Необходимую величину напряжения предварительно устанавливают движками реостатов R_1—R_3; настраивают заданную величину тока и угол между током и напряжением.

После этого замыканием переключателя *П* имитируют заданный вид к. з. и измеряют время срабатывания защиты. Проверка защиты может быть выполнена и по схеме рис. 2-9. «Инструкции

по наладке и проверке дистанционной защиты типа ПЗ-152», Госэнергоиздат, 1959.

Проверка пусковых органов *1РС—3РС.* После установки предварительных отпаек на автотрансформаторах *1ТН—3ТН* производят проверку заданных уставок пусковых реле имитацией двухфазных коротких замыканий по схеме рис. 2-7 и при необходимости — их корректировку изменением положения штепсельных винтов на автотрансформаторах *1ТН—3ТН.* Настройку уставок производят при заданных токах и углах. Если токи не заданы, то принимаются токи, приведенные в приложении 2, или настройку производят при токах, превышающих в 2 раза ток точной работы реле. Величину $z_{ср}$ для двухфазных к. з. и двойных замыканий на землю определяют по формуле

$$z_{ср} = \frac{U}{2I},$$

где U и I — соответственно напряжение и ток, подведенные к панели по схеме рис. 2-7.

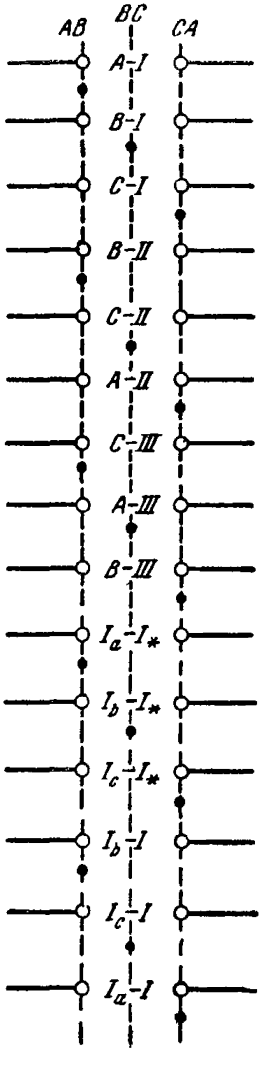


Рис. 2-8. Диаграмма ключа *К.*

Пусковые реле настраивают на заданную уставку по двухфазному к. з., а при двойных замыканиях на землю производят проверку уставок с учетом числа включенных витков обмотки автотрансформатора напряжения *ТН* при замыканиях на землю.

После настройки уставки проверяют работу контактов при различных токах и величинах z, подведенных к реле, в пределах 0,1—0,95 $z_{ср}$.

Далее определяют характеристики $z_{ср}=f(\varphi)$ и $z_{ср}=f(I)$. Определение характеристик $z_{ср}=f(\varphi)$ производится для углов через 60° и при $I_р=I_н=$const.

У нормально отрегулированных реле центр окружности незначительно смещен относительно начала координат.

Если центр окружности смещен более чем на 0,1 $z_{ср}$, следует проверить:

а) при смещении по оси реактивных сопротивлений — величины э. д. с. трансреакторов *Тх1* и *Тх2*;

б) при смещении по оси активных сопротивлений — величины и исправность конденсаторов *С1* и *С2.*

Если э. д. с. трансреактора *Тх1* больше э. д. с. трансреактора *Тх2*, то центр окружности смещается по оси $+x$ реактивных сопротивлений. При обратном соотношении этих э. д. с. смещение происходит по оси $-x$. При увеличении емкости *С1* или уменьшении емкости *С2* центр окружности сме-

щается по оси $+R$ активных сопротивлений. При увеличенной емкости *C2* или уменьшенной емкости *C1* центр окружности смещается по оси $-R$ активных сопротивлений.

Отклонение величин сопротивлений R_1 и R_2 от номинальных не смещает центра окружности относительно начала координат, но при этом изменяется величина затухания и, следовательно, нарушается плавное изменение момента на реле, что может вызвать кратковременное срабатывание реле при к. з. вне зоны защиты. Характеристики $z_{ср}=f(I)$ определяются при угле между током и напряжением $\varphi=\varphi_л=\text{const}$ в полной схеме защиты (по схеме рис. 2-7). При этом учитывается действительный диапазон изменения токов короткого замыкания. Характеристики определяют при напряжениях до 100 *в* плавным изменением напряжения. При токах, соответствующих напряжению срабатывания, большему 100 *в*, проверка производится качественно только путем увеличения тока без повышения напряжения свыше 100 *в*. Согласно паспорту номинальная величина тока точной работы реле равна 2 *а*; действительная величина обычно значительно ниже.

При необходимости ток точной работы может быть снижен путем тщательной регулировки реле и точной компенсации при помощи пермаллоевого клина и в крайнем случае незначительным ослаблением (раскручивание на 3—5°) противодействующей пружины.

Проверка дистанционного органа. Настраивают реле на заданные уставки для первой и второй зон и проверяют работу контактов. Настройку на заданную уставку выполняют для одного вида двухфазного к. з., а для двух других проверяют величину $z_{ср}$. Проверку производят при имитации двойных замыканий на землю с протеканием тока в фазе *C*.

Проверку производят при тех же токах и углах, что и для пусковых органов. При имитации двухфазных к. з. величину $z_{ср}$ определяют по формуле

$$z_{ср}=\frac{U}{2I},$$

а при имитации двойных замыканий на землю — по формуле

$$z_{ср}=\frac{U}{I+kI},$$

где U и I — соответственно напряжение и ток, подведенные к панели по схеме рис. 2-7; k — коэффициент компенсации, равный коэффициенту трансформации автотрансформатора *6АТТ* (отношение вторичного тока автотрансформатора к первичному).

Величина $z_{ср}$ при имитации двухфазного к. з. на землю может быть также определена по формулам, приведенным на стр. 73 «Инструкции по наладке и проверке дистанционной защиты типа ПЗ-152», Госэнергоиздат, 1959.

Величина $z_{ср}$ при двойных замыканиях на землю не должна существенно отличаться от $z_{ср}$ для двухфазных к. з.

Значительные отличия $z_{ср}$ при двойных замыканиях на землю (свыше 15—20%) свидетельствует о неточно выбранном коэффициенте компенсации (на автотрансформаторе *6АТТ*).

Далее определяют характеристики $z_{ср}=f_1(\varphi)$ при $I_р=I_н=\text{const}$ и $z_{ср}=f_1(I)$ при $\varphi=\varphi_л=\text{const}$. Характеристики $z_{ср}=f_1(\varphi)$ определяют для первой и второй зон. У реле, имеющего характеристики с центром в начале координат, характеристики определяют для углов через 60°, а у реле, имеющего смещенные характеристики, — через 30°. Результаты заносят в таблицу приложения 2. Характеристики $z_{ср}=f'(I)$ определяют для первой и второй зон с учетом действительного диапазона изменения токов.

Ввиду термической неустойчивости дистанционного органа окончательную настройку производят в холодном состоянии реле.

Из практики наладки дистанционных защит типа ПЗ-153 известно, что нижние пределы токов точной работы, указанных в табл. 1-3, в большинстве случаев сильно завышены. Кроме того, значительное (в 1,5—2 раза) снижение токов точной работы может быть осуществлено более тщательной регулировкой реле, точной компенсацией при помощи пермаллоевого клина, снижением расстояния между контактами до 1 *мм*, правильным закручиванием противодействующей пружины (на 5—8°) и увеличением времени возврата реле *БРП4*.

Для уменьшения тока точной работы может быть также осуществлено смещение характеристики реле по оси реактивного сопротивления—*x*, если это допустимо по условию выбора уставок, при этом ток точной работы будет равен[1]:

$$I_{т.р}=\frac{2z_у}{z_{у1}+z_{у2}}I'_{т.р},$$

где $I'_{т.р}$ — номинальный ток точной работы, соответствующий уставкам на трансреакторах *5Тх1* и *5Тх2* (табл. 1-3);

$z_у$ — расчетная уставка на трансреакторах *5Тх1* и *5Тх2*, соответствующая несмещенной характеристике;

$z_{у1}$ $z_{у2}$ — уставки реле по току на трансреакторах *5Тх1* и *5Тх2* при смещенной характеристике.

Проверка защиты при имитации к. з. вблизи концов зон. После регулировки уставок и снятия характеристики пусковых и дистанционного органов защиты имитируют в полной схеме защиты различные виды коротких замыканий вблизи каждой зоны.

Проверка имеет целью:

1) убедиться в надежности действия защиты при к. з. в начале и в конце зон;

2) установить пределы возможного удлинения или сокращения зон;

3) определить время срабатывания защиты и снять характеристику $t=f(z)$;

4) проверить отсутствие «клевков».

Проверку производят по схеме рис. 2-7 при минимально возможной величине тока металлического к. з. в конце зон защиты и при угле короткого замыкания, равным $\varphi_л$.

При этом имитируют:

а) двухфазные к. з. между фазами *АВ*, *ВС* и *СА* для проверки пусковых и дистанционного органов;

---

[1] Шандура З. А., Наладка дистанционной защиты типа ПЗ-153, «Электрические станции», 1960, № 9.

б) двойные замыкания на землю фаз *АО*, *ВО*, *СО* при одностороннем питании линии. Снижая напряжение поврежденных фаз до величин z, соответствующих $0{,}5z_{\text{I}}$, $0{,}9z_{\text{I}}$, $1{,}1z_{\text{I}}$, $0{,}9z_{\text{II}}$, $1{,}1z_{\text{II}}$, $0{,}9z_{\text{III}}$ и $1{,}1z_{\text{III}}$, многократно имитируют к. з., определяют время действия защиты в первой зоне и уточняют уставки по времени во второй и третьей зонах. Останов электросекундомера *С* производится контактами выходного реле *11РП*. При имитации к. з. в зоне защита должна четко работать по цепи проверяемой зоны и не должна работать при к. з. в начале следующей зоны.

Срабатывания защиты при подведении сопротивления величиной $1{,}1z_{\text{ср}}$ предыдущей зоны указывает на удлинение зоны, а несрабатывание ее при подведении сопротивления $0{,}9z_{\text{ср}}$ проверяемой зоны свидетельствуют о ее сокращении.

При имитации двойных замыканий на землю при сочетаниях *А0* и *С0* защита должна четко работать, а при сочетании *В0* действовать не должна (см. табл. 1-6).

При испытании защиты в полной схеме наблюдают за поведением контактов дистанционного органа при переключении с первой зоны на вторую. При наличии «клевков» только при каком-либо одном виде двухфазного к. з. их устраняют регулировкой контактов одного из переключающих реле (например, *6РП4*).

Если же «клевки» наблюдаются при всех видах коротких замыканий и в обеих зонах (например, между фазами *ВС*), то проверяют:

а) исправность конденсатора *6С* и соответствие его номинальным параметрам;

б) регулировку «мостящих» контактов *6РП3* в цепи *5Тх*.

После этого измеряют потребление токовых цепей и цепей напряжения защиты при номинальных токе и напряжении; величина потребления должна соответствовать заводским данным.

§ 2-8. ПРОВЕРКА ЗАЩИТЫ ТОКОМ НАГРУЗКИ

Проверку трансформаторов тока и напряжения, токовых цепей и цепей напряжения, отключающих катушек выключателей и их блок-контактов, а также всех цепей постоянного тока и опробование защиты на отключение выключателя производят по соответствующим типовым инструкциям.

Определение небалансов в нулевом проводе трансформаторов тока. Ввиду того что защита ПЗ-153 чувствительна к токам небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока, при междуфазных к. з. возможно срабатывание пускового реле $9РТ_0$, вызывающее включение дистанционного органа защиты на несоответствующие виду повреждения токи и напряжения и, как следствие этого, отказ защиты. Для предотвращения отказа защиты необходимо, чтобы по возможности ток срабатывания реле $9РТ_0$ был не менее двукратного максимального тока небаланса. Максимально возможную величину тока небаланса при междуфазном к. з. в начале защищаемой линии вычисляют по формуле (считая в первом приближении, что ток небаланса пропорционален току к. з.)

$$I_{\text{нб.макс}} = I_{\text{нб}} \frac{I_{\text{к.з.макс}}}{I_{\text{нагр}}},$$

где $i_{нб}$ — ток небаланса, измеренный при токе, равном $I_{нагр}$. Если при этом уставка оказывается недопустимо большой, то необходимо выяснить причины увеличения тока небаланса и принять меры к его уменьшению.

Проверка устройства блокировки при обрывах цепей напряжения. 1. Определяют величину тока небаланса в цепи реле при полностью собранных цепях звезды и разомкнутого треугольника трансформатора напряжения, питающего защиту. Ток небаланса должен быть не выше 30—40% тока возврата реле *РНб*.

2. Проверяют полярность включения обмотки разомкнутого треугольника трансформатора напряжения. Для этого отсоединяют одноименные фазы на вторичных обмотках *ТН* по схеме на рис. 2-6. При этом величина тока (напряжения) небаланса в цепи реле *РНб* не должна существенно изменяться по сравнению с измеренной согласно п.1, если полярность включения правильна.

При неправильной полярности включения обмотки разомкнутого треугольника величина тока небаланса значительно превысит ток срабатывания реле *РНб*.

3. Проверяют надежность действия блокировки при перегорании предохранителей. Для этого после восстановления нормальной схемы питания блокировки поочередно снимают предохранители в фазах *А*, *В*, *С* и попарно в фазах *АВ*, *ВС*, *СА*. При этом измеряют ток в реле *РНб*, который должен быть больше тока срабатывания реле не менее чем в 4 раза.

4. Восстанавливают схему питания блокировки и вновь измеряют величину тока небаланса.

Проверка правильности включения цепей переменного тока и напряжения защиты. В объем проверки правильности включения цепей переменного тока и напряжения защиты входит проверка фазировки цепей напряжения, правильности включения трансформаторов тока (со снятием векторной диаграммы) и правильности включения органов направления.

Проверка выполняется в соответствии с «Общей инструкцией по проверке устройств релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей» и с «Инструкцией по проверке правильности включения реле направления мощности».

Опробование защиты на отключение. Проверяется исправность отключающей цепи опробованием защиты на отключение выключателя с последующим включением линии действием АПВ.

Пусковые и дистанционные органы защиты обычно используются с характеристикой, имеющей центр в начале координат, и поэтому не требуют проверки направленности действия рабочим током.

§ 2-9. ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРОВЕРКА ЗАЩИТЫ

При периодических эксплуатационных проверках защиты рекомендуется производить:

а) внешний осмотр, механическую проверку реле, вспомогательных устройств и соединений между ними, а также измерение сопротивления изоляции;

б) проверку взаимодействия реле в схеме путем запуска от руки отдельных реле при $U_н$ и $0{,}8U_н$ постоянного тока;

в) проверку работы схемы устройства блокировки защиты при повреждениях цепей напряжения имитацией обрыва отдельных фаз цепей напряжения;

г) проверку величины сопротивления срабатывания всех реле сопротивления при питании панели от постороннего источника;

д) проверку тока срабатывания токового реле $9PT_0$;

е) проверку времени действия защиты во всех зонах.

Все указанные операции производятся так же, как при новом включении. Данные проверки заносят в протокол наладки защиты.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ВЫБОР УСТАВОК ЗАЩИТЫ

Выбор уставок защиты должен производиться в соответствии с действующими руководящими указаниями по релейной защите. Некоторые краткие сведения по выбору уставок приведены ниже.

а) Пусковые органы

Сопротивление срабатывания пусковых органов *1PC*, *2PC*, *3PC* необходимо отстраивать от минимального нагрузочного сопротивления на зажимах реле и выбирать из условия

$$z_{\text{уIII}} \leqslant \frac{U_{\text{мин}}}{\sqrt{3} k_{\text{н}} I_{\text{р.макс}}}, \qquad \text{(П-1)}$$

где $U_{\text{мин}}$ — минимальное рабочее напряжение (при отсутствии сведений величина $U_{\text{мин}}$ может быть принята 0,9 $U_{\text{н}}$);

$I_{\text{р.макс}}$ — максимальный рабочий ток линии;

$k_{\text{н}}=1{,}2$ — коэффициент надежности.

Необходимо проверить согласование пусковых реле по чувствительности со всеми защитами, с которыми третья зона согласуется по времени.

Выдержка времени третьей зоны выбирается по встречно-ступенчатому принципу из условия согласования с временами действия резервных защит смежных участков.

Уставка реле тока нулевой последовательности $9PT_0$ выбирается из условия отстройки от токов небаланса при междуфазных к. з. в начале линии:

$$I_{\text{ср.о}} \geqslant 2I_{\text{нб.макс}}, \qquad \text{(П-2)}$$

где $I_{\text{нб.макс}}$ — максимальный ток небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при междуфазных к. з. в начале защищаемой линии.

Чувствительность $9PT_0$ определяется как отношение минимального значения тока при двойном коротком замыкании на землю в конце третьей зоны к току срабатывания реле:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I^{(1,1)}_{\text{мин}}}{I_{\text{ср.о}}}. \qquad \text{(П-3)}$$

Ток двойного к. з. на землю можно приближенно считать равным току двухфазного к. з.

б) Дистанционный орган

Сопротивление срабатывания дистанционного органа защиты в первой зоне необходимо выбирать из условия отстройки от короткого замыкания в начале первой ступени последующего участка:

$$z_{\text{ср I}} = 0{,}85 z_{\text{л}}, \qquad \text{(П-4)}$$

где $z_{\text{л}}$ — первичное сопротивление защищаемой линии, *ом* на фазу. Выдержка времени первой зоны определяется собственным временем срабатывания защиты.

Сопротивление срабатывания дистанционного органа во второй зоне выбирается равным меньшему из двух значений величин, определенных из условий:

$$1)\ z_{\text{ср I}} \leqslant 0{,}85\,(z_{\text{л}} + z_{\text{тр}}), \qquad \text{(П-5)}$$

где $z_{\text{тр}}$ — результирующее сопротивление понижающих трансформаторов приемной подстанции;

$$2)\ z_{\text{ср II}} \leqslant 0{,}8\,(z_{\text{л}} + 0{,}8 z'_{\text{л}}), \qquad \text{(П-6)}$$

где $z'_{\text{л}}$ — сопротивление наиболее короткой линии, отходящей от приемной подстанции.

При наличии подпитки на приемной подстанции необходимо учитывать величину коэффициента подпитки.

Для защиты длинной линии, за которой следует короткая линия, необходимо проверить выбранную уставку по условию

$$x_{\text{ср II}} \geqslant 1{,}2 z_{\text{л}}. \qquad \text{(П-7)}$$

Если это условие не соблюдается, принимают сопротивление срабатывания и время действия второй зоны из условия согласования не со вторыми, а с третьими зонами защит последующих участков линии.

Пересчет уставки на вторичные омы производится по формуле

$$z_{\text{ср.вт}} = \frac{z_{\text{ср}} n_{\text{т}}}{n_{\text{н}}},$$

где $n_{\text{т}}$ и $n_{\text{н}}$ — соответственно коэффициенты трансформации трансформаторов тока и напряжения.

Время переключения защиты с первой зоны на вторую в зависимости от уставок и величины тока к. з. в конце первой зоны защиты принимают равным собственному времени возврата реле *6РП4* (порядка 0,15 *сек*) при условии

$$I_{\text{к.з}} z_{\text{ср I}} \geqslant 3. \qquad \text{(П-8)}$$

В случаях, когда условие (П-8) не удовлетворяется, параллельно обмотке реле *6РП4* включают сопротивление, увеличивая тем время возврата реле до 0,25 *сек*.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Энергосистема ЦС РЗАИ

станция (сетевой р-н, п/ст.)

защищаемый объект

ПАСПОРТ—ПРОТОКОЛ

на дистанционную защиту ПЗ-153

I. Паспортные данные

1. Защита выполнена по принципиальной схеме №_____ и монтажной схеме №_____

2. Спецификация аппаратуры

№ п/п.	Наименование	Тип	Заводской №	Обозначение по схеме	Шкала

3. Трансформаторы тока и напряжения

Место установки							
Тип							
Коэффициент трансформации							

4. Источник оперативного тока_____

5. Типы приводов и данные катушек отключения (КО) и включения (КВ)

Присоединение (выключатель)							
Тип привода							
КО—$I_{ср}$, a							
КВ—$I_{ср}$, a							

6. Защита включена _____
(на сигнал, на отключение, дата)

II. Заданные уставки

Дата							
Кем заданы							
Телефонограмма №___ Пояснительная записка №___							
z_I, *ом/фаза*							
z_{II}, *ом/фаза*							
z_{III}, *ом/фаза*							

III. Проверка при новом включении

1. Внешний осмотр панели и установленной на ней аппаратуры

_____

_____

_____

2. Осмотр сборок зажимов и разделок кабелей

_____

_____

_____
(указать, какие сборки осматривались)

3. Внутренний осмотр и проверка механической исправности аппаратуры

_____

_____

_____

4. Проверка изоляции

Цепи	Сопротивление изоляции на панели		Сопротивление изоляции на землю кабелей и других внешних цепей
	на землю	между цепями	
Переменного тока			
Переменного напряжения			
Постоянного тока			
Сигнализации			
Переменного тока	—		
Постоянного тока	—	—	
Переменного напряжения	—		
Сигнализации	—		

Проверена электрическая прочность изоляции всех цепей на землю:

а) напряжением переменного тока ——— *в* в течение ——— *мин*

б) мегомметром ——— *в*; $r_{из}$ = ———

5. Проверка схемы и маркировки

Схема защиты соответствует принципиальной схеме № ———

от ——— и монтажной схеме № ——— от ———

6. Проверка промежуточных и сигнальных реле и реле времени

а) Проверка срабатывания и возврата

Реле параллельного включения			Реле последовательного включения				
Наименование реле	$U_{ср}$, *в*	$U_{в}$, *в*	Наименование реле	$I_{ср}$, *а*	$I_{в}$, *а*	Падение напряжения	
						ΔU, *в*	При I, *а*

Реле параллельного включения с последовательной удерживающей обмоткой					
Наименование реле	Однополярные зажимы	$U_{ср}$, *в*	$U_{в}$, *в*	$I_{уд}$, *а*	
				I обм.	II обм.

Реле параллельного включения с параллельной удерживающей обмоткой				
Наименование реле	Однополярные зажимы	$U_{ср}$, *в*	$U_{в}$, *в*	$U_{уд}$, *в*

Примечание. Напряжение срабатывания и возврата измерялось $\frac{\text{на зажимах}}{\text{на обмотках реле}}$ панели.

б) Проверка времени действия промежуточных реле и реле времени

Наименование реле						
Время определено при срабатывании или отпадании						
$t_{зам}$, *сек*						
$t_{разм}$, *сек*						

7. Проверка электрических характеристик

Проверка промежуточных трехобмоточных трансформаторов тока *6ТТ* и автотрансформатора тока *6АТТ*

Дан ток ___*а*	Обмотки трансформаторов тока *6ТТ*, соединенные в звезду		Обмотки трансформаторов тока *6ТТ*, соединенные в треугольник		Полная схема	
	Переключались контакты реле	Вторичный ток, *а*	Переключались контакты реле	Вторичный ток, *а*	Переключались контакты реле	Вторичный ток, *а*

Автотрансформатор тока *6АТТ*	
I_1, *а*	
I_2, *а*	
$k_т = \frac{I_2}{I_1}$	

Проверка надежности шунтировки токовых цепей

_____

_____

_____

Проверка трансреакторов

Первичный ток, *а*								
U_2, *в*	*1Tx1*							
	1Tx2							
	2Tx1							
	2Tx2							
	3Tx1							
	3Tx2							
	5Tx1							
	5Tx2							

Проверка автотрансформаторов напряжения:

а) Снятие характеристики холостого хода

Первичный ток, *а*								
U_2, *в*	*1TH*							
	2TH							
	3TH							
	5THI							
	5THII							

б) Снятие зависимости $U_2=f(U_1)$

U_1, *в*								
U_2, *в*	*1ТН*							
	2ТН							
	3ТН							
	5ТНI							
	5ТНII							

На промежуточных автотрансформаторах тока и напряжения установлены отпайки _____

Распределение напряжения на элементах реле сопротивления

Проверка цепей напряжения реле *5РС* при $U=100$ *в*

Дано напряжение в фазы панели	Переключались контакты реле	Фаза напряжения на зажимах		Напряжение на зажимах
		№_____	№_____	

Проверка реле тока

Реле	$I_{ср}$, *а*	$I_в$, *а*	$k_в$	Условия и результаты проверки отсутствия вибрации контактов

Проверка реле направления мощности

а) Определение однополярных выводов

Фаза				
Однополярные зажимы	тока			
	напряжения			

б) Проверка отсутствия самоходов

Фаза			
От тока _____ *а*			
От напряжения ____ *в*			
Состояние другой обмотки			

в) Чувствительность реле $U_{ср}=f(I)$

Определяемая величина	Ток, *а*				Угол, *град*
$U_{ср}$, *в*					
$U_{в}$, *в*					
$k_{в}$					

г) Угол перемены знака момента

Фаза	Угол, *град*			

д) Проверка контактов на сброс обратной мощности от_____ до_____*ва*

е) Проверка контакта на отсутствие вибрации при прямой мощности от_____до_____*ва*

Проверка реле сопротивления

а) Настройка сопротивления срабатывания реле при φ=_____

Зона	I, а	$A-B$				$B-C$				$C-A$				$A-O$		$C-O$	
		$U_{ср}$, в	$U_{в}$, в	$k_{в}$	$z_{ср}$, ом	$U_{ср}$, в	$U_{в}$, в	$k_{в}$	$z_{ср}$, ом	$U_{ср}$, в	$U_{в}$, в	$k_{в}$	$z_{ср}$, ом	$U_{ср}$, в	$z_{ср}$, ом	$U_{ср}$, в	$z_{ср}$, ом
I																	
II																	
III																	

б) Снятие зависимости $z_{ср}=f(I)$ при φ=_____

Зона	Фаза	I, а	$U_{ср}$, в	$z_{ср}$, ом	I, а	$U_{ср}$, в	$z_{ср}$, ом	I, а	$U_{ср}$, в	$z_{ср}$, ом	I, а	$U_{ср}$, в	$z_{ср}$, ом
I	$A-B$												
	$A-O$												
II	$A-B$												
	$A-O$												
III	Фаза—фаза												
	Фаза—нуль												

в) Снятие угловой характеристики $z_{ср}=f(\varphi)$ при $I=$_____ a

φ, *град*			0	60	120	180	240	300
I зона	$A-B$	$U_{ср}$, *в*						
		$z_{ср}$, *ом*						
	$A-O$	$U_{ср}$, *в*						
		$z_{ср}$, *ом*						
II зона	$A-B$	$U_{ср}$, *в*						
		$z_{ср}$, *ом*						
	$A-O$	$U_{ср}$, *в*						
		$z_{ср}$, *ом*						
III зона	Фаза—фаза	$U_{ср}$, *в*						
		$z_{ср}$, *ом*						
	Фаза—нуль	$U_{ср}$, *в*						
		$z_{ср}$, *ом*						

г) Результаты проверки работы контактов _____

Проверка взаимодействия схемы защиты и сигнализации

Снятие временной характеристики $t=f(z)$ при $I=$_____ a

$\varphi=$_____

Фаза	$0{,}5z_I$		$0{,}9z_I$		$1{,}1z_I$		$0{,}9z_{II}$		$1{,}1z_{II}$		$0{,}9z_{III}$		$1{,}1z_{III}$	
	$U_{ср}$, *в*	$t_{ср}$, *сек*	$U_{ср}$, *в*	$t_{ср}$, *сек*	$U_{ср}$, *в*	$t_{ср}$, *сек*	$U_{ср}$, *в*	$t_{ср}$, *сек*	$U_{ср}$, *в*	$t_{ср}$, *сек*	$U_{ср}$, *в*	$t_{ср}$, *сек*	$U_{ср}$, *в*	$t_{ср}$, *сек*
$A-B$														
$B-C$														
$C-A$														
$A-O$														
$C-O$														

Определение потребления цепей тока при $I_н$=5 *а*

Фазы	Переключались контакты реле	Напряжение до переключения, *в*	Напряжение после переключения, *в*	Потребление, *ва*

Определение потребления цепей напряжения при U=100 *в*

Фазы	Переключались контакты реле	Ток до переключения, *а*	Ток после переключения, *а*	Потребление, *ва*

Определение потребления цепей постоянного тока

при $U=U_{ном}$ для вида повреждения *А—О*

Во второй зоне I=_____ *а*. В третьей зоне I=_____ *а*

Защита опробована на $\frac{\text{сигнал}}{\text{отключение}}$

При этом $\frac{\text{загоралась лампа}}{\text{отключался выключатель}}$

Защита включена на $\frac{\text{сигнал}}{\text{отключение}}$

Приборы, которыми производилась проверка

Наименование	Тип	№	Примечание

Начальник МС РЗАИ.

Проверку производили _____

_____

Дата

IV. Проверка током нагрузки

1. Проверка схемы токовых цепей

Измерение токов от трансформаторов тока, токов и напряжений небаланса

Цепи тока					
I_A					
I_B					
I_C					
$3I_0$	Нормально				
	Закорочена фаза				

Цепи напряжения	$U_{нб}$, в	
A		
B		
C		

2. Проверка схемы цепей напряжения

Измерение напряжения на панели

Трансформатор напряжения	Напряжение фаз, в												
	A—B	B—C	C—A	A—O	B—O	C—O	A—земля	B—земля	C—земля	$3U_0$—земля	$3U_0'$—земля		
Система шин													
Система шин													

Чередование фаз

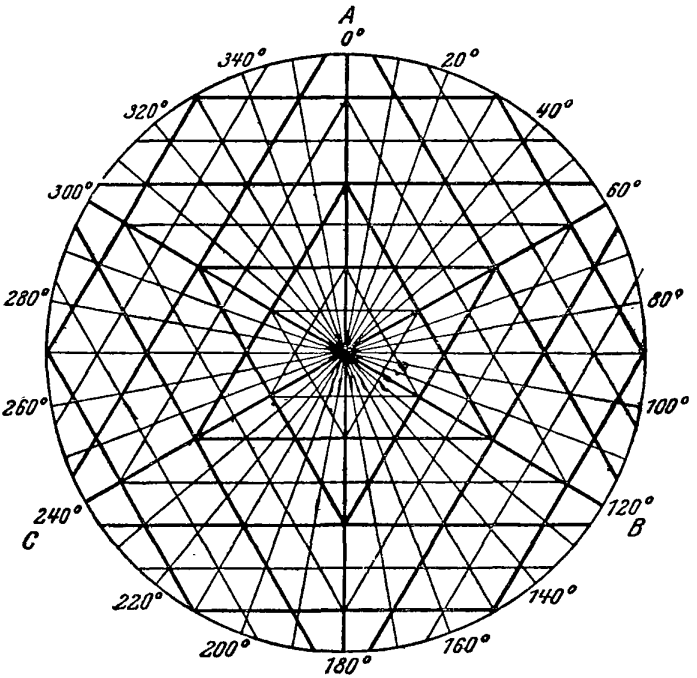
Проверка фазировки вольтметром

Напряжение от сборки	Напряжение, в, на панели от										
	TH_____ системы шин					TH_____ системы шин					
	A	B	C			A	B	C			
A											
B											
C											

Проверка вольтметром правильности подачи напряжения на реле

Реле										
Фаза тока										
Подано напряжение, *в*										

3. Векторная диаграмма



$I_A =$ ——— *a* $\varphi_A =$ ———

$I_B =$ ——— *a* $\varphi_B =$ ———

$I_C =$ ——— *a* $\varphi_C =$ ———

Напряжения фаз	A			B			C			Напряжения, в				Токи, а		
A—				×	×	×	×	×	×	линейные		фазовые		A	B	C
B—							×	×	×	A—B		A—O				
C—										B—C		B—O				
A—	×	×	×							C—A		C—O				
B—	×	×	×	×	×	×				$n_н$ = ———				1° ваттметра		
										$n_т$ = ———				——— вт		

4. Проверка реле направления мощности

Схема первичной коммутации———————

Направление электроэнергии относительно шин

активной——————— **реактивной**———————

Реле									
Переключения в схеме реле									
Фаза тока в реле									
Фаза напряжения на реле									
Поведение реле									

5. Проверка блокировки от перегораний предохранителей

Режим цепей напряжения	Снято напряжение на панели				Снято напряжение от ТН			
	одной фазы		двух фаз		одной фазы		двух фаз	
Поведение реле								
$U_р$, *в*								

$$k = \frac{U_р}{U_{ср}}$$

Начальник МС РЗАИ _____ Проверку производил _____

Дата _____

V. Результаты проверок

Дата	Наименование и объем проверки. Выявленное отклонение характеристик и обнаруженные дефекты	Подписи	
		проверявшего	начальника МС РЗАИ

Изменение схемы, аппаратуры

Дата	Выполненное изменение	Основание	Подписи	
			проверявшего	начальника МС РЗАИ

Примечание. В паспорт-протокол заносятся все результаты проверки при новом включении; при эксплуатационных проверках заполняется только раздел „Результаты проверок".

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ТИПА ПЗ-153

1. Пусковые органы — реле сопротивления *1РС*, *2РС* и *3РС*

Обозначение в схеме	Параметры для исполнения на номинальный ток	
	5 *а*	1 *а*
1РС, *2РС*, *3РС*	Обмотка полюсов $РС_п$, $w_п$=2×1 260 витков, ПЭВ2-0,25 Обмотка ярма $РС_я$, $w_я$=4×2 100 витков, ПЭВ2-0,23	
Тх1, *Тх2*	Первичная (внутренняя), w=14 витков, ПБД-1,56	Первичная (внутренняя), w=70 витков, ПЭВ2-0,8
	Вторичная (наружная), w=1 420 витков, ПЭЛ-0,35, зазор $\delta = 2{,}6$ *мм*	
ТН	$w_1 = 800$ витков, отводы от 80-го, 160-го, 240-го, 320-го, 400-го, 480-го, 560-го 640-го, 720-го, витков $w_2 = 76$ витков, отводы от 4-го, 8-го, 12-го, 28-го, 44-го, 60-го, 76-го витков $w_3 = 64$ витков, отводы от 16-го, 32-го, 48-го, 64-го витков, провод ПЭВ2-0,64.	
R_1, R_2	$r = 200$ *ом*, тип ПЭ-15	
С1	$C = 2\times4$ *мкф*, $U_{раб} = 400$ *в*, тип МБГП	
С2	$0{,}5 + 1 = 1{,}5$ *мкф*, $U_{раб} = 1\,500$ *в*, тип МБГП	

II. Дистанционный орган — реле *5РС*

Обозначение в схеме	Параметры
5РС	Обмотка полюсов $РС_п$, $w_п = 2\times520 = 1\,040$ витков, ПЭВ2-0,41 Обмотка ярма $РС_я$, $w_я = 4\times800 = 3\,200$ витков, ПЭВ2-0,38
5Тх1, *5Тх2*	$w_1 = 300$ витков, отводы от 60-го, 120-го, 200-го витков $w_2 = 400$ витков, ПЭ11-0,59 Зазор $\delta = 2{,}2$ *мм*, сечение стали 5,6 *см*^{2}

Обозначение в схеме	Параметры
5TH	w_1=80×5+40×10=800 витков w_2=4×3+16×4=76 витков w_3=2×3+8×4=38 витков ПЭВ2-0,84 $z_{х.х}$≈300 *ом*. Сечение стали 8 *см*²
5C	C=10+0,6 *мкф*, $U_{раб}$=400 *в*, тип МБГП
5R	r=500 *ом*; Провод—константан 0,35 *мм*

III. Блокировка при обрыве фаз цепей напряжения—устройство КРБ-12

Обозначение в схеме	Параметры
Тб	w_1 = 2 700 витков, ПЭЛ—0,21 $w_2 = w_3 = w_4 = w_5$ = 750 витков, ПЭЛ-0,27
РНб.	$w = w_{вн} + w_{нар}$ = 8 800 + 4 200 = 13 000 витков, ПЭЛ-0,1
ВК (тип ВК-20-6)	
R3, R4, R5	r = 1 000 *ом*, тип ПЭ-200-II
R1	$r = r_{пост} + r_{рег}$; $r_{пост}$ = 500 *ом*, тип ПЭ-20; $r_{рег}$ = 130 *ом*

IV. Комплект 6—промежуточные трансформаторы *6ТТ*, автотрансформатор тока *6АТТ*

Обозначение в схеме	Параметры для исполнения на номинальный ток	
	5 *а*	1 *а*
ТТ1, ТТ2, ТТ3	$w_1' = w_1''$ 32 витка, ПБД-1,56	$w_1' = w_1''$ = 160 витков, ПЭЛ-0,8
	w_2 = 800 витков, ПЭЛ-0,51 Сечение стали 8 *см*²	

Обозначение в схеме	Параметры для исполнения на номинальный ток	
	5 *а*	1 *а*
АТТ	w=190 витков, ПБД-1,56 Отводы от 28-го, 56-го, 84-го, 160-го, 167-го, 174-го, 181-го витков Сечение стали 8 *см*^{2}	w = 950 витков, ПБД2-0,8. Отводы от 140-го, 280-го, 420-го, 800-го, 835-го, 870-го, 905-го витков
*R*2	r = 1 000 *ом*, ПЭ-20	
С	$C = 10 \pm 1$ *мкф*, $U_{раб}$ = 200 *в*. Тип МБГП	

V. Органы направления мощности—реле *7РМ* и *8РМ*; реле максимального тока—реле *9РТ*$_0$

Обозначение в схеме	Параметры для исполнения на номинальный ток	
	5 *а*	1 *а*
7РМ, *8РМ*	ИМБ-171А/1. Обмотка полюсов $w_п$=30×2 витков, ПБД-1,45	ИМБ-171/2. Обмотка полюсов $w_п$=150×2 витков, ПЭВ2-0,8
	Обмотка ярма $w_я$ = 1 100×4 витков, ПЭВ2-0,31; $r_{доб}$ = 250 *ом*	
9РТ$_0$	ЭТ-523/10 w = 10×2 витков, ПБД-1,95	ЭТ-523/2 w = 50×2 витков, ПБД-1,25

VI. Комплект кодовых реле *6РП*

Обозначение в схеме	Обмоточные данные		Сопротивление, *ом*	Номинальное напряжение, *в*
	Витки	Провод		
РП1, *РП2* типа КДР-1	8 300	ПЭВ2-0,11	880	220
	14 000	ПЭВ2-0,1	2 500	
	4 000	ПЭВ2-0,16	285	110
	7 100	ПЭВ2-0,14	630	
	1 700	ПЭВ2-0,25	35	48
	3 100	ПЭВ2-0,21	115	
	850	ПЭВ2-0,35	9	24
	1 600	ПЭВ2-0,29	31	

Обозначение в схеме	Обмоточные данные		Сопротивление, *ом*	Номинальное напряжение, *в*
	Витки	Провод		
РП3 типа КВД-1	25 000	ПЭВ2-0,1	3 800	220
	12 700	ПЭВ2-0,14	960	110
	5 700	ПЭВ2-0,21	185	48
	2 850	ПЭВ2-0,29	46	24
РП4 типа КДР-3	2 200 / 44 000	ПЭЛ-0,15 / ПЭЛ-0,07	110 / 14 500	220
	1 100 / 27 000	ПЭЛ-0,2 / ПЭЛ-0,09	30 / 5 000	110
	470 / 11 500	ПЭЛ-0,29 / ПЭЛ-0,14	6 / 250	48
	230 / 5 600	ПЭЛ-0,41 / ПЭЛ-0,2	1,5 / 200	24
РП5 типа КДР-3	37 000	ПЭЛ-0,08	9 000	220
	20 000	ПЭЛ-0,12	3 000	100
	9 500	ПЭЛ-0,18	435	48
	5 100	ПЭЛ-0,25	120	24
R1 типа ПЭ-20	—	—	10 000	220
	—	—	3 000	110
	—	—	600	48
	—	—	150	24

Примечание. В числителе указаны данные для последовательных обмоток, а в знаменателе—для параллельных.

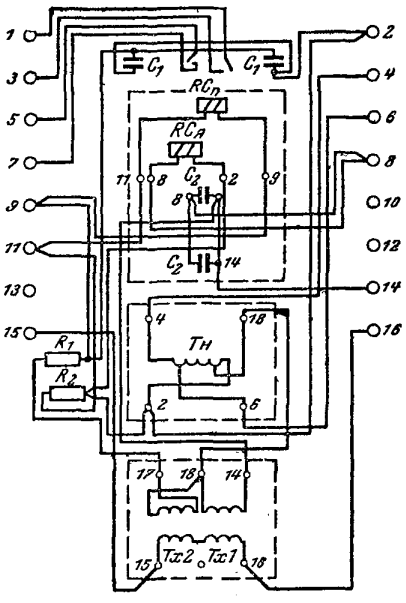
VII. Вспомогательные реле схемы оперативных цепей

Обозначение в схеме	Обмоточные данные		Сопротивление, *ом*	Номинальное напряжение или ток удерживания *в, а*
	Витки	Провод		
10РП типа РП-23	35 000	ПЭВ1-0,09	8 500	220
	21 000	ПЭВ1-0,12	2 750	110
	8 000	ПЭВ1-0,19	480	48
	4 500	ПЭВ1-0,27	120	24
11РП типа РП-253	Обмотка параллельного включения			
	11 000	ПЭВ2-0,07	4 400	220
	5 500	ПЭВ2-0,1	1 100	110
	2 400	ПЭВ2-0,15	210	48
	1 200	ПЭВ2-0,21	53	24

Обозначение в схеме		Обмоточные данные: Витки	Обмоточные данные: Провод	Сопротивление, *ом*	Номинальное напряжение или ток удерживания *в, а*
11РП типа РП-253		Обмотка последовательного включения			
		100	ПЭВ2-0,7	—	1
		50	ПЭВ2-0,93	—	2
		25	ПЭВ2-1,0	—	4
		Демпферная обмотка			
		100	ПЭВ2-0,41	—	—
12РВ, 13РВ типов ЭВ-122 и ЭВ-134		18 900	ПЭЛ-0,14	1 750	220
		9 800	ПЭЛ-0,2	450	110
		4 250	ПЭЛ-0,31	80	48
		2 000	ПЭЛ-0,44	20	24
14РУ, 15РУ, 16РУ типа ЭС-21			ЭС-21/0,025		
		7 200	ПЭЛ-0,17	320	220
			ЭС-21/0,05		
		3 600	ПЭЛ-0,25	70	110
			ЭС-21/0,1		
		1 800	ПЭЛ-0,35	18	48
			ЭС-21/0,25		
		720	ПЭЛ-0,55	3	24
17РУ типа ЭС-21		61 000	ПЭЛ-0,05	28 000	—
		32 000	ПЭЛ-0,07	7 500	—
		14 000	ПЭЛ-0,11	1 440	—
		7 000	ПЭЛ-0,15	300	—
18РУ, 19РУ, типа ЭС-21	Панель на 2 и 4*а*; ЭС-21/1	180	ПЭЛ-1	0,2	—
	Панель на 1 *а*; ЭС-21/0,5	360	ПЭЛ-0,8	0,7	—

Монтажные схемы элементов защиты ПЗ-153

Монтажная схема



Развернутая схема цепей переменного тока и напряжения

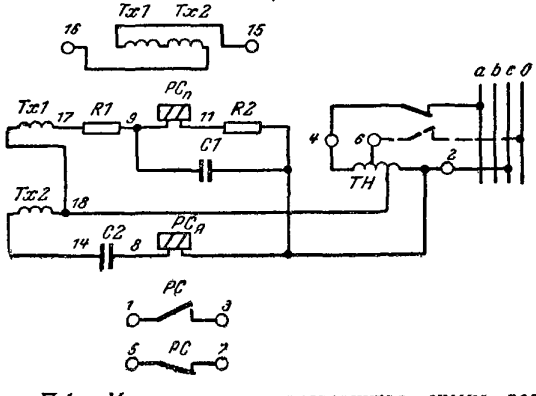


Рис. П-1. Монтажная и развернутая схемы реле КРС-112.

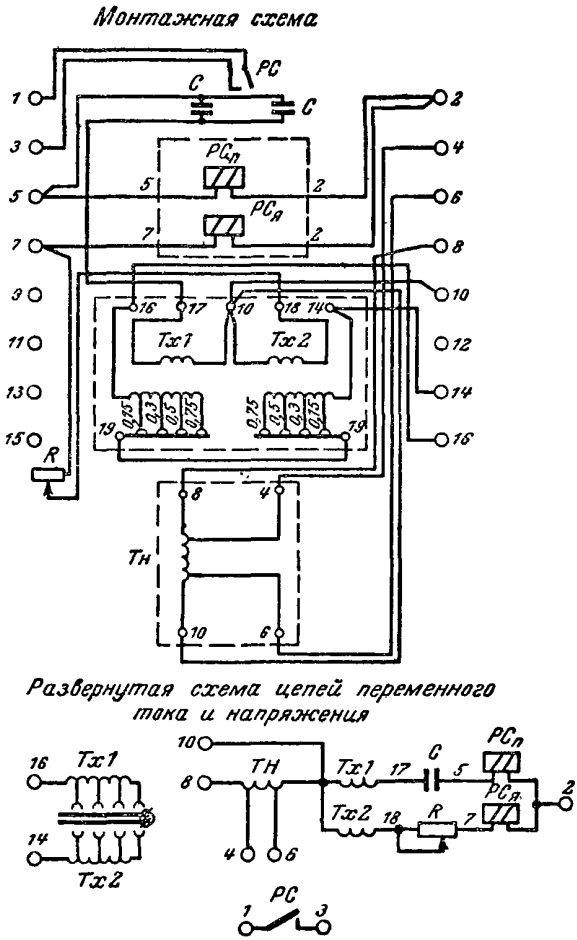


Рис. П-2. Монтажная и развернутая схемы реле КРС-111.

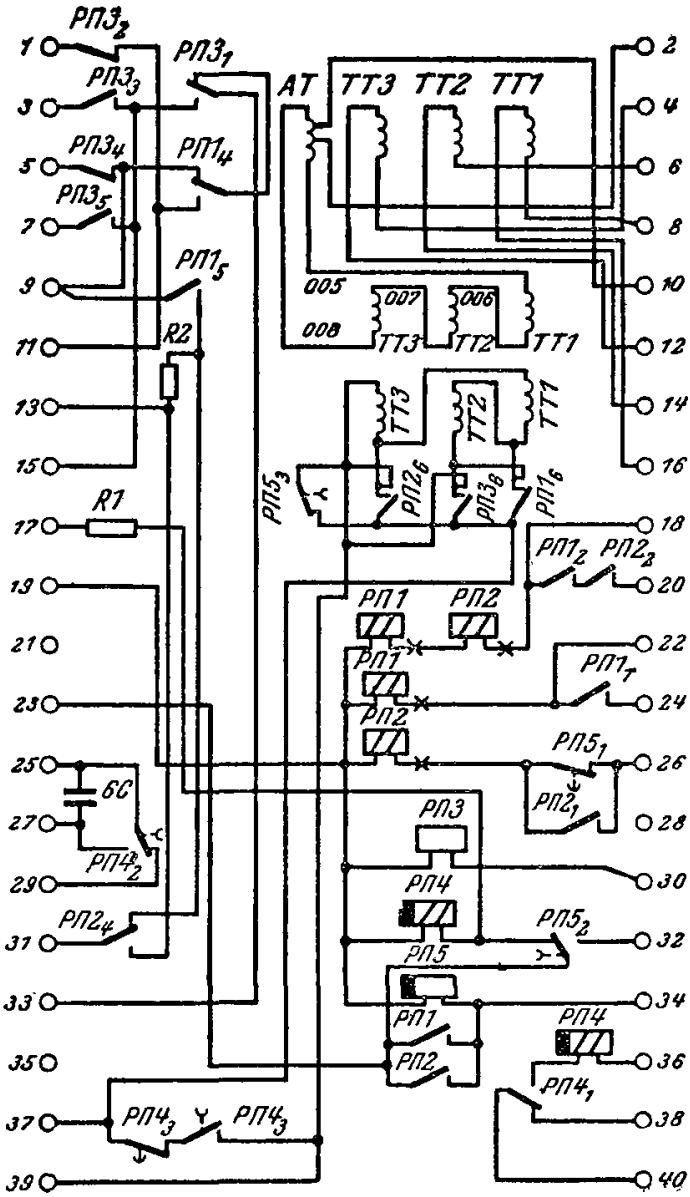


Рис. П-3. Принципиально-монтажная схема комплекта реле 6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаевеко Ю. А., Инструкция по наладке и проверке дистанционной защиты типа ПЗ-152, Госэнергоиздат, 1959.

2. Федосеев А. М., Основы релейной защиты, Госэнергоиздат, 1961.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

Глава первая. **Описание защиты** 5

§ 1-1. Общие принципы выполнения 5
§ 1-2. Основные технические данные 8
§ 1-3. Конструктивное исполнение 10
§ 1-4. Пусковой орган 11
§ 1-5. Дистанционный орган 16
§ 1-6. Блокировка при неисправностях цепей напряжения типа КРБ-12, органы направления мощности 21
§ 1-7. Цепи переменного тока 22
§ 1-8. Цепи переменного напряжения 24
§ 1-9. Оперативные цепи 25
§ 1-10. Действие защиты при различных видах повреждений 28

Глава вторая. **Наладка и проверка защиты** 30

§ 2-1. Общие указания и объем работ 30
§ 2-2. Внешний осмотр, проверка монтажа цепей защиты, предварительная механическая регулировка 31
§ 2-3. Проверка изоляции 31
§ 2-4. Проверка элементов схемы постоянного тока 32
§ 2-5. Проверка взаимодействия реле опробованием схемы от руки 34
§ 2-6. Проверка элементов схем переменного тока и напряжения и регулировка уставок 35
§ 2-7. Проверка защиты при питании цепей тока и напряжения от постороннего источника 48
§ 2-8. Проверка защиты током нагрузки 53
§ 2-9. Периодическая эксплуатационная проверка защиты 54

Приложение 1 55

Приложение 2 57

Приложение 3 71

Приложение 4 76

Литература 79

gost.e-ecolog.ru