ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ИНСТРУКЦИЯ
ПО НАЛАДКЕ И ПРОВЕРКЕ УСТРОЙСТВ ФИЛЬТР-РЕЛЕ ТОКА ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ТИПОВ РТ-2 и РТФ-1

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ЭНЕРГИЯ“

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ИНСТРУКЦИЯ
ПО НАЛАДКЕ И ПРОВЕРКЕ УСТРОЙСТВ ФИЛЬТР-РЕЛЕ ТОКА ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ТИПОВ РТ-2 и РТФ-1

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

СОСТАВЛЕНО ЭЛЕКТРОЦЕХОМ ОРГРЭС

Авторы инженеры **О. А. Гильчер, Л. Д. Котилевская, Б. Л. Трахтман**
Редактор инж. **Л. М. Лебедева**

УДК 621.316.925.43.004.5(083.96)

УТВЕРЖДАЮ

Зам. начальника Технического управления по эксплуатации энергосистем

П. Устинов

I. ВВЕДЕНИЕ

В связи с ростом мощности отечественных турбогенераторов и внедрением в эксплуатацию машин с форсированным охлаждением все большее значение приобретает защита обмоток машин от перегрузки токами обратной последовательности и защита от внешних несимметричных коротких замыканий.

Для новых конструкций мощных генераторов, а для машин с непосредственным охлаждением проводников обмоток в особенности, важное значение приобретает своевременное отключение опасных токов обратной последовательности, которые, помимо несимметричных коротких замыканий, могут возникнуть при обрывах одной фазы линии, при работе линий в неполнофазном режиме, при наличии в сетях неполнофазной группы трансформаторов.

Руководящими указаниями по релейной защите (выпуск 1, 1961 г.) для генераторов мощностью 50—60 *Мва* рекомендуется выполнять защиту от перегрузки токами обратной последовательности и от внешних несимметричных коротких замыканий с помощью одного устройства — фильтр-реле токов обратной последовательности типа РТ-2, выпускаемого заводом ЧЭАЗ (Чебоксарский электроаппаратный завод). Эти же реле устанавливаются и на более мощных машинах до появления в достаточном количестве фильтр-реле токов обратной последовательности с зависимой временной характеристикой.

Для защиты трансформаторов, блоков генератор — трансформатор и других установок переменного тока от сверхтоков обратной последовательности ЧЭАЗ выпускает фильтр-реле типа РТФ-1.

Устройства фильтр-реле токов обратной последовательности типов РТ-2 и РТФ-1 не реагируют на симметричные повреждения и симметричные перегрузки. Это позволяет выполнять защиту от несимметричных коротких замыканий весьма чувствительной, с уставками, не требующими согласования с токами нагрузки.

Методика наладки и проверки обоих устройств содержит много общего, ввиду чего после раздельного описания каждого из них разделы инструкции, относящиеся к способам настройки и проверки реле в целом и отдельных аналогичных узлов схемы, охватывают одновременно реле типов РТ-2 и РТФ-1.

II. ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ФИЛЬТР-РЕЛЕ ТОКА ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ТИПА РТ-2

§ 1. Фильтр-реле типа РТ-2 состоит из фильтра тока обратной последовательности, выполненного с компенсацией токов нулевой последовательности, и двух реле тока *Р1* и *Р2* типа ЭТ-520, из которых *Р1*, более грубое, служит для отключения сверхтоков при несимметричных коротких замыканиях, а *Р2*, более чувствительное, служит для сигнализации появления опасной для генератора величины токов обратной последовательности.

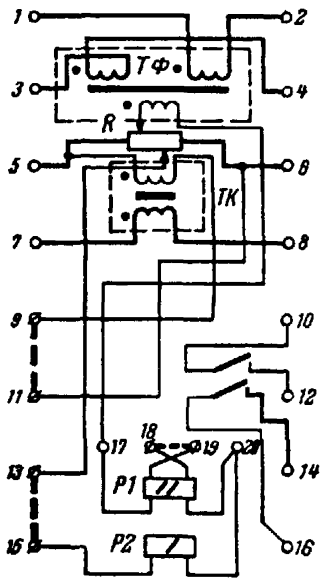


Рис. 1. Схема фильтр-реле тока обратной последовательности типа РТ-2.

Принципиальная схема фильтр-реле представлена на рис. 1.

Фильтр тока обратной последовательности (ФТОП) (рис. 2) состоит из трансформатора с воздушным зазором *ТФ*, имеющего две первичные и одну вторичную обмотки, регулируемого со-

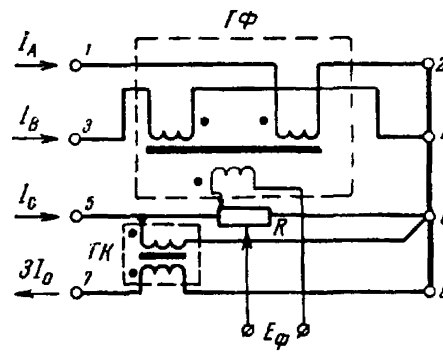


Рис. 2. Принципиальная схема фильтра токов обратной последовательности реле РТ-2.

противления *R* и трансформатора компенсации *ТК*. Сопротивление *R* намотано голой константановой проволокой на фарфоровую трубку. Сердечник *ТФ* снабжен магнитным шунтом, позволяющим производить подстройку фильтра при неизменном воздушном зазоре, устанавливаемом при заводской калибровке фильтра.

Фильтр выполнен проходным, что позволяет включать реле типа РТ-2 на общие трансформаторы тока с другими защитами. При этом следует учитывать неодинаковое потребление фаз фильтра и соответственно распределять нагрузку на трансформаторы тока.

Реле *Р1* выполнено с переключением катушек с последовательного на параллельное соединение, благодаря чему шкала уставок имеет четырехкратный диапазон; реле *Р2* с последовательным соединением катушек имеет обычный, двукратный размах шкалы. Накладка *13—15* дает возможность произвести замер тока небаланса,

а также отделить реле *Р1* и *Р2* от фильтра для раздельной проверки каждого из элементов.

Трансформатор компенсации *ТК* выполнен двухобмоточным с коэффициентом трансформации 1 : 3; его вторичная обмотка включена на все сопротивление *R*. Накладка *9—11* позволяет отключать трансформатор *ТК* в тех случаях, когда в токах, питающих фильтр-реле, нулевая составляющая отсутствует.

Все элементы фильтр-реле размещены в общем кожухе размерами 385×218×200 *мм*. Устройство позволяет осуществить как переднее, так и заднее присоединение проводов.

Технические данные реле типа РТ-2 приведены в заводской информации (см. приложение I), габаритные размеры даны на рис. 3.

§ 2. Принцип действия ФТОП трансформаторного типа, применённого в реле типа РТ-2, основан на сравнении падения напряжения U_R на активном сопротивлении R с электродвижущей силой $E_{ТФ}$ на зажимах вторичной обмотки трансформатора *ТФ*. Условием выполнения фильтра токов обратной последовательности этого типа является соблюдение соотношения $x_м = \frac{R}{\sqrt{3}}$, где $x_м$ — реактивное сопротивление взаимоиндукции между обмотками трансформатора *ТФ*, численно равное вторичной э. д. с. трансформатора при протекании по одной из его первичных обмоток тока, равного 1 *а*. Сказанное наглядно поясняется векторными диаграммами фильтра, изображенными на рис. 4.

Напряжение на выходе фильтра равно:

$$\dot{E}_Ф = \dot{E}_{ТФ} + \dot{U}_R,$$

э. д. с. $\dot{E}_{ТФ}$ пропорциональна геометрической разности фазных токов и отстает от вектора разности токов $\dot{I}_A - \dot{I}_B$ на угол 90°.

При соблюдении равенства $x_м = \frac{R}{\sqrt{3}}$ э. д. с. на выходе ненагруженного фильтра (накладка *13—15* снята) при прямом чередовании фаз токов, подведенных к фильтру, равна нулю, так как в этом случае (рис. 4,*а*)

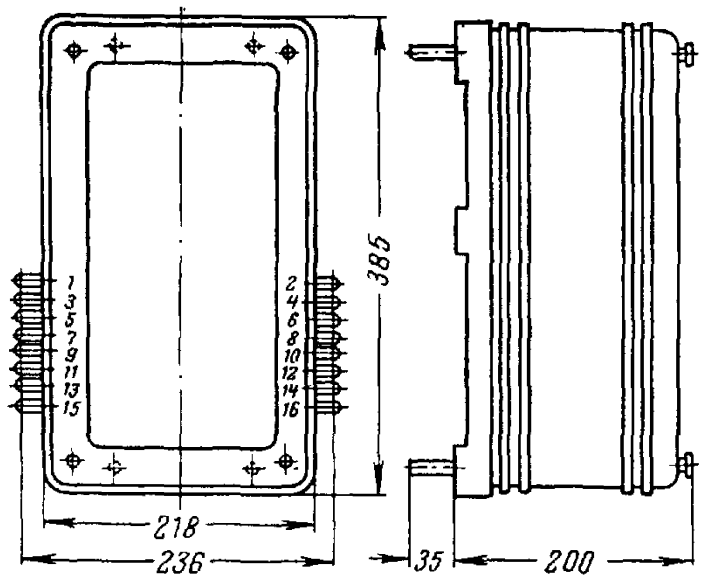
$$\dot{E}_{1Ф} = -j(\dot{I}_{1A} - \dot{I}_{1B})x_м + \dot{I}_{1C}R =$$
$$= -j(\dot{I}_{1A} - \dot{I}_{1B})\frac{R}{\sqrt{3}} + \dot{I}_{1C}R,$$

но $j(\dot{I}_{1A} - \dot{I}_{1B}) = \sqrt{3}\,\dot{I}_{1C}$, следовательно

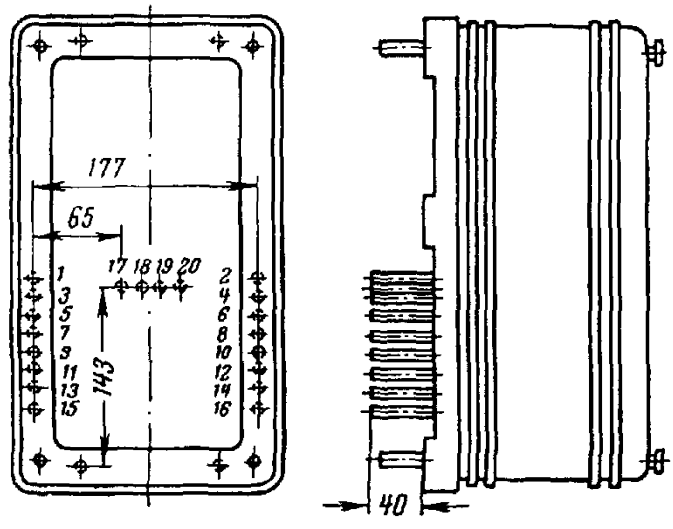
$$\dot{E}_{1Ф} = -\sqrt{3}\,\dot{I}_{1C}\frac{R}{\sqrt{3}} + \dot{I}_{1C}R = 0.$$

При обратном чередовании фаз (рис. 4,*б*)

$$\dot{E}_{2Ф} = -j(\dot{I}_{2A} - \dot{I}_{2B})x_м + \dot{I}_{2C}R =$$
$$= \sqrt{3}\,\dot{I}_{2C}\frac{R}{\sqrt{3}} + \dot{I}_{2C}R = 2\dot{I}_{2C}R.$$



а)



б)

Рис. 3. Габаритные и установочные размеры реле РТ-2.

а — переднее присоединение; *б* — заднее присоединение.

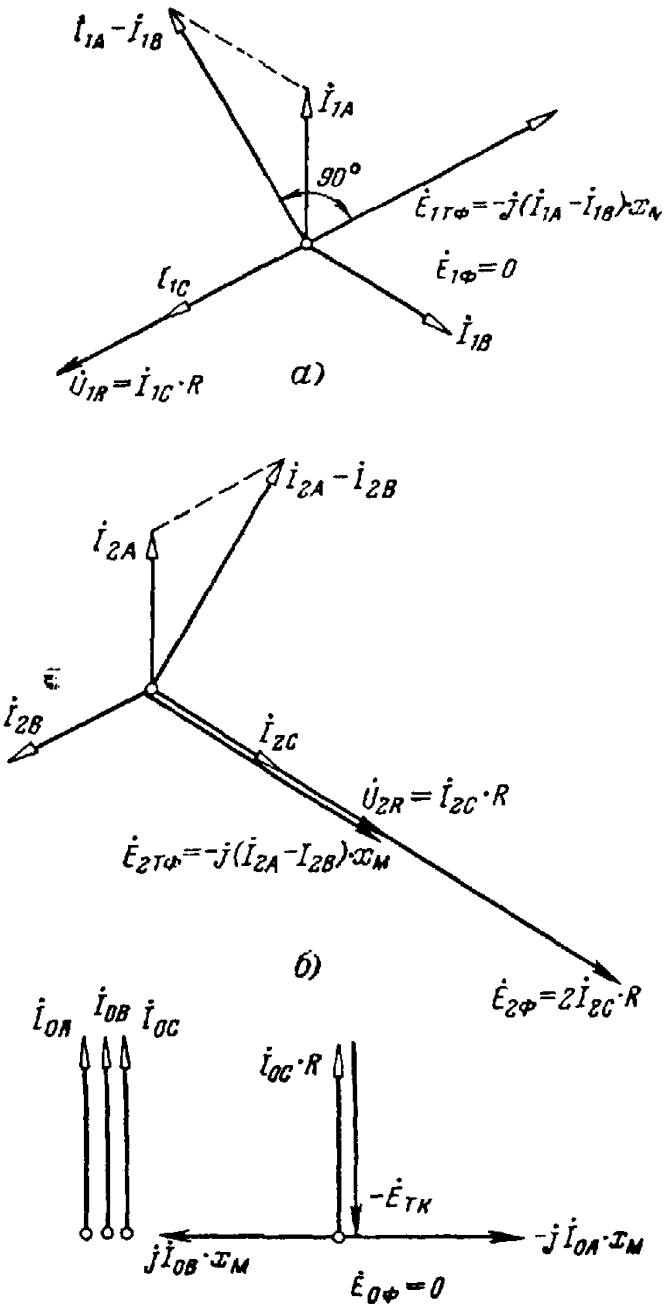


Рис. 4. Векторные диаграммы фильтра токов обратной последовательности реле РТ-2 при подведении к нему токов прямой последовательности (*а*); токов обратной последовательности (*б*); токов нулевой последовательности (*в*).

При протекании через фильтр токов нулевой последовательности

$$\dot{E}_{\text{ОФ}} = \dot{I}_{\text{ОС}}R - \dot{E}_{\text{ТК}} = 0,$$

где $\dot{E}_{\text{ТК}}$ — напряжение компенсации:

$$\dot{E}_{\text{ТК}} = \frac{3\dot{I}_0}{3}R.$$

Напряжение на выходе трансформатора фильтра $E_{\text{ТФ}} = 0$, так как токи нулевой последовательности в первичных обмотках трансформатора *ТФ* направлены встречно (рис. 4,*в*).

Таким образом, при правильной настройке фильтра токи прямой и нулевой последовательности не должны создавать э. д. с. на выходе фильтра.

Однако практически всегда есть незначительная расстройка фильтра, вызываемая неточной подгонкой индуктивности трансформатора *ТФ*, нагревом сопротивления *R* от тока, наличием высших гармоник в токе нагрузки, а также возможной несимметрией токов на входе фильтра из-за неравномерной загрузки трансформаторов тока в разных фазах. Расстройка фильтра, как и асимметрия токов, приводит к появлению тока небаланса в обмотках реле *РТ* и *РТ2*.

Задачей настройки фильтра является сведение величины тока небаланса к возможному минимуму с тем, чтобы при максимально возможной кратности тока симметричного короткого замыкания ток небаланса в реле был заведомо ниже его тока срабатывания.

III. ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ФИЛЬТР-РЕЛЕ ТОКА ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ТИПА РТФ-1

§ 3. Реле типа РТФ-1, так же как и реле типа РТ-2, представляет собой устройство фильтр-реле и состоит из фильтра токов обратной последовательности, на выходе которого включен реагирующий орган-реле РТ типа ЭТ-520. Схема реле типа РТФ-1 приведена на рис. 5.

В реле типа РТФ-1 применен фильтр токов обратной последовательности нового типа, отличающийся от фильтров, применявшихся ранее в отечественной релейной защите, более простым способом компенсации токов нулевой последовательности и сравнительно простой регулировкой. Отсутствие в первичных цепях фильтра активных сопротивлений позволяет повысить его термическую устойчивость по сравнению с другими типами ФТОП.

Собственно фильтр состоит из трансформатора тока *ТТ* и трансформатора с воздушным зазором (трансреактора) *ТР*, нагруженных регулируемыми активными сопротивлениями R_1 и R_2.

Для компенсации токов нулевой последовательности первичные обмотки трансформаторов фильтра разделены на две части и включены на разность фазных токов: в трансформаторе *ТТ* на разность токов фаз *С* и *А*, в трансреакторе *ТР* на разность токов фаз *В* и *С*.

Завод выпускает реле типа РТФ-1 в двух исполнениях: на номинальные токи 1 *а* (одноамперное) и 5 *а* (пятиамперное). Оба реле идентичны и отличаются только числом первичных витков *Т1* и *ТР*.

Реле имеет четырехкратный диапазон регулирования уставок. Для удвоения пределов уставок реле по току отрицательной последовательности (от 0,3—0,6 до 0,6—1,2 *а* для реле на $I_{ном}=1$ *а* и от 1,5—3 до 3—6 *а* для реле на $I_{ном}=5$ *а*) предусмотрен переключатель шкалы реле *РТ*.

Первичные обмотки трансформаторов фильтра пофазно выведены на колодки зажимов, благодаря чему реле может включаться в цепи трансформаторов тока последовательно с другими защитами.

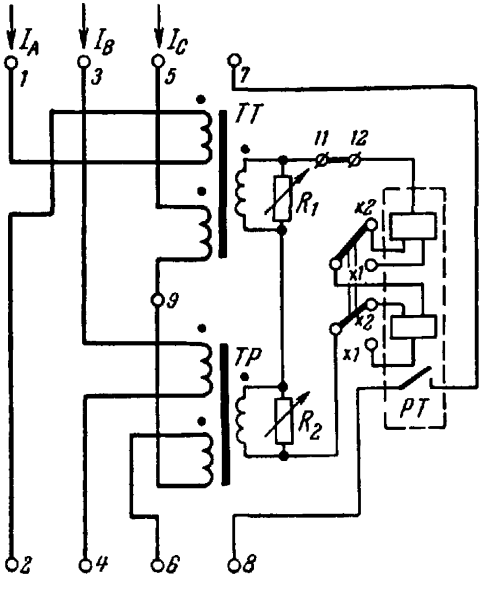


Рис. 5. Схема фильтр-реле тока обратной последовательности типа РТФ-1.

Для проверки реле типа ЭТ-520 отдельно от фильтра и для возможности измерения тока небаланса служит перемычка *11—12*.

Для удобства поузловой проверки ФТОП первичные обмотки трансформатора *ТТ* и трансреактора *ТР*, обтекаемые током фазы *С*, соединены между собой не наглухо, а через болтовой зажим, расположенный внутри корпуса реле (зажим *9* на схеме рис. 5).

Реле типа РТФ-1 размещено в корпусе размерами 195×175×210 *мм*. Технические данные реле приведены в заводской технической информации (см. приложение II); габаритные и установочные размеры даны на рис. 6.

Коэффициент пропорциональности токов в обмотке исполнительного реле токам обратной последовательности на входе фильтра зависит от сопротивления обмотки токового реле.

Линейность характеристик трансформаторов фильтра сохраняется до пяти-шестикратного номинального тока.

В возможных эксплуатационных режимах небалансы фильтра невелики.

На работе фильтр-реле практически не сказывается изменение частоты сети в пределах 45—55 *гц*.

§ 4. Фильтр тока обратной последовательности в реле типа РТФ-1 построен следующим образом.

Трансформатор *ТТ*, трансреактор *ТР* и их нагрузочные сопротивления соответственно R_1 и R_2 выбраны так, что при протекании по первичным обмоткам трансформаторов равных по величине токов напряжения на этих сопротивлениях равны.

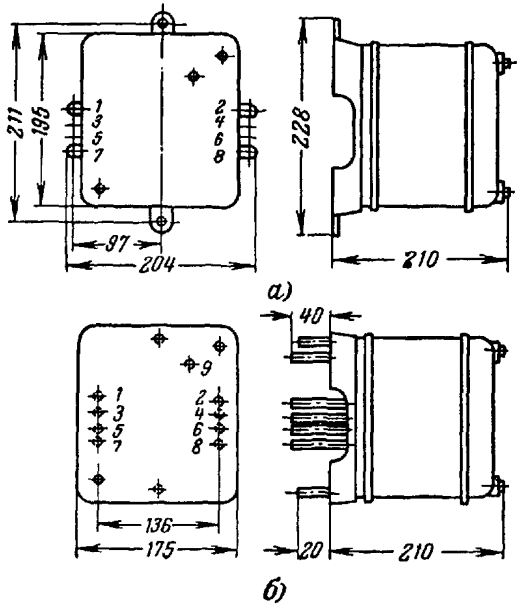


Рис. 6. Габаритные и установочные размеры реле РТФ-1.

а — переднее присоединение; *б* — заднее присоединение.

В трансформаторе тока *ТТ* вторичный ток практически совпадает по фазе с первичным, поэтому напряжение на активном сопротивлении R_1 совпадает по фазе с первичным током трансформатора *ТТ*.

Фаза вторичного тока в трансреакторе *ТР* зависит от его вторичной нагрузки. Величина сопротивления R_2 подобрана таким образом, что напряжение на нем опережает первичный ток трансреактора *ТР* на угол 60° (положительные направления токов и напряжений соответствуют полярности обмоток трансформаторов фильтра, обозначенной на рис. 5).

В результате такого подбора элементов фильтра при протекании по первичным обмоткам токов прямой последовательности напряжения на сопротивлениях R_1 и R_2 равны по величине и противоположж-

ны по фазе, а напряжение на выходе фильтра $\dot{U}_{1\Phi}$, равное сумме этих напряжений, равно нулю.

При протекании по первичным обмоткам фильтра токов обратной последовательности напряжения на сопротивлениях R_1 и R_2 равны по величине и сдвинуты на угол 60°. Напряжение на выходе фильтра при разомкнутой выходной цепи составляет:

$$U_{2\Phi} = \sqrt{3}U_{2R_1} = \sqrt{3}U_{2R_2}.$$

Работа ненагруженного фильтра иллюстрируется векторными диаграммами, приведенными на рис. 7,*а* и *б*.

Подключение на выход фильтра токового реле не меняет соотношения токов и напряжений в элементах фильтра при протекании в первичных обмотках токов прямой последовательности (в предпо-

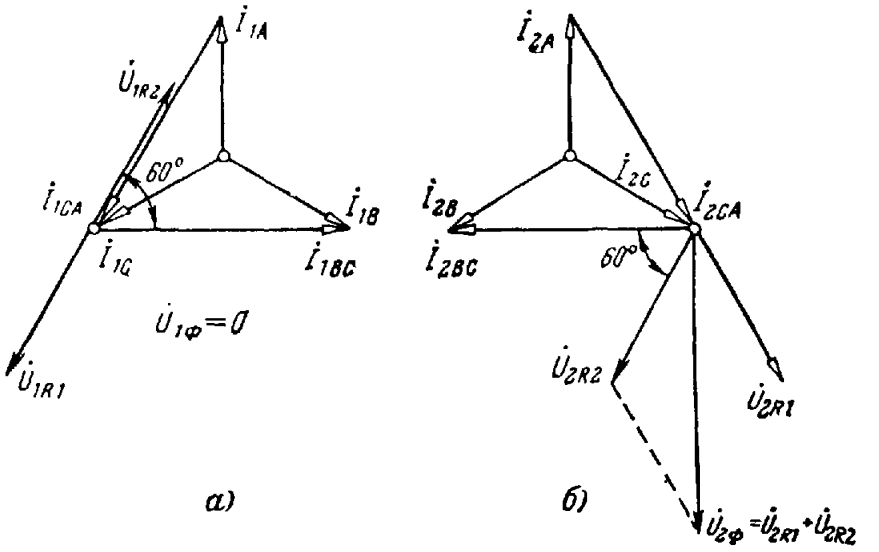


Рис. 7. Векторные диаграммы фильтра токов обратной последовательности реле РТФ-1 при подведении к нему токов прямой последовательности (*а*); токов обратной последовательности (*б*).

ложении идеальной настройки фильтра токи небаланса равны нулю). При протекании токов обратной последовательности на выходе фильтра появляется напряжение, по обмотке реле протекает ток и это оказывает влияние на распределение токов и напряжений в элементах фильтра. В связи с этим соотношение токов и напряжений в нагруженном фильтре отличается от соотношений токов и напряжений в элементах фильтра на холостом ходу и зависит от параметров токового реле.

IV. СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ФИЛЬТР-РЕЛЕ ТИПОВ РТ-2 И РТФ-1

§ 5. Схемы включения обоих типов фильтр-реле на три трансформатора тока, соединенные в звезду, приведены на рис. 8 и 9. Векторные диаграммы ФТОП для схем рис. 8 и 9 приведены на рис. 4 и 7.

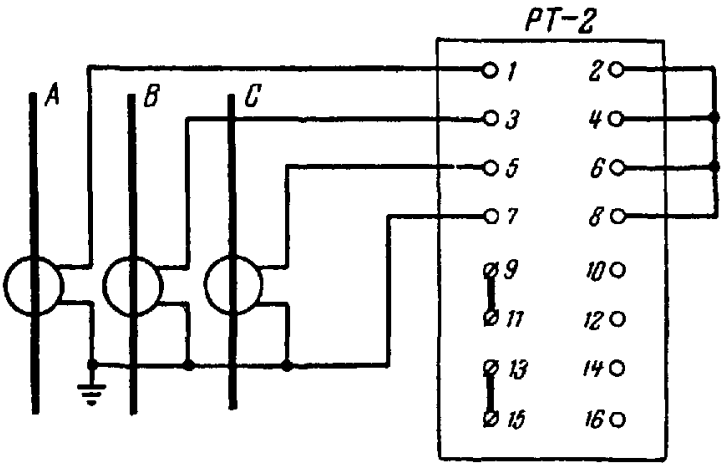


Рис. 8. Схема включения реле типа РТ-2 на три трансформатора тока, соединенные в звезду.

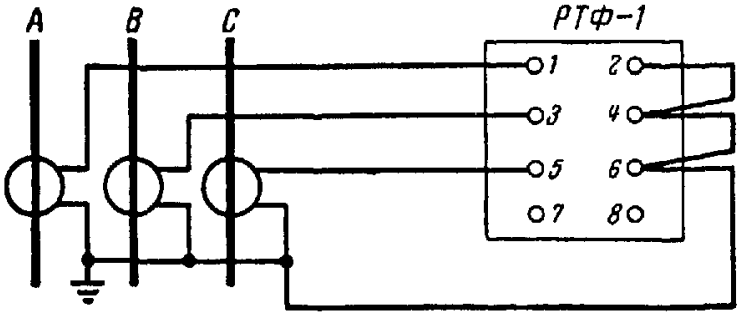


Рис. 9. Схема включения реле типа РТФ-1 на три трансформатора тока, соединенные в звезду.

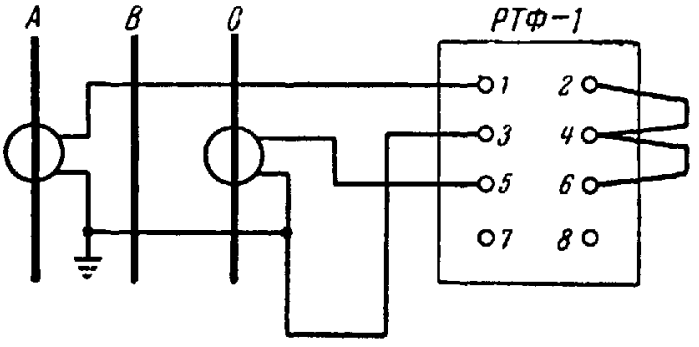


Рис. 10. Схема включения реле типа РТФ-1 на два трансформатора тока.

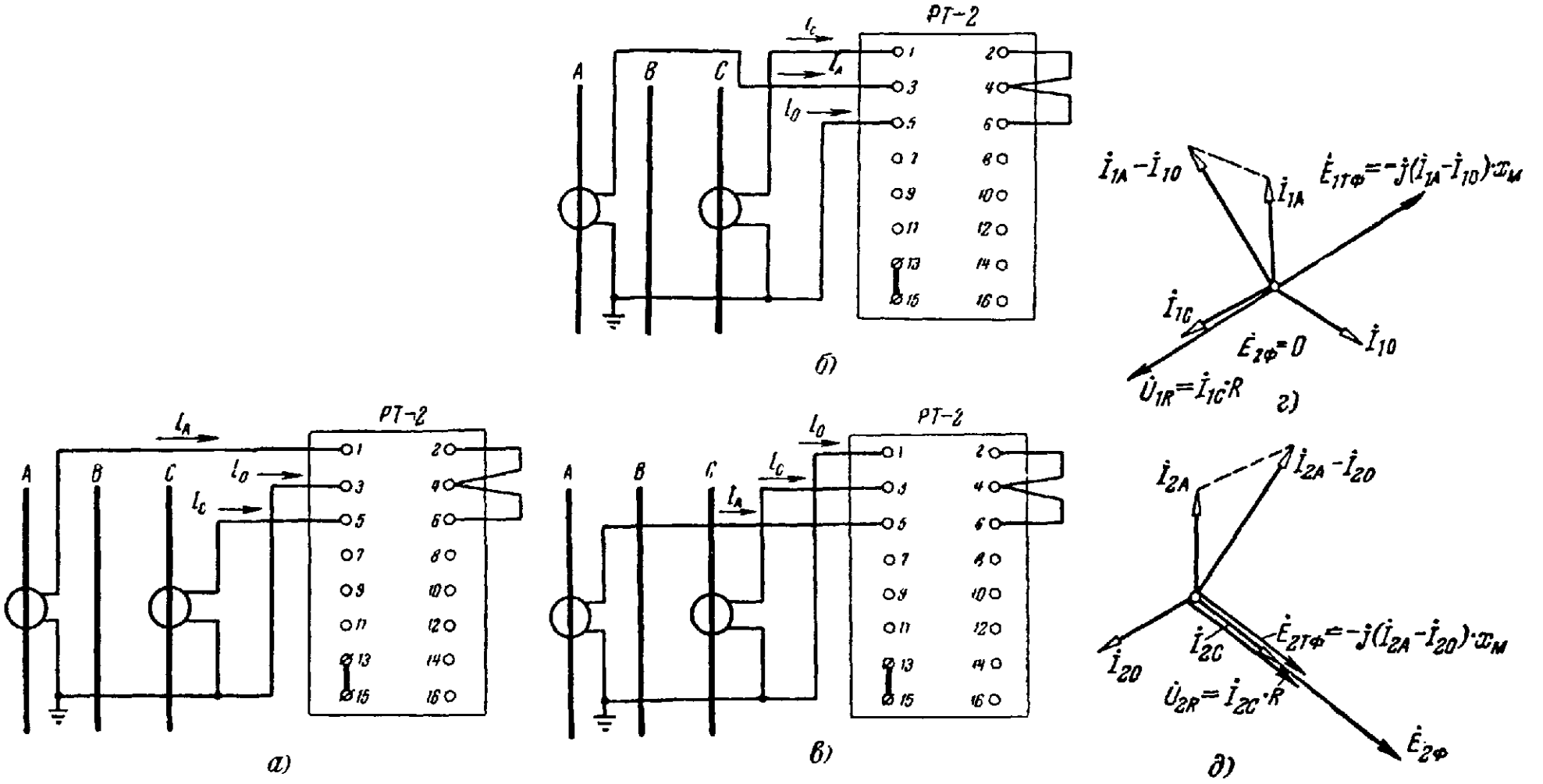


Рис. 11. Схемы включения реле типа РТ-2 на два трансформатора тока.

а—в — различные варианты схем включения; *г, д* — векторные диаграммы фильтра токов обратной последовательности для схемы *а* при подведении к нему токов соответственно прямой и обратной последовательности.

На генераторах, работающих с изолированной нейтралью, в случае отсутствия трансформаторов тока в одной из фаз ФТОП включается на два трансформатора тока со схемой соединения обмоток по неполной звезде. Так же можно включить фильтр и в защите трансформаторов, установленной на стороне, не имеющей заземленной нейтрали.

На рис. 10 приведена схема присоединения реле типа РТФ-1 на два трансформатора тока, обеспечивающая наименьшее потребление мощности фильтром в нормальном режиме.

При выполнении защиты генераторов, работающих с изолированной нейтралью, с помощью реле типа РТ-2 по схеме неполной звезды трансформатор компенсации *ТК* следует отсоединять (снятием накладки *9—11*).

Включение реле типа РТ-2 на два трансформатора тока может быть выполнено по любой из трех схем, изображенных на рис. 11,*а—в*. На рис. 11,*г* и *д* приведены векторные диаграммы ФТОП для схемы, показанной на рис. 11,*а*.

В двух других случаях (рис. 11,*а* и *б*) вектор э. д. с. на выходе разомкнутого фильтра при подведении к нему токов обратной последовательности будет повернут соответственно на 120 и 240° по часовой стрелке.

V. ОБЪЕМ ПРОВЕРКИ РЕЛЕ

§ 6. При новом включении проверка реле выполняется в полном объеме данной инструкции, за исключением § 20 и 22,б.

§ 7. При полной плановой проверке производится:

а) внешний осмотр по § 10;

б) внутренний осмотр по § 11;

в) проверка изоляции по § 12;

г) проверка электрических характеристик реле в целом на рабочих уставках по § 13 и 24 (совмещенная проверка);

д) проверка реле типа ЭТ-520 на отсутствие вибрации контактов по § 21;

е) проверка током нагрузки по § 25.

§ 8. Необходимость проведения и объем частичной плановой проверки устанавливается службой защиты, исходя из местных условий.

§ 9. Если в ходе проверки реле обнаруживается, что уставки расходятся с заводскими данными либо с данными протокола предыдущей проверки, то производится поузловая проверка и настройка элементов схемы фильтр-реле по § 16, 21 и 22.б Инструкции.

VI. ВНЕШНИЙ ОСМОТР РЕЛЕ

§ 10. При внешнем осмотре перед вскрытием реле проверяется:

а) наличие пломбы;

б) целость стекла и плотность пригонки его к кожуху;

в) плотность прилегания кожуха реле к цоколю и состояние уплотнения;

г) состояние и надежность крепления шпилек, штырей или ламелей и винтов или гаек к ним;

д) при осмотре реле без вскрытия (например, при частичных проверках) проверяется состояние контактов и других деталей, просматриваемых через стекло.

VII. ВНУТРЕННИЙ ОСМОТР И ПРОВЕРКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ РЕЛЕ

§ 11. Реле очищается от пыли. Проверяется надежность всех паек и затяжки винтов и гаек. Особое внимание следует обратить на стяжку сердечников трансформаторов *ТФ* и *ТР*.

Проверяется, не сорваны ли шлицы на головках винтов и целы ли грани гаек.

Проверка механической части токового реле производится в соответствии с «Инструкцией по наладке и проверке мгновенных реле тока и напряжения серий ЭТ и ЭН» (Госэнергоиздат, 1960).

VIII. ПРОВЕРКА ИЗОЛЯЦИИ

§ 12. Проверка изоляции состоит в измерении сопротивления изоляции и в испытании электрической прочности изоляции.

Измерение сопротивления изоляции токоведущих частей реле относительно корпуса (магнитопровода) и между собой выполняется мегомметром на 1 000—2 500 *в*.

Электрическая прочность изоляции токоведущих элементов реле относительно «земли» испытывается при новом включении в общей схеме устройства, в котором установлено реле, переменным напряжением 1 000 *в* в течение 1 *мин*. В дальнейшем электрическая прочность изоляции испытывается в установленные сроки.

Измерение сопротивления изоляции и испытание ее электрической прочности производится в соответствии с указаниями «Общей инструкции по проверке устройств релейной защиты, электроавтоматики и вторичных цепей» (Госэнергоиздат, 1961).

IX. ПРОВЕРКА И РЕГУЛИРОВКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЕ

IX-1. Проверка устройств фильтр-реле в целом

§ 13. Проверку и регулировку электрических характеристик следует производить в определенной последовательности, диктуемой следующими соображениями.

Заводом-изготовителем при калибровке изделий производится необходимая проверка и регулировка всех элементов схемы в отдельности и настройка устройства фильтр-реле в целом согласно заводским калибровочным таблицам, приведенным в приложении III.

Поэтому проверку реле типов РТ-2 и РТФ-1 при новом включении следует начинать с проверки заводских уставок устройств в целом, не нарушая ни заводской регулировки, ни внутренних соединений схемы фильтр-реле.

Признаками правильной заводской настройки устройств фильтр-реле являются:

а) совпадение токов срабатывания реле с уставками на крайних делениях шкалы при одном из трех сочетаний поврежденных фаз при имитации двухфазного короткого замыкания;

б) совпадение с точностью ±5% токов срабатывания реле при подаче питания поочередно к фазам *AB*, *BC* и *CA* на входе ФТОП (свидетельствует о симметричности фильтра). Если при имитации двухфазного короткого замыкания при одном из сочетаний замкнувшихся фаз токи срабатывания и возврата реле *РТ* (в РТФ-1) и *Р1*, *Р2* (в РТ-2), замеренные на входе фильтра, совпадают с уставками на крайних точках шкалы и не различаются между собой более чем на 5% во всех трех опытах (ток подводится поочередно к зажимам *1—3*, *3—5* и *5—1* проверяемого устройства), то

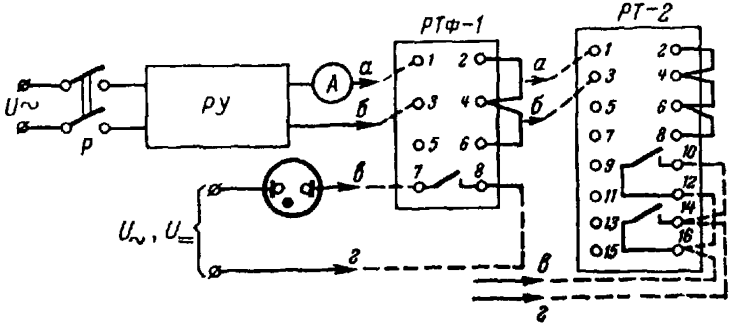


Рис. 12. Схема проверки правильности настройки фильтра.
р — двухполюсный рубильник; *РУ* — регулировочное устройство; *Л* — лампа неоновая.

фильтр настроен правильно и регулировать его не требуется. В противном случае необходимо произвести настройку фильтра способами, описанными ниже в § 15—18.

Таким образом, первый этап проверки электрических характеристик при новом включении заключается в проверке соответствия выходных параметров устройства заводской калибровке, а при плановых проверках — данным протокола предыдущей проверки.

Порядок проверки уставок и симметричности фильтра для обоих типов реле РТ-2 и РТФ-1 одинаковый. В реле типа РТ-2 дополнительно проверяется правильность включения и исправность трансформатора компенсации *ТК*.

Проверка производится в следующем порядке: собирается схема проверки согласно рис. 12; закорачиваются выходные зажимы *2*, *4*, *6* и *8* у реле типаРТ-2 или *2*, *4*, *6* у реле типа РТФ-1; накладка *18—19* в реле типа РТ-2 (см. рис. 1) или переключатель шкалы в реле типа РТФ-1 устанавливается в требуемое положение.

При двух крайних (при новом включении) или на рабочих (при плановой проверке) уставках на шкале поочередно измеряется ток срабатывания реле (*РТ* в РТФ-1 и обоих реле *Р1* и *Р2* в РТ-2) при сочетании замкнувшихся фаз *А—В* (к источнику тока подключены зажимы *1* и *3*), *В—С* (к источнику тока подключены зажимы *3* и *5*) и *С—А* (к источнику тока подключены зажимы *5* и *1*). Показания амперметра при этом должны быть в $\sqrt{3}$ раз больше значения тока

уставки на шкале реле (реле градуируется по фазной составляющей тока обратной последовательности на входе фильтра, которая в $\sqrt{3}$ меньше полного тока двухфазного короткого замыкания).

§ 14. При новом включении измеряется и заносится в протокол величина напряжения на выходе нагруженного фильтра при токах срабатывания реле на рабочей уставке при обтекании током фаз *А—В*, *В—С* и *С—А* поочередно, а у реле типа РТФ-1, кроме того, напряжения на сопротивлениях R_1 и R_2.

Данные замеры понадобятся в дальнейшем для сопоставления с напряжениями небаланса, возникающими на обмотках реле из-за нарушения линейности фильтра при больших кратностях тока симметричного трехфазного короткого замыкания.

Замеры напряжения производить между зажимами *13—17* на реле типа РТ-2 и между зажимом *12* и нижней ламелью переключателя уставок *РТ* на реле типа РТФ-1.

Вольтметр для измерения напряжений должен обладать сопротивлением не менее 400 *ом/в*.

Для реле типа РТФ-1 на номинальный ток 1 и 5 *а* и РТ-2 на номинальный ток 5 *а* требуется прибор с пределами измерений 3—6 *в*, для РТ-2 на 1 *а* — прибор со шкалой 15—30 *в*. Общее сопротивление прибора на используемом пределе измерений не должно быть меньше 1 000 *ом*. Последнее относится ко всем последующим измерениям напряжения на выходе фильтров, а также на вторичной стороне трансформатора *ТФ* и трансреактора *ТР*.

§ 15. При новом включении для оценки линейности ФТОП следует определить возможную величину напряжения на выходе фильтра при расчетной кратности тока трехфазного короткого замыкания. С этой целью следует измерить и сравнить величины напряжения на выходе нагруженного фильтра при имитации двухфазного короткого замыкания. Для этого к зажимам *1—3*, *3—5* и *1—5* поочередно подводится ток, равный расчетному току трехфазного короткого замыкания. Если расчетное значение тока трехфазного короткого замыкания неизвестно, то замеры следует произвести при 10-кратном токе от номинального.

При разности напряжений любых двух замеров из трех следует считаться с возможностью ложного действия реле типа РТ-2 (РТФ-1) при трехфазных коротких замыканиях с расчетной кратностью тока. При этом разность напряжений превосходит напряжение на реле в условиях срабатывания (измеренное по § 14).

Проверку линейности фильтра целесообразно совместить с проверкой реле типа Э-521 на вибрацию контактов. Поэтому проверку по § 15 следует производить после проверки и настройки исполнительного органа — реле *РТ* (в реле РТФ-1) или *Р1* и *Р2* (в реле РТ-2) по § 21 раздела IX-5 настоящей инструкции.

IX-2. Настройка фильтра в реле типа РТ-2

§ 16. а) Проверяется величина $E_{ТФ}$ трансформатора *ТФ* при снятой наладке *13 — 15*. Замер производить между зажимами *5* и *17* при подаче номинального тока в последовательно соединенные первичные обмотки *ТФ* (питание подается на зажимы *1 — 3* при замкнутых перемычкой зажимах *2 — 4*). Величина э. д. с. $E_{ТФ}$ должна соответствовать данным табл. 1.

Таблица 1

Номинальный ток реле, *а*	$E_{ТФ}$, *в*
5	3,48±0,15
1	17,4 ±0,7

Измерения производить вольтметром с сопротивлением не менее 400 *ом/в*.

При обнаружении расхождения замеров с данными таблицы следует произвести подрегулировку магнитным шунтом. При введении шунта в зазор э. д. с. трансформатора возрастает.

б) Проверяется соблюдение основного соотношения фильтра

$$R = \sqrt{3}\, x_{м}.$$

С этой целью подается номинальный ток на зажимы *1—5* при замкнутых между собой зажимах *2—6* и снятой перемычке *13—15* и измеряется э. д. с. $E_{ТФ}$ вторичной обмотки *ТФ* (на зажимах *5—17*) и падение напряжения на сопротивлении *R* при снятой накладке *9—11*.

Фильтр настроен правильно при соблюдении соотношения

$$\frac{U_R}{E_{ТФ}} = \sqrt{3} \pm 5\%.$$

Если же при выполнении замеров по § 16,а величина $E_{ТФ}$ совпадает с данными табл. 1, а $U_R \neq \sqrt{3} E_{ТФ}$, то следует перемещением внутренних хомутов на трубке сопротивления подрегулировать его величину до требуемого значения.

При номинальном токе в цепи *5—6* (рис. 12) при снятой накладке *9—11* падение напряжения на сопротивлении *R* должно составлять 3±0,15 *в* — для пятиамперных реле и 15±0,7 *в* — для однамперных реле.

По окончании регулировки и затяжки внутренних хомутов наружные хомуты следует передвинуть вплотную к внутренним и надежно закрепить в новом положении.

в) Контрольная проверка настройки фильтра.

После регулировки фильтра проверяется его симметричность при подаче тока поочередно в фазы *А—В*, *В—С* и *С—А*.

Для этого при закороченных зажимах *2—4—6—8* поочередно подается номинальный ток к зажимам *1—3*, *3—5* и *1—5* и измеряется при этом э. д. с. ненагруженного фильтра $E_{ХФ}$ (накладка *13—15* снята). Расхождения между замерами во всех трех случаях не должны превышать 5%. При питании, подаваемом на зажимы *1—3*, величина $E_{ХФ}$ должна совпадать с данными табл. 1.

§ 17. При проверке реле типа РТ-2 при новом включении следует также проверить трансформатор *ТК*.

Проверка включает измерение коэффициента трансформации и определение полярности подсоединения вторичной обмотки трансформатора *ТК* к сопротивлению *R*

Для проверки коэффициента трансформации подается ток, равный 6 *а* (для пятиамперных реле) или 1,5 *а* (для одноамперных реле) к зажимам *7—8* и измеряется вторичный ток *ТК* между зажимами *9—11* при снятой накладке. Вторичный ток должен составлять соответственно 2 (0,5) *а*. Допустимые отклонения ±5%.

При отклонении коэффициента трансформации выше допустимого следует убедиться в исправности обмоток трансформатора *ТК*. Для этого снимается его вольт-амперная характеристика $U_2=f(I_2)$ с вторичной стороны при разомкнутой первичной обмотке. Примерная вольт-амперная характеристика *ТК* приведена на рис. 13.

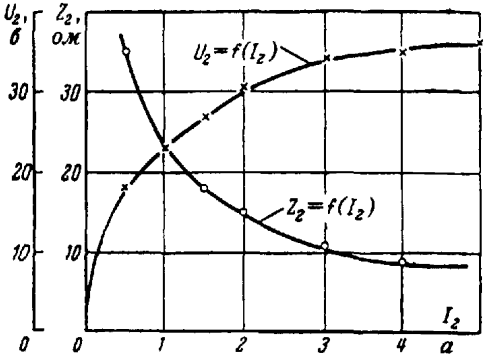


Рис. 13. Вольт-амперная характеристика трансформатора *ТК* реле РТ-2.

Для проверки полярности включения *ТК* подается тот же ток 6 (1,5) *а* поочередно к зажимам *5—6* и *6—7* при закороченных зажимах *6—8* и измеряется в обоих случаях напряжение на реле между зажимами *13—17*. При правильной полярности напряжение при подаче питания к зажимам *5—6* (обтекается током только сопротивление *R*) должно быть в 1,5 раза больше, чем при питании, подведенном к зажимам *5—7*, когда ток протекает и по сопротивлению *R*, и по обмоткам трансформатора *ТК*.

При отсутствии вольтметра полярность включения *ТК* может быть проверена по срабатыванию реле *РЛ*.

При питании, подведенном к зажимам *5—7*, для срабатывания реле при правильной полярности *ТК* требуется ток, в 1,5 раза превышающий ток срабатывания при питании, подведенном к зажимам *5—6*.

IX-3. Настройка фильтра в реле типа РТФ-1

§ 18. Настройка фильтра заключается в подборе сопротивлений R_1 и R_2 таким образом, чтобы напряжения на этих сопротивлениях компенсировались при протекании токов прямой последовательности, т. е. были равны по величине и противоположны по фазе. Настройка фильтра может в принципе производиться на минимум напряжения небаланса при протекании по первичным обмоткам токов прямой

последовательности. Однако подобная регулировка затруднительна, так как требует источника трехфазного симметричного тока. В связи с этим настройку фильтра рекомендуется производить в однофазной схеме, когда токи в первичных обмотках *ТТ* и *ТР* направлены встречно.

В этом случае напряжение на выходе фильтра при его правильной настройке должно равняться по величине напряжениям на сопротивлениях R_1 и R_2. Сказанное поясняется векторной диаграммой на рис. 14,*б*, построенной в отличие от диаграммы рис. 7 для полных токов и напряжений.

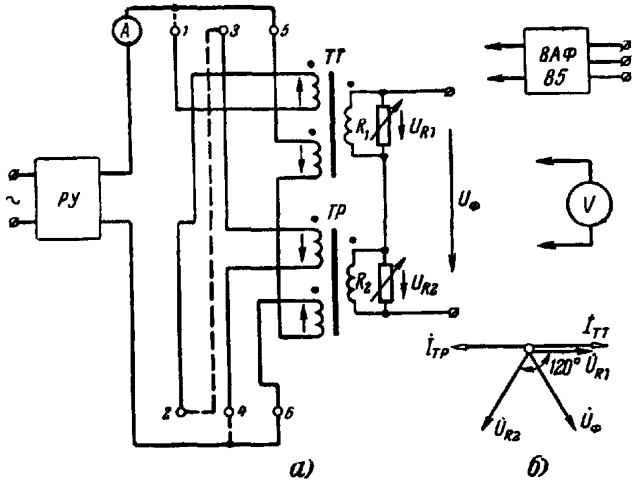


Рис. 14. Схема регулировки ФТОП реле РТФ-1 (*а*) и поясняющая векторная диаграмма (*б*).
РУ — регулировочное устройство.

Так как напряжение на выходе фильтра $U_{\text{ХФ}}$ является геометрической суммой полных напряжений на сопротивлениях R_1 и R_2, а у правильно настроенного фильтра напряжение U_{R_2} должно опережать свой ток на 60°, то равенство всех трех напряжений возможно только в одном случае, когда напряжения U_{R_1} и U_{R_2} образуют стороны ромба, расположенные под углом 120°. Геометрическая сумма, являющаяся малой диагональю ромба, равна его стороне. Регулировка угла сдвига осуществляется изменением сопротивления R_2, подключенного ко вторичной обмотке трансреактора *ТР*.

Настройку фильтра следует начинать с измерения напряжений U_{R_1}, U_{R_2} и U_{Φ} при снятой накладке *11—12*.

Ток, равный $2I_{\text{ном}}$, подводится к зажимам *5—6* (обтекаются током по одной из первичных обмоток *ТТ* и *ТР*). При изменении нагрузки трансформатора *ТР* регулировкой сопротивления R_2 изменяется как величина, так и фаза напряжения U_{R_2} относительно

тока в первичной обмотке *ТР* (рис. 15 и 16). Поэтому выравнивание напряжений производится в такой последовательности: изменяется положение движка на R_2 и измеряется напряжение на нем, затем движком на R_1 подгоняется величина напряжения U_{R_1} до нового значения U_{R_2}, после чего повторно измеряется напряжение

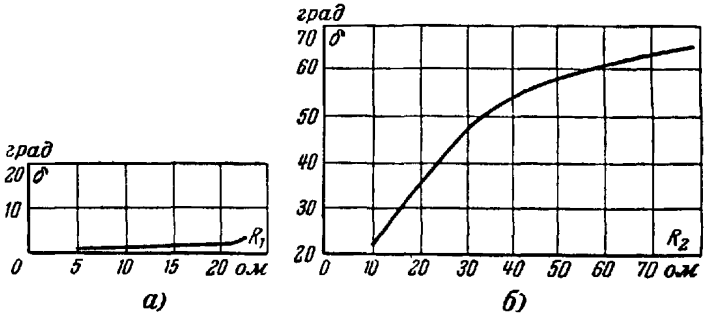


Рис. 15. Зависимость угла между векторами вторичного напряжения и первичного тока трансформаторов фильтра от величины нагрузочного сопротивления.

а — в трансформаторе *ТТ*; *б* — в трансформаторе *Тр*.

на выходе фильтра $U_Ф$. Если расхождение величин уменьшилось, продолжается регулировка R_2 в том же направлении до полного выравнивания всех трех напряжений. Если же расхождение между $U_Ф$ и U_R возросло, то следует движок на R_2 переместить в противоположную сторону и затем повторить все операции в том же порядке.

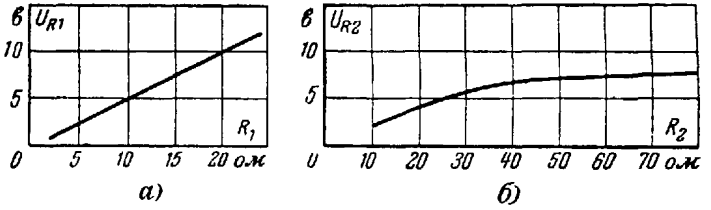


Рис. 16. Зависимость величины вторичного напряжения от величины нагрузочного сопротивления при номинальном токе в последовательно согласно соединенных первичных обмотках.

а — в трансформаторе *ТТ*; *б* — в трансформаторе *ТР*.

Замеры напряжения производить вольтметром с сопротивлением не менее 400 *ом/в*. Расхождение в замерах не должно превышать 3—5%.

При наличии фазоизмерителя типа ВАФ-85 (ВАФ Пермэнерго или фазовольтметра Никитского) настройку фильтра удобно произ-

водить по углу сдвига между напряжениями U_{R_1} и U_{R_2} либо между током в первичной обмотке трансреактора $I_{ТР}$ и напряжением на его вторичной обмотке U_{R_2}, опережающим вызвавший его ток на 60° (см. векторную диаграмму рис. 14,*б*). Регулировка угла между U_{R_1} и U_{R_2} производится движком сопротивления R_2. Установив угол 120°, движком на R_1 уравниваются оба напряжения по величине.

§ 19. После настройки фильтра обязательно следует измерить и занести в протокол величину падения напряжения на сопротивлениях U_{R_1} и U_{R_2} при номинальном токе и токе срабатывания на рабочей уставке.

После настройки фильтра любым из указанных способов следует перенести питание с зажимов *5—6* на зажимы *1—4*, поставить перемычку между зажимами *2—3* (см. пунктир на рис. 14) и повторить замеры U_{R_1} и U_{R_2} при обтекании током двух других первичных обмоток *ТТ* и *ТР*. Расхождение в замерах, выполненных одним и тем же вольтметром, при симметричной настройке фильтра не должно превышать 3—5%.

Напряжение U_{R_1} связано с величиной первичного тока на входе фильтра постоянным соотношением $U_{R_1} = I_{перв} \cdot \frac{R_1}{k_{ТТ}}$, где $k_{ТТ}$ — коэффициент трансформации трансформатора тока *ТТ*. Поэтому сохранение неизменной величины U_{R_1} при последующих плановых проверках свидетельствует об исправности и трансформатора *ТТ*, и сопротивления R_1.

После произведенной регулировки фильтра вновь сравнить токи срабатывания реле при имитации двухфазного короткого замыкания с различным сочетанием замкнувшихся фаз (*А—В*, *В—С* и *С—А*) по схеме рис. 12.

IX-4. Поэлементная проверка фильтра в реле типа РТФ-1

§ 20. Если регулировка фильтра указанными способами не дает требуемых результатов, следует произвести проверку отдельных элементов фильтра, а именно: трансформаторов *ТТ* и *ТР* и регулируемых сопротивлений R_1 и R_2. Эта проверка требует распайки соединений вторичных обмоток трансформаторов с сопротивлениями.

Проверка трансформаторов производится в следующем объеме:

а) проверяется целость вторичных обмоток измерением их омических сопротивлений. Ориентировочные значения сопротивлений составляют для *ТТ* — 1,8 *ом*, для *ТР* — 2,4 *ом*;

б) убеждаются в отсутствии короткозамкнутых витков в обмотках снятием вольт-амперных характеристик $I_2 = f(U_2)$ со вторичной стороны при разомкнутых первичных обмотках. На рис. 17 приведены ориентировочные вольт-амперные характеристики для трансформаторов реле типа РТФ-1;

в) проверяется коэффициент трансформации трансформатора *ТТ* (отношение первичного тока к току во вторичной обмотке, замкнутой на амперметр) при изменении первичного тока от 0,5 до $5I_{ном}$. Примерные значения коэффициента трансформации трансформаторов *ТТ* при последовательном соединении первичных обмоток

составляют: для одноамперных реле $K_т = 2 \pm 5\%$, *для* пятиамперных реле $K_т = 10 \pm 5\%$.

г) измеряется сопротивление взаимоиндукции $x_м$ трансреактора *ТР* при обтекании током одной из его первичных обмоток: $x_м = \frac{E_2}{I_1}$; $x_м$ должно примерно равняться: для одноамперных реле — 16 — 17 *ом*, для пятиамперных реле — 3,2 — 3,4 *ом*.

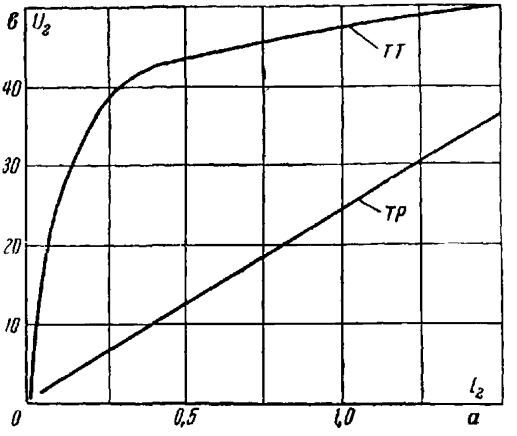


Рис. 17. Вольт-амперные характеристики трансформаторов фильтра реле РТФ-1.

Измерение напряжения E_2 производить вольтметром с сопротивлением не менее 400 *ом/в*;

д) проверяется соответствие полярности обмоток трансформаторов *ТТ* и *ТР* заводским обозначениям (заводское обозначение полярности обмоток приводится на табличке реле и соответствует приведенному на рис. 5);

е) измеряется величина сопротивлений R_1 и R_2 в рабочем диапазоне регулирования, составляющем: для R_1 2,7—22 *ом*, для R_2 7—72 *ом*.

Измерение производить тестером или омметром на постоянном токе.

IX-5. Проверка и регулировка электрических характеристик исполнительных реле *РТ* (в РТФ-1) и реле *Р1* и *Р2* в (РТ-2) типа ЭТ-520

§ 21. При новом включении проверка реле типа Э-520 производится в полном объеме действующей «Инструкции по наладке и проверке мгновенных реле тока и напряжения серий ЭТ и ЭН», Госэнергоиздат, 1960 г. с той лишь разницей, что проверка шкалы реле производится в полной схеме устройства, и питание на реле подается не непосредственно, а через ФТОП по схеме, имитирующей двухфазное короткое замыкание. Данная проверка, являясь частью проверки устройства в целом, производится в соответствии с § 13

Заводские допуски на калибровку шкалы у реле типа ЭТ-520, встраиваемых в РТ-2 и РТФ-1, составляют 6—8%. Если токи срабатывания укладываются в эти пределы, то регулировать реле не требуется. Заводские допуски для крайних уставок шкалы при разных пределах по чувствительности реле *РТ* и *Р1* и для реле *Р2* приведены в приложении III.

Проверка и устранение вибрации контактов производится только на рабочей уставке при изменении величины тока на входе ФТОП от тока срабатывания до максимального расчетного значения тока двухфазного короткого замыкания. Для уменьшения вибрации якорь заводится глубже под полюсы. При этом коэффициент возврата реле ($k_в$) понижается, но при точной настройке фильтра, когда ток небаланса мал, снижение $k_в$ до 0,7—0,65 допустимо, так как составляющие обратной последовательности в токах нагрузки послеаварийного режима невелики.

§ 22. Если ток срабатывания обратной последовательности реле при имитации двухфазного короткого замыкания сильно отличается от уставки на шкале реле или если реле работает нечетко, вибрирует, имеет вялый возврат, то оно проверяется и регулируется отдельно от фильтра. Питание в обмотку реле подается через реостат непосредственно от сети.

Проверка реле типа ЭТ-520 в этом случае дополнительно включает:

а) измерение полных сопротивлений обмоток реле при заклиненном в отпавшем положении якоре при положениях переключателя *1* и *2* (см. рис. 5). Ориентировочные данные полных сопротивлений реле приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип реле	Название исполнительного органа	Положение накладки (переключателя и соединение катушек реле)	Полное сопротивление, *ом*	
			Одноамперное реле	Пятиамперное реле
РТ-2	*Р1*	*18—19* (последовательное)	2—2,5	0,08—0,1
		17—18 и *19—20* (параллельное)	0,6—0,7	0,025—0,03
	Р2	—	30—32	1,25—1,3
РТФ-1	*РТ*	*1*	28—32	
		2	5—5,2	

б) проверку намагничивающей силы (ампер-витков) срабатывания.

В комплекте РТ-2 для реле *Р1* при двух разных положениях накладки *18—19* и для реле *Р2*, а у РТФ-1 для реле *РТ* при их проверке отдельно от ФТОП непосредственно от сети значения токов срабатывания, соответствующие намагничивающей силе срабатывания, должны примерно совпадать с данными табл. 3.

Таблица 3

Тип реле	Название исполнительного органа	Положение накладки (переключателя и соединение катушек реле)	Ток срабатывания, *а*			
			Одноамперное реле		Пятиамперное реле	
			Уставки по шкале			
			начальная	конечная	начальная	конечная
РТ-2	*P1*	*18—19* (последовательное)	0,4	0,8	1,0	2,0
		17—18 и *19—20* (параллельное)	0,8	1,6	2,0	4,0
	P2	—	0,29	0,57	0,35	0,7
РТФ-1	*PT*	*1* (2×500 витков)	0,06	0,12	0,06	0,12
		2 (2×170 витков)	0,16	0,32	0,16	0,32

После регулировки реле отдельно от фильтра необходимо повторно проверить его токи срабатывания и возврата в полной схеме при имитации двухфазного короткого замыкания.

X. ПОВТОРНЫЙ ОСМОТР РЕЛЕ

§ 23. После окончания регулировки реле зачищаются контакты и повторно проверяются затяжка всех винтов и гаек, положение контактов, спиральной пружины и якоря.

XI. ПРОВЕРКА РАБОТЫ УСТРОЙСТВ ФИЛЬТР-РЕЛЕ НА РАБОЧИХ УСТАВКАХ

§ 24. Проверка рабочих уставок реле типов РТ-2 и РТФ-1 производится после повторного осмотра и является завершающим этапом перед проверкой защиты током нагрузки. Поэтому никакой механической регулировки, затяжки и чистки контактов и прочих манипуляций внутри реле после его проверки на рабочей уставке производить не разрешается.

Проверка заключается в измерении тока срабатывания реле на рабочих уставках при подведении тока поочередно к входным зажимам *1—3*, *3—5* и *5—1* (соответствует двухфазным коротким замыканиям между фазами *A—B*, *B—C* и *C—A*). Зажимы *2—4—6* при этом должны быть замкнуты между собой (рис. 12).

Проверку производить согласно указаниям § 13.

Токи срабатывания реле во всех трех случаях не должны отличаться более чем на 5%.

XII. ПРОВЕРКА РЕЛЕ ТОКОМ НАГРУЗКИ

§ 25. По окончании проверки реле подсоединяются к токовым цепям трансформаторов тока. Проверяется чередование фаз токовых цепей и измеряется величина тока в фазах на входе фильтра и ток небаланса на выходе фильтра.

Производится контрольная проверка правильности чередования фаз токов, подведенных к зажимам реле, для чего на реле перекрещиваются (при закороченных токовых цепях) две любые фазы. При этом измеряется ток на выходе фильтра и наблюдается поведение реле *Р1* и *Р2* в РТ-2 или *РТ* в реле РТФ-1. Реле срабатывает, если величина тока в фазах на входе фильтра превосходит уставку тока срабатывания реле.

Восстанавливается нормальная схема токовых цепей и в обязательном порядке повторно измеряется ток небаланса на выходе фильтра.

§ 26. При новом включении реле типа РТ-2, если оно совпадает по времени с комплексными испытаниями генератора, имеется возможность проверить первичный ток срабатывания реле на рабочей уставке и измерить ток небаланса при максимальной величине симметричного тока искусственного короткого замыкания на выводах генератора.

Ток срабатывания измеряется при перекрещенных двух фазах на входе фильтра, а ток небаланса — после восстановления нормальной схемы присоединения реле к токовым цепям.

Измерение тока небаланса на выходе фильтра может быть произведено следующими способами.

1. Измерение тока небаланса при помощи прибора ВАФ-85.

В разрыв выходной цепи фильтра (вместо накладки *13—15* в реле типа РТ-2 или накладки *11—12* в реле типа РТФ-1) подключается прибор ВАФ-85. Ток небаланса измеряется непосредственно по шкале прибора.

Аналогично может быть произведено измерение тока небаланса миллиамперметром, имеющим внутреннее сопротивление не более 1,0 *ом*. В этом случае в протоколе проверки обязательно должны быть указаны тип и внутреннее сопротивление прибора, так как при измерении токов небаланса приборами, различающимися по принципу действия и по сопротивлению, результаты будут расходиться.

2. Измерение тока небаланса косвенным способом.

а) В реле типа РТФ-1 измеряется падение напряжения от тока небаланса на омическом сопротивлении, включаемом с этой целью последовательно в цепь обмотки реле типа ЭТ-520 (на место перемычки *11—12*).

Величина сопротивления не должна превышать 1 *ом*, так как включение бо́льшего сопротивления может исказить соотношение токов в элементах фильтра.

Вольтметром на малые пределы измерения (1,5—3 *в*), имеющим внутреннее сопротивление не менее 400 *ом/в*, измеряется напряжение на включенном сопротивлении.

Ток небаланса подсчитывается по формуле

$$I_{нб} = \frac{U_R}{R},$$

где R — величина включенного сопротивления;

U_R — величина напряжения на сопротивлении.

б) В реле типов РТ-2 и РТФ-1 измеряется падение напряжения от тока небаланса на обмотках реле типа ЭТ-520.

Вольтметром, имеющим внутреннее сопротивление не менее 400 *ом/в*, измеряется падение напряжения на обмотках реле (на зажимах *15—17* в РТ-2 и между перемычкой *11—12* и нижней ламелью переключателя обмоток *РТ* в РТФ-1). Ток небаланса подсчитывается по формуле

$$I_{\text{нб}} = \frac{U_{\text{обм}}}{Z_{\text{обм}}},$$

где $Z_{\text{обм}}$ — величина полного сопротивления обмотки реле (величину этого сопротивления можно взять из табл. 2);

$U_{\text{обм}}$ — измеренное напряжение небаланса на обмотке исполнительного реле.

При выборе способа измерения тока небаланса следует учитывать, что при наличии в первичном токе высших гармонических, во-первых, показания приборов, реагирующих на средние значения, не соответствуют истинным действующим значениям и, во-вторых, сопротивление обмотки токового реле отличается от величины, измеренной для синусоидального тока.

Поэтому для правильной оценки надежности отстройки от тока небаланса желательно знать форму кривой тока в обмотках реле типа ЭТ-520. Для этой цели при новом включении реле типа РТ-2 или РТФ-1 следует использовать электронный осциллограф.

На вертикальный вход осциллографа при этом следует подать падение напряжения с омического сопротивления, специально врезаемого на время испытания между фильтром и обмотками реле типа ЭТ-520. Величину сопротивления следует брать не более 0,1 *ом* для РТ-2 и 1 *ом* для РТФ-1.

Величина тока небаланса при максимальной аварийной нагрузке, подсчитанная по выражению

$$I_{\text{нб.ав}} = \frac{I_{\text{нб.изм}}}{I_{\text{нагр}}} I_{\text{ав}},$$

должна быть меньше тока возврата чувствительного реле *Р2* в РТ-2 и, тем более, значительно ниже тока возврата реле *РТ* в РТФ-1. Ток возврата реле на рабочей уставке может быть получен непосредственным замером или взят из таблиц в приложении III.

В тех случаях, когда расчетный ток трехфазного короткого замыкания не превышает величины, при которой сохраняется линейность фильтра, величина тока небаланса при данном токе подсчитывается по выражению

$$I^{(3)}_{\text{нб.к.з}} = \frac{I_{\text{нб.изм}}}{I_{\text{нагр}}} I^{(3)}_{\text{к.з}}$$

где $I_{\text{нб.ав}}$ — максимально возможный ток небаланса в режиме перегрузки;

$I^{(3)}_{\text{нб.к.з}}$ — ток небаланса при трехфазном коротком замыкании;
$I_{\text{нб.изм}}$ — измеренный ток небаланса;
$I_{\text{нагр}}$ — ток нагрузки, при котором измерялся ток небаланса;
$I^{(3)}_{\text{к.з}}$ — расчетный ток трехфазного короткого замыкания.

Величина коэффициента отстройки токовой защиты обратной последовательности от сверхтоков при симметричных коротких замыканиях на защищаемом присоединении оценивается сравнением $I^{(3)}_{\text{нб.к.з}}$ с током срабатывания реле *РТ1* (*РТ*) на рабочей уставке.

§ 27. Определяется потребление реле, для чего измеряется при токе нагрузки напряжение на зажимах реле *1—2*, *3—4* и *5—6*.

XIII. ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ И РЕГУЛИРОВКИ РЕЛЕ

§ 28. а) Мегомметр 1 000—2 500 *в*;

б) мост постоянного тока или омметр;

в) миллиамперметр с малым внутренним сопротивлением или вольтамперфазоиндикатор типа ВАФ-85;

г) вольтметр со шкалой 3—6 *в* (5—30 *в* для одноамперных реле) с сопротивлением не менее 400 *ом/в*;

д) устройство (или наборная схема) для проверки токовых защит с регулирующей аппаратурой, амперметром и проводами для сборки схемы;

е) набор отверток (под винты 4 и 6 *мм* и часовая);

ж) надфили и воронило для чистки контактов;

з) пинцет;

и) набор плоских гаечных ключей под гайки 3—6 *мм*;

к) плоскогубцы и кусачки;

л) паяльник и паяльные принадлежности;

м) лупа часовая.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ФИЛЬТР-РЕЛЕ ТОКА ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ТИПА РТ-2

(Техническая информация Чебоксарского электроаппаратного завода — ОБК 469.044.04)

Назначение

Фильтр-реле тока обратной последовательности типа РТ-2 предназначается для защиты генераторов и трансформаторов.

Устройство

Фильтр-реле типа РТ-2 состоит из фильтра тока обратной последовательности фаз (ФТОП) и двух реле тока *Р1* и *Р2* типа ЭТ-520, обмотки которых включены последовательно к выходным зажимам фильтра.

Фильтр тока обратной последовательности состоит из трансформатора с воздушным зазором *ТФ*, в котором имеются две первичные и одна вторичная обмотки, и сопротивления. В том случае, если к ФТОП подводятся токи, содержащие составляющие нулевой последовательности, для исключения влияния токов нулевой последовательности установлен трансформатор компенсации *ТК*, первичная обмотка которого включается в нулевой провод. Схема внутренних соединений приведена на рис. 1 настоящей инструкции.

Токи небаланса на выходе фильтра имеют минимальное значение, если величина сопротивления R равна $\sqrt{3}\,x_м$, где $x_м$ — э. д. с., наведенная во вторичной обмотке трансформатора *ТФ*, при протекании по одной из его первичных обмоток тока, равного 1 *а*. Величина $x_м$ может быть изменена положением шунта в воздушном зазоре трансформатора *ТФ*.

Трансформатор *ТК* выполнен понижающим, с коэффициентом трансформации $k_т=3$. Наличие такого коэффициента трансформации позволяет включать вторичную обмотку трансформатора *ТК* на все сопротивление R, исключая тем самым влияние нулевой последовательности.

Реле *Р1* и *Р2* имеют разную чувствительность по току на входе ФТОП. Уставки на токи срабатывания в реле *Р1* могут быть изменены положением указателя на его шкале и переключением его об-

мотки с параллельного соединения на последовательное, а уставки в реле *Р2* изменяются только указателем.

Поскольку реле *Р1* грубее реле *Р2* (число витков реле *Р1* примерно в 3 раза меньше числа витков реле *Р2*), переключение обмоток реле *Р1* мало сказывается на общем сопротивлении нагрузки фильтра и, следовательно, на точности работы реле *Р2*. К моменту срабатывания реле *Р1* сопротивление обмотки более чувствительного реле *Р2* уменьшается из-за насыщения его (реле *Р2*) магнитной системы. Уменьшение общего сопротивления нагрузки фильтра приводит к потере линейной зависимости между током I_2 на входе ФТОП и током, протекающим по обмоткам реле *Р1* и *Р2*. Это обстоятельство может приводить к отклонению действительных величин токов срабатывания реле *Р1* от номинальных значений, указанных на табличке реле.

Конструктивное оформление

Все элементы фильтр-реле тока типа РТ-2 встроены в один общий кожух. Устройство пригодно для переднего и заднего присоединения проводов и предназначено для монтажа на вертикальной плоскости. Габаритные размеры приведены на рис. 3.

Зажимы *17*, *18*, *19* и *20* схемы рис. 1 могут быть использованы для внешнего переключения обмоток реле *Р1* с последовательного на параллельное только при заднем присоединении.

Техническая характеристика

1. Номинальные токи — 5 *а* или 1 *а*; частота 50 *гц*.

2. Пределы регулировки уставок реле *Р1* и *Р2* на токи обратной последовательности (на входе ФТОП) могут быть изменены согласно данным табл. 1.

Таблица 1

Реле	Пределы регулировки уставок (по току на входе ФТОП) при исполнении на номинальный ток	
	5 *а*	1 *а*
Р1	От 1,5 до 6	От 0,3 до 1,2
Р2	От 0,5 до 1,0 — 0,7	От 0,1 до 0,2 — 0,14

3. Фильтр-реле допускает:

а) длительное протекание во входных цепях (при нормальном режиме работы) тока, равного $1{,}7\,I_{ном}$;

б) длительный режим работы при токе обратной последовательности на входе фильтра, равном $1{,}1\,I_{ном}$.

4. При двукратных (от номинального) токах симметричной перегрузки еще наблюдается пропорциональность между э. д. с. на вторичной обмотке трансформатора *ТФ* и первичным током.

5. Потребляемая мощность при номинальном токе не более 15 *ва* на фазу.

6. Изоляция всех цепей реле по отношению к корпусу выдерживает испытательное напряжение 2 000 *в*, 50 *гц* в течение 1 *мин*.

Изоляция между первичной и вторичной обмотками трансформатора *ТФ* и *ТК* выдерживает испытательное напряжение 1 000 *в* в течение 1 *сек*.

7. Реле *Р1* и *Р2* имеют по одному замыкающему контакту. Разрывная мощность контакта в цепи постоянного тока с индуктивной нагрузкой равна 50 *вт* при напряжении до 220 *в* и токе до 2 *а*.

8. В табл. 2 приведены обмоточные данные и величины сопротивлений устройства РТ-2.

Таблица 2

Обозначение элементов устройства по схеме	Название	При исполнении на номинальный ток	
		5 *а*	1 *а*
ТФ	Трансформатор	$w=w_1=25$ витков, ПБД-1,95 $w_2=55$ витков, ПБД-1,56	$w=w_1=125$ витков, ПЭВ2-0,93 $w_2=275$ витков, ПЭВ2-0,74
ТК	Трансформатор	$w_1=32$ витка, ПБД-1,56 $w_2=96$ витков, ПБД-1,35	$w_1=160$ витков, ПЭВ2-0,93 $w_2=480$ витков, ПЭВ2-0,64
R	Сопротивление	$R_{раб}=0{,}6$ *ом* ($R_{общ}$ около 0,9 *ом*)	$R_{раб}=15$ *ом* ($R_{общ}$ около 25 *ом*)
Р1	Реле тока	$w=25$ витков, ПБД-1,95	$w=125$ витков, ПБД $=0{,}86$
Р2	Реле тока	$w=70$ витков, ПБД-1,25	$w=350$ витков, ПЭВ2-0,57

9. При симметричном токе, равном $1{,}7\,I_{ном}$, реле *Р2* возвращается после срабатывания в исходное положение с коэффициентом запаса не менее 1,2.

РЕЛЕ ТОКА ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ТИПА РТФ-1

(Техническая информация Чебоксарского электроаппаратного завода — ОБК 469.251.05)

Назначение

Реле тока отрицательной последовательности предназначено для защиты различных электрических установок переменного тока при несимметричных коротких замыканиях.

Принцип действия и конструктивное оформление

Реле тока типа РТФ-1 реагирует на ток отрицательной последовательности. Реле состоит из активно-индуктивно-трансформаторного фильтра тока отрицательной последовательности и исполнительного органа *РТ* реле типа ЭТ-520 (с н. о. контактом).

Принципиальная схема реле приведена на рис. 5, габаритные и установочные размеры — на рис. 7 настоящей инструкции.

Реле предназначено для монтажа в вертикальной плоскости и допускает возможность переднего или заднего присоединения внешних проводов.

Технические данные

1. Номинальный ток положительной последовательности ($I_н$) в зависимости от исполнения — 1 *а* или 5 *а*; частота 50 *гц*;

2. Уставки срабатывания реле по току отрицательной последовательности:

а) одноамперные от 0,3 до 1,2 *а*;

б) пятиамперные от 1,5 до 6 *а*.

3. Коэффициент возврата исполнительного органа реле, замеренный в полной схеме, не менее 0,75.

4. Разброс величины срабатывания по отношению к средней величине из пяти измерений не превышает ±3%.

5. Потребляемая мощность реле — не более 4,5 *ва* на фазу при номинальном токе.

6. Время срабатывания реле при двукратном токе относительно тока срабатывания — не более 0,04 *сек*.

7. Разрывная мощность контактов исполнительного органа фильтр-реле в цепи постоянного тока с индуктивной нагрузкой ($T=5\cdot10^{-3}$ *сек*) — 50 *вт* при напряжении не более 220 *в* и токе не более 2 *а*.

8. Изоляция всех цепей фильтр-реле по отношению к корпусу выдерживает испытательное напряжение 2 000 *в*, 50 *гц* в течение 1 *мин*.

9. Вес реле около 5,8 *кг*.

10. В табл. 1 приведены обмоточные данные и величины сопротивлений РТФ-1.

Таблица 1

Обозначение элементов по схеме	Название	При исполнении на номинальный ток	
		5 *а*	1 *а*
TT	Трансформатор	$w = w_1 = 13$ витков, ПБД-1,56 $w_2 = 250$ витков, ПЭВ2-0,64	$w = w_1 = 65$ витков, ПЭВ2-0,8 $w_2 = 250$ витков, ПЭВ2-0,64
TP	Трансформатор	$w = w_1 = 13$ витков, ПБД-1,56 $w_2 = 380$ витков, ПЭВ2-0,64	$w = w_1 = 65$ витков, ПЭВ2-0,8 $w_2 = 380$ витков, ПЭВ2-0,64
R_1	Регулируемое сопротивление	$0 \div 22$ *ом*	
R_2	Регулируемое сопротивление	$0 \div 72$ *ом*	
PT	Катушки реле электромагнитного типа ЭТ-520	$w = 500$ витков, отпайка от 170 витков ПЭВ2-0,35	

ПРИЛОЖЕНИЕ III

ЗАВОДСКИЕ КАЛИБРОВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РЕЛЕ ТИПОВ РТ-2 И РТФ-1

(Техническая информация Чебоксарского электроаппаратного завода — ОБК 523.116)

Технические условия на калибровку устройства фильтр-реле типа РТ-2

Токи срабатывания реле *Р1* на крайних точках шкалы, измеренные на входе фильтра при двухфазном питании, должны соответствовать данным табл. 3.

Таблица 3

Номинальный ток устройства, *а*	Соединение обмоток реле *Р1*	Деление шкалы	Ток срабатывания, *а*		Коэффициент возврата
			по току в фазе при двухфазном питании	по току обратной последовательности	
5	Последовательное	1,5	$2{,}6^{+0{,}35}_{-0{,}17}$	$1{,}5^{+0{,}2}_{-0{,}1}$	Не менее 0,8
		3	$5{,}2 \pm 0{,}35$	$3 \pm 0{,}2$	
5	Параллельное	1,5	$5{,}2 \pm 0{,}53$	$3 \pm 0{,}3$	
		3	$10{,}4 - 0{,}17$	$6 - 0{,}7$	
1	Последовательное	0,3	$0{,}52^{+0{,}07}_{-0{,}035}$	$0{,}3^{+0{,}04}_{-0{,}02}$	
		0,6	$1{,}04 \pm 0{,}07$	$0{,}6 \pm 0{,}04$	
1	Параллельное	0,3	$1{,}04 \pm 0{,}1$	$0{,}6 \pm 0{,}06$	
		0,6	$2{,}08 - 0{,}25$	$1{,}2 - 0{,}14$	

Токи срабатывания реле *Р2* на крайних точках шкалы, измеренные на входе фильтра при двухфазном питании, должны соответствовать данным табл. 4.

Таблица 4

Номинальный ток устройства, *а*	Деление шкалы	Ток срабатывания, *а*	
		По току в фазе при двухфазном питании	По току обратной последовательности
5	0,5	$0{,}87 \pm 0{,}087$	$0{,}5 \pm 0{,}05$
	1	$1{,}7 \pm 0{,}173$	$1 \pm 0{,}1$
1	0,1	$0{,}17 \pm 0{,}017$	$0{,}1 \pm 0{,}01$
	0,2	$0{,}34 \pm 0{,}034$	$0{,}2 \pm 0{,}02$

Примечание. Повышение тока до значения срабатывания производить плавно. При необходимости допускается подгиб полок якоря реле.

Технические условия на калибровку и приемку реле тока обратной последовательности типа РТФ-1

Положение переключателя	Точка шкалы	Ток срабатывания при $I_{ном}=5$ *а*		Точка шкалы в амперах	Ток срабатывания при $I_{ном}=1$ *а*		Коэффициент возврата
		Ток на зажимах *1—5*	По току обратной последовательности		Ток на зажимах *1—5*	По току обратной последовательности	
X1	1,5	2,6±0,2	1,5±0,12	0,3	0,52±0,04	0,3±0,024	
	3,0	5,2±0,4	3,0±0,24	0,6	1,04±0,08	0,6±0,048	
X2	3,0	5,2±0,4	3,0±0,24	0,6	1,04±0,08	0,6±0,048	Не менее 0,75
	6,0	10,4±0,8	6,0±0,48	1,2	2,08±0,16	1,2±0,096	

ПРИЛОЖЕНИЕ IV

ТИПОВОЙ ПРОТОКОЛ ПРОВЕРКИ РЕЛЕ ТИПА РТ-2

" " 196 г.

_____
(станция, подстанция)

_____сетевого

района _____

_____
(присоединение)

1. Паспортные данные реле

Завод-изготовитель	Дата выпуска	Номинальный ток

2. Состояние механической части реле _____
3. Проверка изоляции:

а) Сопротивление изоляции токоведущих частей реле относительно корпуса, измеренное мегомметром на _____*в*, составляет _____ *Мом*.

б) Изоляция между электрически несвязанными цепями имеет сопротивление _____ *Мом*.

4. Измерение напряжения на выходе ненагруженного фильтра в режиме двухфазного питания.

Таблица 1

Ток ——————— *а* подведен к зажимам	*1—3*	*3—5*	*5—1*
Напряжение между зажимами *13—17*			

5. Проверка работы реле на рабочих уставках.
Заданы рабочие уставки:
на реле *Р1* *а* вторичных фазовых обратной последовательности (положение перемычек . . . . .);
на реле *Р2* *а* вторичных фазовых обратной последовательности.

Токи и напряжения срабатывания и токи возврата реле в режиме двухфазного короткого замыкания между разными фазами.

Таблица 2

Измеряемая величина	Обозначение реле по схеме	Сочетание замкнувшихся фаз			Среднее значение	Наибольшее расхождение замеров по отношению к току уставки, %
		А—В	*В—С*	*С—А*		
Ток на входе фильтра при срабатывании реле $I^2_{ср}$, *а*	*Р1*					
	Р2					
Составляющая тока обратной последовательности на входе фильтра при срабатывании реле $I_{2ср} = \frac{I^{(2)}_{ср}}{\sqrt{3}}$, *а*	*Р1*					
	Р2					
Ток на входе фильтра при возврате реле $I^{(2)}$, *а*	*Р1*					
	Р2					
Коэффициент возврата $k_в$	*Р1*					
	Р2					
Падение напряжения на обмотках реле в условиях срабатывания $U_{ср}$, *в* (измеряется при новом включении, а также при изменении уставок)	*Р1*					
	Р2					

6. Проверка небаланса фильтра при расчетной кратности тока трехфазного короткого замыкания.

Расчетная величина $I^3_{к.з}$ _____ *а*, вторичных.

Расчетная кратность $k_{расч} = \frac{I^3_{к.з}}{I_{ном}}$.

Таблица 3

Ток _____ *а* подается на зажимы реле	Напряжение на выходе фильтра	Наибольшее расхождение между замерами $\Delta U_{макс}$, *в*	Отношение $\frac{\Delta U_{макс}}{U_{ср}}$*
1—3 *3—5* *5—1*			

* $U_{ср}$ берется из таблицы 2, п. 5.

7. Проверка коэффициента трансформатора *ТК*.

Таблица 4

Номинальный ток реле, *а*	Ток в первичной обмотке *ТК*, *а* (подводится к зажимам *7—8*)	Ток во вторичной обмотке *ТК*, *а* (измеряется между зажимами *9—11* при снятой перемычке)	Коэффициент трансформации
1 5	1,5 6		

8. Проверка полярности включения трансформатора *ТК*.

а) *Первый способ*. Проверка по напряжению на реле (зажимы *6—8* замкнуты между собой, ток 6 (1,5) *а* подается к зажимам *5—6*, *5—7*).

Таблица 5

Номера зажимов	Напряжение (U) на реле, *в* (измерено между зажимами *13—17*)	Отношение напряжений $\frac{U_{5-6}}{U_{5-7}}$	
		должно быть	фактически получено
5—6 *5—7*		$1{,}5 \pm 0{,}075$	

б) *Второй способ*. Проверка по току срабатывания реле *РП* на максимальной (рабочей) уставке (зажимы *6—8* замкнуты между собой).

Таблица 6

Номера зажимов	Ток срабатывания реле *P1*, *а*	Отношение токов срабатывания $\frac{I_{5-6}}{I_{5-7}}$	
		должно быть	фактически получено
5—6 *5—7*		1,5±0,075	

Примечание. Пункты 4, 6 и 7 выполняются только при новом включении.

9. Проверено отсутствие вибрации реле от тока двухфазного короткого замыкания при изменении величины тока от———— до ———— *а*.

10. Проверка реле током нагрузки (перед проверкой убедиться в правильном чередовании фаз тока).

Измерение тока небаланса

а) *Первый способ*

Ток небаланса на выходе фильтра при первичном токе———— ————*а* (————*а* вторичных) составил———— *ма*.

Измерение производилось прибором №————типа———— с внутренним сопротивлением———— *ом*.

б) *Второй способ*

Измерение тока небаланса косвенным путем по суммарному напряжению на обмотках реле *P1* и *P2* при токе нагрузки———*а*, что составляет вторичных ————*а*.

Полное сопротивление реле *P1*————*ом*.

Полное сопротивление реле *P2* ————*ом*. Измеряется методом амперметра-вольтметра при отпавшем якоре). $U_{\text{реле}}$————*в*, измерено прибором №———— типа, с внутренним сопротивлением————*ом/в*.

Ток небаланса $i_{\text{нб}} = \frac{U_{\text{р}}}{Z_{\text{р}}}$ *ма*.

Форма кривой тока небаланса ————(наблюдалась по электронному осциллографу типа———— при новом включении).

Максимальный ток небаланса при аварийной нагрузке составит:

$$I_{\text{нб.ав}} = \frac{I_{\text{нб.изм}}}{I_{\text{нагр}}} I_{\text{ав}} = \text{———} \text{ ма}.$$

Максимальный ток небаланса при расчетном токе трехфазного короткого замыкания составит:

$$I^{3}_{\text{нб.к.з}} = \frac{I_{\text{нб.изм}}}{I_{\text{нагр}}} I^{3}_{\text{к.з}}, \text{ ма}.$$

Коэффициент отстройки $k_{\text{отс}} = \frac{I_{\text{уст}}}{I^{3}_{\text{нб.к.з}}} = \_\_\_\_\_$

Измерение потребления реле

При токе нагрузки _____ *а* (вторичных) падение напряжения на входных зажимах реле составило:

Измеряемая величина	Зажимы реле		
	1—2	*3—4*	*5—6*
Падение напряжения, *в*			
Потребляемая мощность, *ва/фазу*			

Реле может быть включено в эксплуатацию.

Проверку реле производили:

_____

ПРИЛОЖЕНИЕ V

ТИПОВОЙ ПРОТОКОЛ ПРОВЕРКИ РЕЛЕ ТИПА РТФ-1

. .———196 г.

_____
(станция, подстанция)

_____
сетевого района

_____
(присоединение)

1. Паспортные данные реле

Завод-изготовитель	Дата выпуска	Номинальный ток, *а*

2. Состояние механической части реле_____

3. Проверка изоляции:

а) сопротивление изоляции токоведущих частей реле относительно корпуса, измеренное мегомметром на_____*в*, составило _____*Мом*;

б) изоляция между электрически несвязанными цепями имеет сопротивление_____*Мом*.

4. Проверка настройки фильтра ФТОП (производится только при новом включении; перемычка *11—12* разомкнута).

Измерения производились прибором №_____типа_____ с внутренним сопротивлением _____ *ом/в*.

Таблица 1

Место замера напряжения	Сопротивление R_1	Сопротивление R_2	Зажимы *11—12* (выход фильтра)
Величина напряжения при токе_____*а*, поданном к зажимам *5—6* реле, *в*			

5. Проверка работы реле на рабочей уставке током от постороннего источника.

Задана рабочая уставка реле в токах фазовых (обратной последовательности): $I_{2ср}$ =_____*а* (вторичных). Положение переключателя_____

Измерение токов и напряжений срабатывания и тока возврата реле *РТ* (табл. 2)

Таблица 2

№ п/п.	Измеряемая величина	Сочетание замкнувшихся фаз			Среднее значение	Наибольшее расхождение замеров по отношению к току уставки, %
		A—B	*B—C*	*C—A*		
1.	Ток на входе фильтра при срабатывании реле $I^2_{ср}$, *а*					
2.	Составляющая тока обратной последовательности на входе фильтра при срабатывании реле $I_{2ср}=\frac{I^2_{ср}}{\sqrt{3}}$, *а*					
3.	Ток на входе фильтра при возврате реле $I^2_в$, *а*					
4.	Коэффициент возврата $k_в$					
5.	Падение напряжения на обмотке реле *РТ* в условиях срабатывания $U_{ср}$ (измеряется при новом включении, а также в случае изменения уставок), *в*					

6. Проверка небаланса фильтра при расчетной кратности тока трехфазного короткого замыкания (производится только при новом включении).

Расчетная величина $I^3_{к.з}$ = ———— *а*, вторичных. Расчетная кратность $k_{расч} = \frac{I^3_{к.з}}{I_{ном}}$ = ————.

Табли́ца 3

ок———— *а* одается на зажимы реле	Напряжение на выходе фильтра, *в*	Наибольшее расхождение между замерами $\Delta U_{макс}$, *в*	Отношение $\frac{\Delta U_{макс}^*}{U_{ср}}$
1—3			
3—5			
5—1			

* $U_{ср}$ берется из табл. 2, графа 5.

7. Проверено отсутствие вибрации реле от тока двухфазного короткого замыкания при изменении тока от————до ———— *а*.

8. Проверка реле током нагрузки———— (перед проверкой убедиться в правильном чередовании фаз тока).

Измерение тока небаланса

а) *Первый способ*

Ток небаланса на выходе фильтра при первичном токе———*а* ———— *а* (вторичных) составил———— *ма*.

Измерение производилось прибором №———типа——— с внутренним сопротивлением———— *ом*.

б) *Второй способ*

Измерение тока небаланса косвенными методами.

1. С помощью добавочного сопротивления

$R_{доб}$ = ———— *ом*; U_R = ———— *в*; $I_{нб} = \frac{U_R}{R_{доб}}$ = ———— *ма*.

2. По падению напряжения на обмотке реле *РТ*.

Полное сопротивление реле при отпавшем якоре———— *ом*, $U_{реле}$ = ————*в*. Измерено прибором №———— типа ———— с внутренним сопротивлением———— *ом*.

Ток небаланса $I_{нб} = \frac{U_{реле}}{Z_{реле}}$ = ———— *ма*.

Форма кривой тока небаланса———— (наблюдалась по электронному осциллографу ———— при новом включении ————).

Максимальный ток небаланса при аварийной нагрузке составит:

$$I_{\text{нб.ав}} = \frac{I_{\text{нб.изм}}}{I_{\text{нагр}}} I_{\text{ав}} = \text{————} \; ма.$$

Максимальный ток небаланса при расчетной кратности тока трехфазного короткого замыкания составит:

$$I^{3}_{\text{нб.к.з}} = \frac{I_{\text{нб.изм}}}{I_{\text{нагр}}} I^{3}_{\text{к.з}} = \text{————} \; ма.$$

Коэффициент отстройки $k_{\text{о тс}} = \frac{I_{\text{уст}}}{I^{3}_{\text{нб.к.з}}} = \text{————}$

Измерение потребления реле

При токе нагрузки ———— *а* (вторичных) измеренные падения напряжения на входных зажимах реле составили:

Измеряемая величина	Зажимы реле		
	1—2	*3—4*	*5—6*
Падение напряжения, *в*			
Потребляемая мощность, *ва/фазу*			

Реле может быть включено в эксплуатацию.

Проверку реле производили:

————

СОДЕРЖАНИЕ

I. Введение 3
II. Описание и принцип действия фильтр-реле тока обратной последовательности типа РТ-2 4
III. Описание и прицип действия фильтр-реле тока обратной последовательности типа РТФ-1 8
IV. Схемы включения фильтр-реле типов РТ-2 и РТФ-1 . . . 11
V. Объем проверки реле 14
VI. Внешний осмотр реле 14
VII. Внутренний осмотр и проверка механической части реле 15
VIII. Проверка изоляции 15
IX. Проверка и регулировка электрических характеристик реле 15
IX-1. Проверка устройств фильтр-реле в целом 15
IX-2. Настройка фильтра в реле типа РТ-2 17
IX-3. Настройка фильтра в реле типа РТФ-1 19
IX-4. Поэлементная проверка фильтра в реле типа РТФ-1 . . . 22
IX-5. Проверка и регулировка электрических характеристик исполнительных реле *РТ* (в РТФ-1) и реле *Р1* и *Р2* (в РТ-2) типа ЭТ-520 23
X. Повторный осмотр реле 25
XI. Проверка работы устройств фильтр-реле на рабочих уставках 25
XII. Проверка реле током нагрузки 26
XIII. Приборы и инструменты для проверки и регулировки реле 28

Приложения 29
I. Фильтр-реле тока обратной последовательности типа РТ-2 31
II. Реле тока отрицательной последовательности типа РТФ-1 34
III. Заводские калибровочные таблицы для реле типов РТ-2 и РТФ-1 36
IV. Типовой протокол проверки реле типа РТ-2 37
V. Типовой протокол проверки реле типа РТФ-1 41

ИСПРАВЛЕНИЯ

В формах типовых протоколов проверки реле типа РТ-2 (стр. 38, 39 и 41) и реле типа РТФ-1 (стр. 42, 43 и 44) у символов токов двухфазного и трехфазного коротких замыканий в индексах пропущены скобки:

напечатано	$I^{2}_{ср}$ —	следует читать	$I^{(2)}_{ср}$
»	$I^{3}_{к.з}$ —	» »	$I^{(3)}_{к.з}$
»	$I^{3}_{нб.к.з}$ —	» »	$I^{(3)}_{нб.к.з}$
»	$I^{2}_{в}$ —	» »	$I^{(2)}_{в}$

Зак. 173

Редактор *Л. В. Копейкина* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в набор 13/III 1965 г. Подписано к печати 15/V 1965 г.
Т-06534 Бумага 84×108¹/₃₂ Печ. л. 2,46 Уч.-изд. л. 2,45
Тираж 13 500 экз. Цена 12 коп. Зак. 173

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

gost.e-ecolog.ru