МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ПО НАЛАДКЕ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ
"СОЮЗТЕХЭНЕРГО"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО НАЛАДКЕ И ПРОВЕРКЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЗТ-21, ДЗТ-23

СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1981

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ПО НАЛАДКЕ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ
"СОЮЗТЕХЭНЕРГО"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО НАЛАДКЕ И ПРОВЕРКЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЗТ-21, ДЗТ-23

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА И ИНФОРМАЦИИ СОЮЗТЕХЭНЕРГО

Москва 1981

УДК 621.316.925

Составлено Донтехэнерго и наладочно-монтажным управлением треста "Электромонтаж"

Составители инженеры А.И.ВАТУТИН, И.П.ГРИЦЕНКО, А.Б.ЛИБЕР

В Методических указаниях приведены сведения, необходимые для правильной эксплуатации дифференциальной защиты с торможением ДЗТ-21 и ДЗТ-23, приставки дополнительного торможения ПТ-1 и автотрансформаторов тока АТ-31 и АТ-32; изложена методика наладки, приведены рекомендуемый объем эксплуатационных проверок и указания оперативному персоналу по обслуживанию.

Методические указания составлены на основании технической информации завода-изготовителя, материалов ВНИИР, институтов "Энергосетьпроект" и "Теплоэлектропроект", опыта наладки защит ДЗТ-21 в Донбассэнерго, а также экспериментальных и наладочных работ ПО "Союзтехэнерго" и трестов "Гидроэлектромонтаж" и "Электромонтаж".

Методические указания предназначены для персонала служб РЗА энергосистем и наладочных организаций, занимающегося наладкой или эксплуатацией дифференциальной защиты ДЗТ-21 и ДЗТ-23.

© СПО Союзтехэнерго, 1981.

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель главного инженера
ПО "Союзтехэнерго"

А.Д.ГЕРР

I4 мая I980 г.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Дифференциальная защита с торможением ДЗТ-2I, ДЗТ-23 предназначена для использования ее в качестве основной защиты силовых трансформаторов и автотрансформаторов, а также общей продольной дифференциальной защиты блоков генератор-трансформатор[I].

Защита ДЗТ-23 предназначена для использования в качестве основной защиты группы однофазных силовых автотрансформаторов и трансформаторов.

Защита ДЗТ-2I и ДЗТ-23 выполнена трехфазной, она действует при всех видах КЗ и позволяет обеспечить торможение от двух групп трансформаторов тока.

I.2. В защите ДЗТ-2I и ДЗТ-23 применен новый принцип отстройки от бросков намагничивающего тока и токов небаланса.

Указанная защита обладает более высокой чувствительностью, быстродействием и потребляет меньшую мощность по сравнению с применяемыми в настоящее время защитами с использованием реле с насыщающимися трансформаторами тока.

На дифференциальной защите ДЗТ-2I, ДЗТ-23 может быть выполнена минимальная уставка по току срабатывания 0,3 $I_н$ трансформатора.

I.3. Защита ДЗТ-2I предназначена для работы при питании ее от сети постоянного тока напряжением 220 или II0 В и от блоков питания с номинальным выходным напряжением выпрямленного тока II0 В.

Защита ДЗТ-23 предназначена для работы при питании от сети постоянного тока напряжением 220 В и имеет три выходных реле.

Приставка дополнительного торможения ПТ-I предназначена для создания торможения от одной группы трансформаторов тока и используется в тех случаях, когда требуется обеспечить торможение от трех или четырех групп трансформаторов тока.

Автотрансформаторы тока АТ-3I и АТ-32 предназначены для расширения диапазона выравнивания токов плеч защиты и для ее подключения к трансформаторам тока с номинальным вторичным током 1 А.

I.4. Защита, приставка и автотрансформаторы предназначены для работы в закрытом помещении при температуре окружающей среды от минус 20 до плюс 40°С в общепромышленном исполнении и от минус I0 до плюс 45°С в тропическом исполнении.

I.5. При техническом обслуживании защиты ДЗТ-2I, ДЗТ-23 следует также руководствоваться требованиями, изложенными в [2] и [3].

I.6. Описание защиты ДЗТ-2I, в том числе принципа действия, структурной схемы и устройства, приведено в приложении I.

I.7. Технические данные защиты приведены в приложении 2.

2. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

2.I. При наладке и эксплуатации защиты ДЗТ-2I, ДЗТ-23 необходимо руководствоваться требованиями действующих "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок", "Правил пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках" и "Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей".

Кроме того, при монтаже и наладке панели защиты необходимо также руководствоваться требованиями действующих "Правил техники безопасности при электромонтажных и наладочных работах".

2.2. При наладке и эксплуатации защиты ДЗТ-2I, ДЗТ-23 изменение положения переключателей, установленных в модулях защиты, должно производиться при снятом напряжении питания защиты.

3. ВНЕШНИЙ ОСМОТР И ПРОВЕРКА ИЗОЛЯЦИИ

3.1. Подготовительные работы

3.1.1. Следует проверить соответствие проекта техническим данным защиты и директивным документам. Необходимые изменения в схеме защиты должны быть согласованы с МС РЗАИ или ЦС РЗАИ.

Центральная служба РЗАИ энергосистемы задает уставки защиты в объеме, указанном в протоколе проверки защиты (приложение 3).

Для наладки или проверки защиты следует подготовить необходимые измерительные приборы, инструмент, приспособления, соединительные провода, запасные части, комплектные испытательные устройства.

Перечень приборов и аппаратуры приведен в приложении 4.

3.1.2. В зависимости от конкретных условий типы применяемых приборов, указанных в перечне, могут изменяться. Однако в целом они должны соответствовать требованиям, предъявляемым к ним при проверке защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23. Эти требования изложены в методике проверки элементов защиты.

При подготовке рабочего места для проверки и наладки защиты следует руководствоваться требованиями, приведенными в [2] и [3] .

3.2. Осмотр и ревизия устройств защиты

3.2.1. Внешний и внутренний осмотры, а также ревизия механической части устройств защиты должны производиться в соответствии с указаниями, приведенными в [3] .

При осмотре следует проверить:

а) надежность крепления и правильность установки устройств защиты;

б) отсутствие механических повреждений устройств и их монтажа;

в) целость крышек кассеты и качество ее уплотнения;

г) наличие и правильность надписей на устройствах защиты; правильность маркировки кабелей, жил кабелей и проводов;

д) надежность контактных соединений, особенно токовых разъемов;

е) затяжку болтов, стягивающих сердечники трансреакторов, трансформаторов, дросселей, автотрансформаторов;

ж) правильность выполнения заземления токовых цепей защиты;

з) надежность паек модулей защиты;

и) надежность крепления направляющих планок для модулей в кассете;

к) надежность крепления на оси указательных рукояток регулировочных резисторов.

Следует проверить соответствие проекту фактического выполнения всех цепей связи между устройствами защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23 и другими устройствами РЗА.

3.2.2. Ревизия механической части выходного реле защиты должна производиться в соответствии с действующей инструкцией по проверке реле постоянного тока.

3.3. Проверка изоляции

3.3.1. Проверка изоляции защиты должна производиться в следующем объеме:

а) измерение сопротивления изоляции защиты и ее внешних цепей;

б) испытание изоляции цепей защиты.

3.3.2. Измерение сопротивления изоляции защиты и ее внешних цепей должно производиться после установки в кассету модулей защиты. При этом на время проверки необходимо снять платы элементов ЭІ и отключить соединение токовых цепей с "землей".

Перед измерением сопрстивления изоляции целесообразно проверить отсутствие соединений цепей защиты с "землей" с помощью омметра.

3.3.3. Мегаомметром на 1000 В следует измерить сопротивление изоляции токовых цепей, вторичных обмоток трансреакторов и промежуточных трансформаторов торможения каждого модуля реле дифференциальной защиты (МРЗД), оперативных цепей и цепей отключения защиты относительно корпуса и между собой.

Дополнительно следует проверить сопротивление изоляции между фазами токовых цепей.

В модули ІМРЗД–ЗМРЗД вставляются элементы ЭІ, после чего повторно производится измерение сопротивления изоляции оперативных

цепей защиты относительно корпуса.

Во всех перечисленных случаях сопротивление изоляции должно быть не менее 10 МОм.

3.3.4. Для испытания изоляции цепей защиты следует закоротить между собой все токоведущие цепи защиты на зажимах токовых разъемов и колодок Ш1, Ш2 кассеты.

Прочность изоляции цепей защиты должна быть испытана в целом относительно "земли" переменным напряжением 1000 В промышленной частоты в течение 1 мин.

При первом профилактическом контроле и профилактическом восстановлении допускается производить испытание токовых цепей защиты мегаомметром на 2500 В. В этом случае до проведения испытаний должны быть соединены между собой и "землей" все зажимы колодок Ш1 и Ш2.

После испытания прочности изоляции еще раз следует измерить сопротивление изоляции всех цепей в соответствии с п.3.3.2. Изоляция защиты считается выдержавшей испытания, если ее сопротивление, измеренное до и после испытания, будет одинаковым.

После окончания испытаний необходимо удалить все временные закоротки.

4. ПРОВЕРКА МОДУЛЯ ПИТАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ

4.1. Проверка стабилизатора питания

4.1.1. Стабилизатор питания следует проверять в нагруженном на МРЗД состоянии. Для этого МРЗД должны быть вставлены в кассету, а модуль питания управления (МПУ) соединен с кассетой испытательным удлинительным шнуром.

4.1.2. От регулируемого источника постоянного тока на зажимы 9,10 колодки Ш1 следует подать плавно напряжение и вольтметром постоянного тока (класс точности 0,5-1,0) измерить напряжение на диоде Д6-2 и в гнездах 1а, 2а, 3а контрольного разъема Ш2.

Значения измеренных напряжений при изменении напряжения на входе защиты в пределах (0,8-1,1) $U_н$ должны соответствовать данным табл. 4.1.

Таблица 4.I

Место измерения	Напряжение, В
Диод Д6-2	I7,2-20
Ш2/2а-Ш2/Iа	- (I2,4+I3,5)
Ш2/3а-Ш2/2а	4,8-6,5

4.I.3. При несоответствии значений измеренных напряжений данным табл. 4.I необходимо:

а) проверить резисторы R I-R4 на их соответствие заводским данным;

б) изменить положение перемычек на стабилитронах ДI-Д3 и диоде Д6-I.

4.I.4. При номинальном напряжении на входе стабилизатора питания падение напряжения на стабилитроне ДI-Д3 (на одном) должно составлять 0,7-0,9 В, а на диоде Д6-I - 0,9-I В. Поэтому включением или отключением указанных приборов можно отрегулировать в требуемых пределах выходные напряжения стабилизатора питания.

4.I.5. Следует установить значения напряжений между гнездами Ш2/2а-Ш2/Iа и Ш2/3а-Ш2/2а наиболее близкими к номинальным (соответственно -I3 В и+ 6В).

4.I.6.Необходимо проверить исправность защитного диода Д6-2. Для этого МРЗД следует извлечь из кассеты и на входе защиты изменить полярность подводимого напряжения. При плавном увеличении входного напряжения следует проконтролировать напряжение на диоде Д6-2. Если диод исправен, то напряжение на его зажимах при номинальном значении напряжения питания защиты не должно превышать IВ.

4.2. Проверка выходных цепей

4.2.I. При проверке выходных цепей защиты МПУ должен быть отсоединен от кассеты. В выходных цепях следует проверить:

а) исправность диодов Д7-I, Д7-2;

б) исправность искрогасительных контуров;

в) параметры выходного реле.

4.2.2. Исправность диодов Д7-I, Д7-2 следует проверить измерением их сопротивления в прямом и обратном направлениях омметром. Измерения производятся при разомкнутом переключателе Н без отпайки диодов от схемы. Одновременно омметром проверяется исправность всей цепи с диодами Д7-I, Д7-2.

При необходимости измерения параметров диод должен быть отсоединен от схемы. Падение напряжения в прямом направлении не должно превышать IВ при токе 500 мА. Обратное сопротивление диода, измеренное мегаомметром на 500 В, должно быть около 5 МОм.

4.2.3. Исправность искрогасительных контуров следует проверять следующим образом.

При разомкнутом переключателе Н от регулируемого источника постоянного тока на зажимы 5-II контакта реле РПI (РП2, РП3) следует подать напряжение I00-I20 В. Отключается источник напряжения и через 5-I0 с вольтметром с внутренним сопротивлением не менее I кОм/В на этих же зажимах проверяется наличие остаточного заряда конденсатора искрогасительного контура.

4.2.4. Измерение и регулирование электрических параметров выходного реле защиты РП2 (ДЗТ-2I) или РП4 (ДЗТ-23) следует производить с учетом реальной схемы его включения.

Напряжение срабатывания реле с учетом последовательно включенного указательного реле должно быть в пределах (0,55÷0,6) $U_н$, а напряжение возврата - не менее 0,04 $U_н$.

В случае, когда указательное реле не включается последовательно с выходным реле, напряжение срабатывания последнего должно быть в пределах (0,65÷0,7) $U_н$.

При проверке напряжение должно быть подано на зажимы Ш1/9с и Ш1/0а (для ДЗТ-23 с учетом полярности).

Время срабатывания выходного реле должно быть не более I2 мс. Измерения следует производить при номинальном напряжении оперативного тока электронным секундомером. Время действия реле определяется как среднее из трех-пяти измерений.

4.3. Проверка усилителей

4.3.I. Проверка усилителей должна производиться в полной схеме защиты.

Исправность усилителей устанавливается по срабатыванию выходного реле защиты РП2 (РП4) при переводе усилителей в режим срабатывания. Указанный режим усилителя достигается замыканием через резистор IO кОм гнезд Ш4/Iа - Ш4/4а МРЗД при вынутом из разъема реагирующем органе ЭI.

4.3.2. Проверка должна выполняться в следующей последовательности:

а) установить временную перемычку между зажимами ПI/9 и П2/II;

б) в МРЗД вынуть из разъемов реагирующие органы ЭI;

в) МРЗД установить в кассету;

г) МПУ соединить с кассетой испытательным удлинительным шнуром;

д) на зажимы 9,IO колодки III подать напряжение оперативного тока;

е) поочередно замыкать гнезда Ш4/Iа-Ш4/4а МРЗД (через резистор IO кОм).

Контроль срабатывания реле - звуковой или с помощью сигнальной лампы.

При отказе в действии выходного реле РП2 (РП4) следует предположить неисправность усилителей или промежуточного реле на герконах РПI (РПI-РП3).

4.3.3. Для определения причины неисправности необходимо измерить напряжение на зажимах платы усилителя в нормальном режиме и в режиме срабатывания. Измерения следует производить вольтметром с внутренним сопротивлением не менее IO кОм/В (МI200, В7-I5 и др.). Значения измеренных напряжений должны соответствовать данным табл. 4.2.

При несоответствии значений измеренных напряжений данным табл. 4.2 необходимо выполнить поэлементную проверку усилителя.

В случае неисправности какого-либо из герконов РПI-РП3 последний должен быть исключен из схемы защиты и проверен в отдельной схеме. Параметры исправного геркона должны удовлетворять следующим условиям: сопротивление обмотки I800-2060 Ом, ток срабатывания - I,6-3,2 мА.

Таблица 4.2

Режим работы	Место измерения - зажимы платы усилителя ДЗТ-21 (ДЗТ-23)	Напряжение, В
Нормальный	4-20 (1-9); 4-19 (1-7); 4-16 (1-2)	-(0÷0,2)
	4-1 (1-2)	-(12,4÷13,5)
	11-4 (8-1)	4,8-6,5
	4-8 (5-2; 4-2; 3-2)	-(0÷0,005) для ДЗТ-21 -(0÷0,1) для ДЗТ-23
Срабатывание	4-20 (1-9); 4-19 (1-7); 4-16 (1-6)	-(3,7÷5,5)
	4-1 (1-2)	-(12,4÷13,5)
	11-4 (8-1)	4,8÷6,5
	4-8 (5-2; 4-2; 3-2)	-(11÷12)

5. ПРОВЕРКА АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

5.1. Проверка коэффициента трансформации АТ

5.1.1. Проверка коэффициента трансформации должна быть произведена на всех ответвлениях обмоток автотрансформаторов.

На зажимы 1-11 (АТ-31) или 1-2 (АТ-32) следует подключить амперметр класса точности 0,5-1,0 со шкалой 2,5-5А (например Э-59).

На зажимы 1-2 (АТ-31), 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7, 1-8, 1-9, 1-10 и 1-11 (АТ-32) поочередно от регулируемого источника должен подаваться ток такого значения, чтобы показания амперметра, подключенного на зажимы 1-11 (АТ-31) или 1-2 (АТ-32), были соответственно 2,5 или 5А. При этом значения подводимых токов должны с точностью ± 2% соответствовать следующим данным:

Зажимы АТ		1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11
Номинальный ток ответвления, А	АТ-31	0,34	0,45	0-60	0,81	1,10	1,45	1,97	2,12	2,29	2,50
	АТ-32	5,00	5,41	5,88	7,58	9,62	12,20	15,60	20,00	25,00	31,30

5.2. Проверка коэффициента трансформации на рабочих ответвлениях

5.2.I. Проверку коэффициента трансформации автотрансформаторов следует производить на рабочих ответвлениях обмоток при подключении к ним цепей защиты. Проверка производится при номинальном токе используемого отвода трансформатора дифференциального реле и при максимальном токе внешнего КЗ. Разница в значениях измеренных коэффициентов трансформации не должна превышать 5%.

В целях предотвращения повреждения элементов токовых цепей защиты проверку при токе выше IC А следует производить в течение не более 5 с. При этом необходимо следить за тем, чтобы не происходил перегрев этих элементов.

6. ПРОВЕРКА МРЗД И ПРИСТАВОК ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТОРМОЖЕНИЯ

6.I.Условия проверки

6.I.I. Проверку МРЗД следует производить вне кассеты с использованием испытательных удлинительных шнуров с разъемами. При проверке одного модуля реле остальные модули защиты должны быть вставлены в кассету.

6.I.2. В качестве источника регулируемого тока целесообразно использовать комплектные устройства У5052, УПЗ-I, УПС-62. Настройка дифференциальных реле защиты ДЗТ-2I, ДЗТ-23 должна осуществляться синусоидальным током. Питание схемы для настройки реле, особенно при использовании некомплектных устройств, должно осуществляться от междуфазных напряжений. Это обусловлено тем, что кривая междуфазного напряжения, как правило, имеет синусоидальную форму, а фазного часто отличается от синусоиды.

Перед началом регулирования дифференциальных реле необходимо проверить синусоидальность подводимого тока с помощью электронного осциллографа.

6.2. Проверка трансреактора

6.2.I. От регулируемого источника тока к ответвлениях трансреактора следует поочередно подводить синусоидальные токи, равные номинальным токам ответвлений.

Вольтметром с внутренним сопротивлением не менее I кОм/В (класс точности 0,5-I,5) измеряется напряжение на вторичных обмотках трансреактора.

При подводе тока к ответвлению I трансреактора значение измеренного напряжения на обмотке $W2$ должно быть в пределах 6,8÷7,6 В, а на обмотке $W3$ - в пределах I6,7 ÷ I8,0 В. Отношение напряжений на обмотках $W3$ и $W2$ должно с точностью до I0% соответствовать выражению

$$\frac{W3}{W2} = 2{,}5. \qquad (6.I)$$

6.2.2. Значения измеренных напряжений на обмотках $W2$ и $W3$ при подводе токов к другим ответвлениям трансформатора должны быть соответственно равны (с точностью ± 2%) значениям напряжений, зафиксированных при подводе тока к ответвлению I.

При необходимости следует производить подрегулирование трансреактора путем незначительного изменения воздушного зазора.

6.3. Проверка промежуточных трансформаторов

6.3.I. От регулируемого источника тока к ответвлениям промежуточных трансформаторов следует поочередно подводить синусоидальные токи, равные номинальным токам ответвлений. Вольтметром с внутренним сопротивлением не менее I кОм/В (класс точности 0,5-I,5) измеряется напряжение на резисторе RI (зажимы I-2, 4-3, 6-5 колодки III).

6.3.2. При подводе тока к ответвлению I промежуточного трансформатора значение измеренного напряжения на резисторе RI должно быть в пределах 2,9÷3,3 В. В противном случае следует убедиться в исправности выпрямительных мостов и в соответствии заводским данным резисторов RI.

6.3.3. Значения измеренных напряжений при подводе токов к другим ответвлениям исправного промежуточного трансформатора должны быть равны (с точностью ± 2%) значениям напряжений, зафиксированных при подводе тока к ответвлению I.

6.4. Проверка приставок дополнительного торможения

6.4.I. Проверку приставок дополнительного торможения следует производить аналогично проверке промежуточных трансформаторов; она может выполняться как в полной схеме защиты, так и отдельно.

6.4.2. При проверке в полной схеме защиты напряжения следует измерять на зажимах I-2, 3-4, 5-6 колодки III, а при проверке в отдельной схеме - на зажимах 2-4, 6-8, IC-I2 приставки.

6.5. Проверка настройки фильтра второй гармонической составляющей

6.5.I. Проверка фильтра заключается в определении его резонансной частоты, а также в определении тока выхода фильтра на частоте I00 Гц.

6.5.2. Предварительно следует определить ответвление обмотки дросселя, при котором ток выхода фильтра на частоте I00 Гц имеет среднее значение (из трех вариантов включения дросселя ответвлениями I,2,K). На указанном ответвлении, принимаемом в качестве рабочего, значение резонансной частоты фильтра составляет около I00 Гц.

Требуемое ответвление дросселя можно определить по схеме рис. 6.I и III.5 в следующей последовательности:

а) вынуть из разъема реагирующий орган ЭI;

б) к гнездам I9 и 2I ЭI подключить миллиамперметр постоянного тока (класс точности 0,5÷I,5);

в) разомкнуть переключатель HI (см. рис. III.5) на плате трансреактора Тр;

г) к зажиму I3 переключателя HI и H3 платы Тр подвести напряжение от звукового генератора.

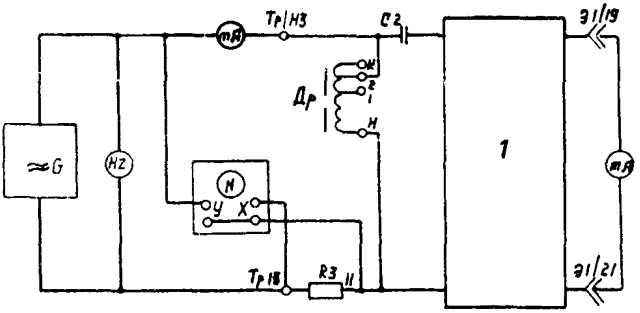

Рис.6.I. Схема настройки фильтра второй гармонической составляющей:
I - схема цепи торможения; II - зажим платы III МРЗД

6.5.3. Для получения наибольшей выходной мощности от звукового генератора необходимо согласовывать его выходное сопротивление с входным сопротивлением проверяемого фильтра (свыше 5 кОм). Обычно указанное согласование достигается установкой переключателя генератора "Выходное сопротивление" в положение "500". Затем следует установить с помощью звукового генератора значение частоты I00 Гц и при входном токе, равном 3 мА, измерить значение тока выхода фильтра. Измерения повторить при поочередном изменении положений ответвлений обмотки дросселя фильтра.

6.5.4. Определить точное значение резонансной частоты фильтра второй гармонической составляющей с помощью электронного осциллографа (рис. 6.I).

Указанный способ проверки основан на сравнении фаз двух синусоидальных напряжений одинаковой частоты - падения напряжения на резисторе R3 от тока на входе фильтра и напряжения на фильтре. На резонансной частоте сдвиг по фазе между напряжением на фильтре и током на его входе равен нулю. На экране осциллографа резонансной частоте соответствует наклонная прямая (фигура Лиссажу). При отклонении частоты напряжения, подводимого к фильтру, от резонансной частоты происходит раздвоение прямой. Чем больше отклонение частоты, тем больше раздвоение (прямая превращается в эллипс).

Частота напряжения на выходе звукового генератора может отличаться от указанной на его шкале на 3-7 Гц, а иногда и более.

Поэтому для настройки частотного фильтра с большой точностью частоту напряжения на выходе звукового генератора необходимо контролировать электронным частотомером. При проверке необходимо применять звуковой генератор с напряжением на выходе не менее 30В при мощности около 2В·А.

Перед проверкой следует произвести затяжку стяжных винтов магнитопровода дросселя Др.

6.5.5. Проверку следует производить в следующей последовательности. От генератора звуковой частоты к фильтру подвести ток 3 мА. На осциллографе отключить генератор развертки (например, для С1-49, переключатель длительности развертки установить в положение "Вход Х") и регулировать усиление по вертикальному входу таким образом, чтобы на экране получилось четкое изображение. Изменением частоты генератора определить резонансную частоту проверяемого фильтра. При отклонении последней от значения 100 ± 3 Гц произвести подстройку фильтра. Для этого на звуковом генераторе установить частоту 100 Гц и изменением зазора магнитопровода дросселя добиваться, чтобы на экране осциллографа получалась наклонная прямая (исчезло ее раздвоение в средней части). Если резонансная частота меньше 100 Гц, зазор магнитопровода следует увеличить, а если больше - уменьшить.

6.5.6. Производить проверку фильтра напряжением промышленной частоты (измерение распределения напряжения на элементах фильтра) не рекомендуется. Из-за особенностей схемы фильтра (наличие нагрузки в емкостном плече) указанный способ проверки приводит к большим погрешностям (5÷7%) в определении резонансной частоты.

6.5.7. После настройки фильтра определить ток его выхода.

Значение тока выхода фильтра на частоте 100 Гц должно находиться в пределах 3,9÷6,1 мА при подключенных стабилитронах Д15, Д16. При отключении стабилитронов Д15, Д16 ток выхода фильтра увеличивается и находится в пределах 5,6÷7,8 мА.

6.6. Проверка стабилитронов Д15, Д16

6.6.1. Указанную проверку следует выполнять одновременно с проверкой фильтра второй гармонической составляющей по схеме рис. 6.1.

Вход У электронного осциллографа подключить (рис. Г. I.5) к стабилитронам ДI5, ДI6 (зажимы I2 и II платы ПI МРЗД).

6.6.2. С помощью звукового генератора следует установить значение частоты IOO Гц и входной ток 3 мА.

При исправных стабилитронах форма кривой напряжения на них является симметричной и имеет характерное двустороннее ограничение по амплитуде. Эта амплитуда, измеренная осциллографом, должна быть 3,I В (с точностью до IO%).

6.7. Проверка реагирующего органа

6.7.I. Проверку реагирующего органа (РО) следует производить в полной схеме защиты. Она заключается в определении уставок элементов выдержки времени на возврат $В_в$ и на срабатывание $В_{ср}$.

6.7.2. Проверку выдержки времени элемента $В_в$ следует производить в следующей последовательности.

Реагирующий орган ЭI должен быть вставлен в разъем.

Вертикальный вход осциллографа подключить к выводу I5 гнездной колодки ЭI и к гнезду Ш4/2а. При этом входной зажим осциллографа, соединенный с корпусом прибора, должен подключаться обязательно к гнезду Ш4/2а.

На зажимы 9 и IO колодки ПI подать номинальное напряжение оперативного тока.

От регулируемого источника на зажимы I и 6 колодки токового разъема Ш3 следует подать синусоидальный ток. Ток плавно увеличивается и в момент срабатывания фиксируется длительность импульсов и пауз на экране осциллографа (рис. 6.2). Контроль срабатывания МРЗД осуществляется по срабатыванию выходного реле РП2 или РП4. При токе, меньшем тока срабатывания защиты, длительность пауз на выходе РФ больше уставки элемента $В_в$ и защита не срабатывает. По мере увеличения тока длительность пауз на выходе РФ на данном уровне измерения уменьшается и в момент, когда $t_п \leq t_{вв}$ защита срабатывает.

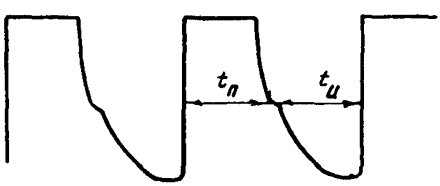

Рис.6.2. Осциллограмма выходного сигнала РФ в момент срабатывания защиты

Уставка элемента $B_в$ должна находиться в пределах 4,5÷5 мс во всем диапазоне изменения сопротивления резистора R13. При этом отношение длительности паузы и импульса должно соответствовать выражению

$$\frac{t_п}{t_и} = 0,82 \div 1,0. \qquad (6.2)$$

При измерении временных интервалов необходимо ручку плавного регулирования длительности развертки осциллографа установить в крайнее правое положение. Этому положению ручки соответствует положение переключателя "Время/деление". Для уменьшения погрешности измерения необходимо устанавливать возможно бóльшую длину измеряемых интервалов и производить измерения или по правым, или по левым краям линий изображения.

6.7.3. Измерение временных интервалов следует производить на уровне характерной ступеньки (см. рис. 6.2), появляющейся на переднем фронте импульса в момент переключения диодов Д5 и Д6 РО.

Заводом-изготовителем применяется способ измерения временных интервалов, позволяющий определять выдержки элементов $B_в$ и $B_{ср}$ с высокой точностью. Однако для его осуществления требуется сборка довольно сложной схемы, ввиду этого указанный способ не может быть рекомендован для широкого применения.

Сравнение результатов измерений уставки элементов $B_в$ указанным способом и с помощью осциллоскопа указывает на достаточную для практики точность измерений последним способом.

При наладке и техническом обслуживании, когда РО исправен, как правило, не требуется выполнять регулирование уставки элемента $B_в$. Регулирование может потребоваться после ремонта РО и осуществляется подбором сопротивлений резистора R5. Требуемое значение сопротивления R5 находится в пределах 39÷47 кОм.

6.7.4. Выдержка времени элемента $B_{ср}$ определяется из выражения

$$t_{B_{ср}} = t_р - t_у , \qquad (6.3)$$

где $t_р$ – время от момента замыкания выводов 5 и I9 гнездной колодки ЭI до момента замыкания контактов выходного реле РП2 (РП4);

$t_у$ – время от момента замыкания гнезд Ш4/4а и Ш4/Iа до момента замыкания контактов выходного реле РП2 (РП4).

Измерение $t_р$ и $t_у$ производится миллисекундомером. Для измерения $t_у$ необходимо:

а) вынуть из разъема реагирующий орган ЭI;

б) подключить к защите миллисекундомер: выводы переключателя "Пуск" через резистор IO кОм – к зажимам Ш4/4а и Ш4/Iа проверяемого МРЗД, а выводы "Контакт" – к зажимам I и 2 колодки П2;

в) подать на защиту номинальное напряжение оперативного тока;

г) замкнуть переключатель "Пуск" миллисекундомера и измерить $t_у$.

Измеренное значение $t_у$ должно находиться в пределах I2+I5мс. Если значение $t_у$ превышает I5 мс, следует предположить, что неисправен геркон РПI.

Для измерения $t_р$ необходимо:

а) снять с защиты напряжение оперативного тока;

б) вставить в разъем РО;

в) переключить выводы переключателя "Пуск" миллисекундомера на гнезда Ш4/3а и Ш4/2в проверяемого МРЗД;

г) подать на защиту номинальное напряжение оперативного тока;

д) замкнуть переключатель "Пуск" миллисекундомера и измерить $t_р$.

Для предотвращения повреждения диода Д2 выводы 5 и I9 РО при определении $t_р$ должны замыкаться через резистор с сопротивлением около I кОм. В качестве такого резистора при измерениях используется R8, подключенный к выводу I9 РО и через диод ДI к гнезду Ш4/2в МРЗД.

Уставка элемента $В_{ср}$ должна находиться в пределах 2I÷23,5 мс. Регулирование выдержки времени элемента $В_{ср}$ производится подбором сопротивлений резистора RI2. Обычно при исправном РО требуемое значение сопротивления RI2 находится в пределах 24÷30 кОм.

6.7.5. Если при проверке реагирующего органа обнаружится какая-либо неисправность, то отыскание и устранение этой неисправности производится измерением напряжений в контрольных точках РО и последующей поэлементной проверкой.

Напряжения в контрольных точках реагирующего органа МРЗД в зависимости от режима их работы должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 6.I.

Таблица 6.I

Режим работы	Контрольные точки	Напряжение, В
Нормальный	Ш4/2а–Ш4/Iа	-(I2,4+I3,5)
	Ш4/3а–Ш4/2а	4,8–6,5
	Ш4/2а–I5; Ш4/2а–7	-(0+0,2)
	Ш4/2а–Ш4/4а	-(0+0,2)
Срабатывание	Ш4/2а–Ш4/Iа	-(I2,4+I3,5)
	Ш4/3а–Ш4/2а	4,8–6,5
	Ш4/2а–I5	-(8,5+I3,5)
	Ш4/20–7	-(I0,5+I3,5)
	Ш4/3а–Ш4/2а	-(3,7+5,5)

6.8. Проверка чувствительного органа реле

6.8.I. Определение диапазона регулирования тока срабатывания чувствительного органа реле должно производиться на одном из рабочих ответвлений трансреактора при отсутствии процентного торможения. Проверку следует производить следующим образом:

а) на лицевой плате МРЗД разомкнуть переключатель НЗ;

б) к рабочему ответвлению трансреактора через токовый разъем Ш1 или Ш3 от регулируемого источника подвести синусоидальный ток;

в) на защиту подать номинальное напряжение оперативного тока.

Плавным увеличением определить токи срабатывания чувствительного органа реле при максимальной (крайнее левое положение регулятора $I_{ср*}$) и минимальной (крайнее правое положение регулятора $I_{ср*}$) чувствительности. Срабатывание чувствительного органа дифференциального реле контролируется по срабатыванию выходного реле РП2 (РП4).

Минимальный ток срабатывания чувствительного органа реле должен быть не более $0,3I_{н.отв}$, а максимальный – не менее $0,7I_{н.отв}$.

В случае необходимости регулирование (смещение) диапазона токов срабатывания чувствительного органа может производиться подбором сопротивлений резистора R2 схемы РО.

6.8.2. Регулирование заданного тока срабатывания чувствительного органа должна производиться в полной схеме защиты при исключении процентного торможения на рабочих ответвлениях автотрансформаторов тока и трансреактора.

От регулируемого источника синусоидального тока ИТ (рис.6.3) к зажимам автотрансформаторов тока со стороны ТТ и к зажимам приставки дополнительного торможения следует поочередно подводить ток.

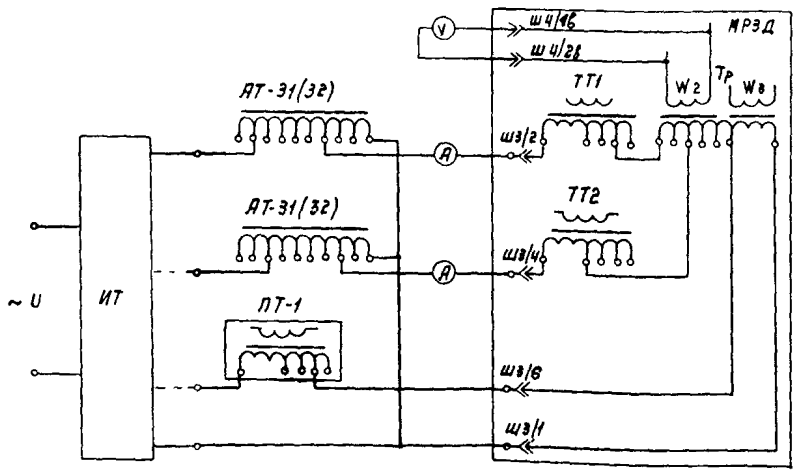

Рис. 6.3. Схема проверки токов срабатывания МРЗД:
ИТ – регулируемый источник синусоидального тока

Значение подводимого тока следует установить равным:

$$I'_{р.ср} = \frac{I_{с.з} \cdot K_{сх}}{n_{тт}}, \qquad (6.4)$$

где $I_{с.з}$ - первичный ток срабатывания защиты;

$K_{сх}$ - коэффициент, учитывающий схему соединения ТТ защиты.

Регулятор $I_{ср*}$ (резистор РП3) следует установить в крайнее правое положение, на защиту подать напряжение оперативного тока. Вращением регулятора $I_{ср*}$ против часовой стрелки достигается срабатывание реле. Зафиксировав положение регулятора $I_{ср*}$ контргайкой, уменьшить ток до возврата реле, а затем при плавном увеличении тока определить ток срабатывания чувствительного органа.

Одновременно фиксируется ток срабатывания чувствительного органа, непосредственно подводимый к МРЗД. Фиксация этого тока осуществляется с помощью амперметра Э-59 (класс точности 0,5). Значение указанного тока должно соответствовать:

$$I_{р.ср} = \frac{I'_{р.ср}}{n_{АТ}}, \qquad (6.5)$$

где $n_{АТ}$ - коэффициент трансформации выравнивающего автотрансформатора.

На одном из рабочих ответвлений трансреактора необходимо полностью определить параметры срабатывания чувствительного органа: ток срабатывания, ток возврата, коэффициент возврата, напряжение срабатывания.

Измерение напряжения срабатывания чувствительного органа (см. рис. 6.3) должно производиться вольтметром с внутренним сопротивлением не менее 10 кОм (класс точности 0,5-1,5), подключаемым к гнездам Ш4/1в-Ш4/2в. В зависимости от уставки напряжение срабатывания находится в пределах 1,5÷6,5 В.

Коэффициент возврата чувствительного органа при исправном РО находится в пределах 0,6÷0,92.

6.8.3. В целях дополнительной проверки правильности выбора ответвлений автотрансформаторов тока и трансреактора, а также проверки правильности соединений токовых цепей защиты определение тока срабатывания чувствительного органа МРЗД должно производиться

со всех сторон защищаемого присоединения. Это определение удобно совместить с комплексной проверкой защиты.

По измеренным значениям токов срабатывания чувствительных органов реле можно определить также относительные токи срабатывания из выражения

$$I'_{р.ср*} = \frac{I'_{р.ср}}{I_н}; \qquad I_{р.ср*} = \frac{I_{р.ср}}{I_{н.отв}}, \qquad (6.6)$$

где $I_н$ – номинальный вторичный ток защищаемого присоединения (трансформатора, автотрансформатора, генератора);

$I_{н\,отб}$ номинальный ток ответвления первичной обмотки трансреактора.

6.9. Регулирование тока срабатывания отсечки

6.9.1. Регулирование заданного тока срабатывания дифференциальной отсечки должна производиться в полной схеме защиты (см.рис. 6.3) для одной стороны защищаемого присоединения.

Переключатель Н2 следует установить в требуемое положение: "а–б" – при $I_{ср.отс} \leq 6 I_{н.отв}$ или "б–в" – при $I_{ср.отс} = 9 I_{н.отв}$.

Для вывода из работы чувствительного органа гнезда Ш4/2а и Ш4/4а проверяемого МРЗД должны соединяться временной перемычкой.

На защиту должно подаваться напряжение оперативного тока.

Плавным увеличением тока, подводимого к зажимам автотрансформаторов тока со стороны ТТ, определяются токи срабатывания отсечки для данной стороны защищаемого присоединения.

6.9.2. Ток срабатывания отсечки должен соответствовать выражению

$$I'_{ср.отс} = \frac{I_{ср.отс} \cdot k_{сх}}{n_{тт}}, \qquad (6.7)$$

где $I_{ср.отс}$ – первичный ток срабатывания отсечки.

Одновременно фиксируется ток срабатывания отсечки, непосредственно подводимый к МРЗД, а также определяется ток возврата отсечки. Указанный ток срабатывания может быть определен из выражения

$$I_{ср.отс} = \frac{I'_{ср\ отс}}{n_{АТ}} . \qquad (6.8)$$

Коэффициент возврата отсечки должен быть не менее 0,3.

По измеренным значениям токов срабатывания отсечки определяются также относительные токи срабатывания $I'_{ср\ отс*}$ и $I_{ср.отс*}$ по аналогии с (6.6).

Измеренный ток срабатывания отсечки должен соответствовать заданному с точностью ± 10%. В противном случае производится его регулирование подбором сопротивлений резисторов R5 и R4.

Указанное регулирование удобно производить, используя магазин сопротивлений. Для этого отпаивается резистор R5 и к зажимам 4 и 7 платы П1 модуля реле подключается магазин сопротивлений. На нем устанавливается значение сопротивления около 30 кОм, на МРЗД подается заданный ток срабатывания отсечки. Во избежание повреждения АТ, а также ТТ и Тр проверяемого МРЗД указанный ток следует удерживать в течение 5с.

Последовательно уменьшая сопротивление, добиваются срабатывания отсечки. По ближайшему к показаниям магазина сопротивлений из ряда номинальных значений подбирается резистор, который впаивается вместо R 5. Плавным увеличением тока на входе реле до тока срабатывания проверяется выполненная уставка.

6.10. Определение времени срабатывания отсечки

6.10.1. Время срабатывания отсечки должно определяться одновременно с регулированием уставки по току срабатывания. Измерение указанного времени целесообразно производить с помощью комплексных устройств, используемых при регулировании тока срабатывания. В процессе измерений чувствительный орган проверяемого МРЗД остается выведенным из работы (соединены гнезда Ш4/2а и Ш4/4а).

6.10.2. Измерение времени срабатывания отсечки следует производить на контактах выходного реле РП2 или РП4 (зажимы П2/1-П2/2) при двух значениях тока - $1{,}1\,I_{ср.отс}$ и $2\,I_{ср.отс}$.

Время срабатывания отсечки при токе $2\,I_{ср.отс}$ не должно превышать 35 мс.

6.II. Регулирование коэффициента торможения

6.II.I. Определение диапазона регулирования коэффициента торможения реле должно производиться на одном из рабочих ответвлений трансреактора. Для этого размыкаются соединения трансформаторов ТТ1, ТТ2 и ПТ-I с обмоткой трансреактора. Последовательным соединением первичных обмоток трансформаторов ТТ1, ТТ2 и ПТ-I образуется тормозная цепь. Указанные обмотки должны включаться в тормозную цепь рабочими ответвлениями. При этом включаются обмотки только тех тормозных трансформаторов, которые используются в схеме защиты данного присоединения.

Питание рабочей и тормозной цепей осуществляется раздельно (рис. 6.4), причем оба тока (рабочий и тормозной) должны быть синусоидальными.

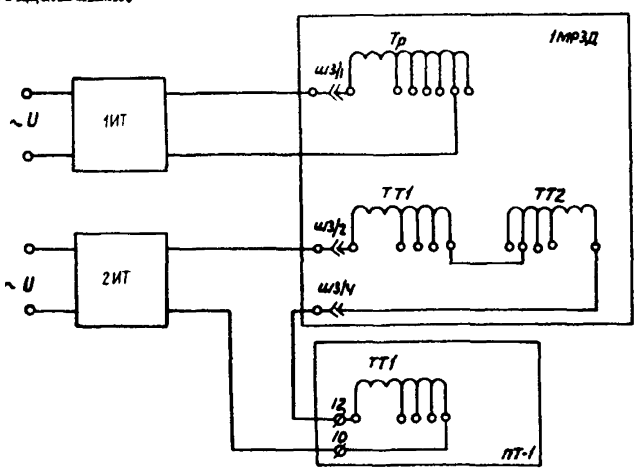

Рис.6.4. Схема проверки тормозных характеристик МРЗД:
1ИТ,2ИТ - регулируемые источники синусоидального тока

Определение коэффициента торможения должно производиться при поочередной установке регулятора $K_т$ (резистор RI2) в крайние положения. Переключатель НЗ следует установить в требуемое положение: "а-б" - при $I_{т.0*}$ = I или "б-в" - при $I_{т.0*}$ = 0,6.

От регулируемого источника тока в тормозную цепь следует подать ток, относительное значение которого равно 4. При поданном на защиту напряжении оперативного тока измерить ток в рабочей цепи, соответствующий срабатыванию выходного реле защиты. Затем измерить ток срабатывания реле при подаче на него тормозного тока, относительное значение которого равно 5.

В соответствии с выражением (II.3) следует определить коэффициент торможения. При этом относительное значение тормозного тока определяется по формуле:

$$I_{T*} = \frac{0{,}5\, I_T}{I_{н.тт1}} + \frac{0{,}5\, I_T}{I_{н.тт2}} + \frac{0{,}5 I_T}{I_{н.пт-1}}\,, \qquad (6.9)$$

где I_T – ток, подаваемый в последовательно соединенные обмотки ТТ1, ТТ2 и ПТ-1;

$I_{н.тт1}, I_{н.тт2}, I_{н.пт-1}$ – номинальные токи ответвлений первичных обмоток ТТ1, ТТ2 и ПТ-1.

Поскольку $\Delta I_{T*} \approx 1$, то коэффициент торможения определяется непосредственно из выражения:

$$K_T = \Delta I_{р.ср*} = I_{р.ср*(5)} - I_{р.ср*(4)}\,, \qquad (6.10)$$

где $I_{р.ср*(5)}$ и $I_{р.ср*(4)}$ – относительные токи срабатывания реле, соответствующие $I_{T*} = 5$ и $I_{T*} = 4$.

Минимальное значение коэффициента торможения должно быть не более 0,3 и максимальное – не менее 0,9.

В случае необходимости регулирование (смещение) диапазона изменения K_T производится подбором сопротивлений резистора R II.

6.II.2. Регулирование заданного коэффициента торможения следует производить на одном из рабочих ответвлений трансреактора, к которому подключается один из трансформаторов цепи процентного торможения.

Регулятор K_T следует установить в крайнее правое положение. В тормозную цепь реле (см. рис. 6.4) подать ток $I_{T*} = 4$, а в рабочую цепь – ток, значение которого определяется в соответствии с заданным K_T из выражения (II.4). Вращением регулятора против часовой стрелки достигается срабатывание реле. Затем в тормозную цепь следует подать ток $I_{T*} = 5$ и произвести уточнение заданного K_T из выражения (6.10). После уточнения K_T контргайкой фиксируется положение регулятора K_T.

Следует отметить, что с помощью автотрансформаторов тока может быть изменен диапазон регулирования коэффициента торможения . Это происходит в случаях (приложение 5), когда к ответвлениям первичных обмоток трансреактора или тормозных трансформаторов подводится ток, боль. ий номинального тока ответвлений. Поэтому в указанных случаях коэффициент торможения может отличаться от действительного, если заданное значение $К_т$ определено без учета факторов влияющих на его изменение.

При различных значениях коэффициентов торможения для всех сторон торможения их проверка может быть выполнена при раздельном питании тормозных обмоток через соответствующий автотрансформатор тока.

6.I2. Определение тормозной характеристики

6.I2.I. Тормозную характеристику следует определять на одном из рабочих ответвлений трансреактора, к которому подключается один из трансформаторов цепи процентного торможения. Определение тормозной характеристики производится по рис. 6.4. Используемые в схеме защиты данного присоединения трансформаторы включаются в тормозную цепь рабочими ответвлениями.

6.I2.2. Для построения тормозной характеристики используются данные, полученные при регулировании заданного $К_т$ (две точки - при $I_{T*} = 4$ и $I_{T*} = 5$). Дополнительно определяются параметры характеристики при $I_{T*} = 2$ и $I_{T*} = 3$.

При построении тормозной характеристики следует определить длину горизонтального участка характеристики (I_{TO*}) как расстояние до точки пересечения горизонтального и наклонного прямолинейных участков характеристики при их продолжении.

При отключенных трансформаторах АТ длина горизонтального участка характеристики должна быть равна:

$$I_{TO*} = (0{,}75 \div 1{,}15) I_{TO*уст}, \qquad (6.II)$$

где $I_{TO*уст}$ – уставка по длине горизонтального участка тормозной характеристики.

6.I2.3. При значительном отклонении I_{T0*} от уставки проверяется исправность стабилитронов Д8 и Д9 измерением напряжения на них при I_{T*} = 2. Указанные напряжения, измеренные вольтметром с внутренним сопротивлением не менее IC кОм/В (класс точности 0,5÷I,5), должны находиться в пределах 5,04÷6,I6 В и 2,97÷3,63 В соответственно. При несоответствии измеренных значений напряжения требуемым стабилитрон должен быть заменен на исправный.

При увеличении коэффициента торможения (при увеличении тока тормозной цепи с помощью АТ) длина горизонтального участка тормозной характеристики реле пропорционально уменьшается.

В этом случае тормозная характеристика определяется подачей в тормозную цепь токов, значение которых увеличено в соответствии с выражением (П5.4). Однако относительное значение тормозных токов следует принимать таким же, как и до их увеличения.

Тормозные характеристики могут быть проверены и в полной схеме защиты с использованием автотрансформаторов тока.

7. КОМПЛЕКСНАЯ ПРОВЕРКА ЗАЩИТЫ

7.I. Условия и порядок проведения проверки

7.I.I. Проверку следует производить при номинальном напряжении оперативного тока и полностью собранных цепях защиты (выходные цепи защиты должны быть разомкнуты).

При комплексной проверке определение токов срабатывания чувствительных органов реле и времени их действия должно производиться в полной схеме защиты.

7.I.2. Измерение токов срабатывания чувствительных органов реле должно производиться для каждого плеча при поочередной подаче синусоидальных токов от регулируемого источника со стороны вторичных цепей ТТ защиты. При наличии в схеме защиты испытательных блоков токи в защиту следует подавать через них.

По измеренным токам срабатывания можно оценить правильность сборки токовых цепей защиты и правильность настройки реле защиты на заданные уставки.

Однако по току срабатывания чувствительного органа для плеча защиты, содержащего тормозную цепь, невозможно оценить правильность сборки этой цепи. Это обусловлено наличием горизонтального участка на тормозной характеристике реле. Поэтому для проверки правильности сборки тормозной цепи необходимо увеличить ток, подаваемый в данное плечо защиты, до номинального значения тока ответвления тормозного трансформатора и с помощью прибора ВАФ-85 измерить ток на заданном ответвлении этого трансформатора. Для выполнения этого измерения ДРЗД вынимается из кассеты и соединяется с ней с помощью удлинительных шнуров с разъемами. Если измеренный ток не будет соответствовать номинальному току ответвления тормозного трансформатора, следует выяснить причину (несоответствие коэффициента трансформации автотрансформатора тока или ответвления тормозного трансформатора заданным) и устранить ее.

7.I.3. Измерение времени действия чувствительных органов реле должно производиться при подаче тока, равного двукратному току срабатывания.

Заводом-изготовителем рекомендуется при проверке времени срабатывания защиты подавать ток на ее вход от источника синусоидального напряжения через последовательно соединенные дроссель и резистор. Постоянная времени указанной цепи должна быть не менее I0 мс. Указанное требование обусловлено тем, что при проверке защиты от постороннего источника, когда постоянная времени испытательной цепи имеет небольшое значение, время действия защиты зависит от угла между векторами подводимых к защите токов. В зависимости от значения этого угла время действия защиты может увеличиться до 55 мс.

На практике не всегда возможно использовать указанную выше цепь при проверке времени срабатывания защиты. Поэтому измерение времени действия чувствительных органов реле можно производить без применения дросселя. Однако в этом случае время действия защиты, измеренное на контактах выходного реле РП2 (РП4), должно быть не более 55 мс.

Методика проверки отстройки защиты ДЗТ-2I, ДЗТ-23 от апериодических и периодических токов включения приведена в приложении 3.

8. ПРОВЕРКА ЗАЩИТЫ В ПОЛНОЙ СХЕМЕ ПРИСОЕДИНЕНИЯ

8.I. Опробование защиты

8.I.I. При номинальном напряжении оперативного тока следует произвести опробование взаимодействия защиты с другими устройствами РЗА защищаемого присоединения. В зависимости от конкретной схемы проверяется действие дифференциальной защиты на общие выходные реле защит присоединения или на отключение коммутационной аппаратуры. При этом следует обращать внимание на срабатывание указательного реле, сигнализирующего о срабатывании дифференциальной защиты, и проверять действие соответствующих цепей световой и звуковой сигнализации.

8.I.2. При опробовании защиты ДЗТ-23 необходимо обращать внимание на исправность разделительных диодов Д8. Указанные диоды следует считать исправными, если при срабатывании дифференциального реле каждой фазы срабатывает только соответствующее данной фазе выходное реле.

Действие защиты в полной схеме присоединения должно полностью соответствовать исполнительным принципиальным схемам устройств РЗА присоединения.

9. ПРОВЕРКА ЗАЩИТЫ РАБОЧИМ ТОКОМ

9.I. Предварительная проверка защиты

9.I.I. Перед проверкой защиты рабочим током присоединения следует произвести:

а) осмотр модулей защиты, автотрансформаторов тока, приставок дополнительного торможения, испытательных блоков в токовых цепях защиты, рядов зажимов и перемычек на них;

б) проверку наличия заземления токовых цепей защиты и правильности его выполнения;

в) установку в разомкнутое положение переключателей в цепях воздействия дифференциальной защиты на общие выходные реле защит присоединения или на отключение его коммутационной аппа-

ратуры;

г) проверку целости токовых цепей защиты одним из известных способов (например, с помощью постоянного тока).

9.2. Проверка токовых цепей защиты

9.2.1. Проверка защиты рабочим током присоединения является окончательной ее проверкой перед вводом в работу. Указанной проверкой определяется правильность подключения защиты к трансформаторам тока. Проверяется исправность всех токовых цепей защиты измерением вторичных токов ТТ в фазных проводах и в нулевом проводе. Измерение выполняется прибором ВАФ-35. При малом значении тока следует использовать усилительную приставку к прибору. При отсутствии усилительной приставки необходимо создать режим, при котором ток защищаемого присоединения будет не менее $0{,}2\ I_{н}$.

По измеренным вторичным токам ТТ оценивается также правильность выполнения их коэффициентов трансформации.

Проверка исправности токовых цепей защиты, как правило, производится при комплексных испытаниях присоединения перед вводом его в работу.

В случае применения ДЗТ-21, ДЗТ-23 для защиты блока генератор-трансформатор проверка ее токовых цепей может быть осуществлена при установке трехфазной закоротки на стороне ВН трансформатора (вне зоны действия защиты) и вращении генератора валоповоротным устройством.

9.2.2. Правильность подключения цепей тока каждой группы ТТ следует проверять снятием векторной диаграммы вторичных токов и сверкой ее с фактическим направлением мощности в первичной цепи присоединения.

По полученным диаграммам оценивается правильность сборки токовых цепей защиты.

Векторные диаграммы токов должны сниматься, как правило, при комплексных испытаниях присоединения, так как в этом случае обнаруженные ошибки в сборке токовых цепей устраняются оперативно.

9.3. Проверка выравнивания ампер-витков трансреакторов реле

9.3.1. Указанной проверкой следует определить правильность выбора ответвлений трансреакторов реле и коэффициентов трансформации автотрансформаторов тока.

Проверка производится измерением напряжения на обмотках $W2$ трансреакторов при подключении к реле всех плеч защиты и при поочередном исключении каждого из них. Измерения производятся вольтметром с внутренним сопротивлением не менее 10 кОм на требуемом пределе измерения (ламповый вольтметр или вольтметр с транзисторным усилителем). Вольтметр подключается к гнездам Ш4/1в, Ш4/2в ЩРЗД.

9.3.2. Напряжение, измеренное при подключении к реле всех плеч защиты (напряжение небаланса), не должно превышать (0,02-0,04) $U_{р.ср}$ при токе нагрузки присоединения (0,5-1,0) $I_н$. Напряжение небаланса может достигать 0,5$U_{р.ср}$ при максимальном токе небаланса. При исключении одного из плеч защиты напряжение на обмотке $W2$ Тр значительно увеличивается и в зависимости от тока нагрузки присоединения может превышать напряжение срабатывания реле (1,5-6,5В). При необходимости ($U_{нб} > (0,02-0,04) U_{р.ср}$) производится корректировка ампер-витков трансреакторов реле.

9.3.3. Если проверка производится при небольшой нагрузке присоединения, небаланс может оказаться завышенным из-за влияния погрешностей ТТ и тока намагничивания силового трансформатора. Чтобы уменьшить это влияние, проверку следует производить при возможно большей нагрузке присоединения.

9.3.4. После подключения всех плеч защиты следует повторно произвести измерение напряжения небаланса на обмотке трансреакторов реле.

10. ПОДГОТОВКА ЗАЩИТЫ К ВВОДУ В РАБОТУ

10.1. Окончательный осмотр и выполнение записей

10.1.1. Повторно осмотреть все модули реле и проверить соответствие установки переключателей заданным уставкам.

10.1.2. Проверить положение испытательных блоков в токовых

цепях, переключателей в выходных цепях защиты и перемычек на рядах зажимов.

10.1.3. Выполнить запись в журнале РЗА о возможности ввода в работу защиты ДЗТ-21(ДЗТ-23).

11. УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАЩИТЫ

11.1. Проверка электрических характеристик

11.1.1. Техническое обслуживание защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23 должно производиться в соответствии с программами для каждого вида технического обслуживания, приведенными в [3] . В этих программах указан полный объем и последовательность технического обслуживания. Ниже приведена программа технического обслуживания при проверке электрических характеристик защиты.

Наименование операции	Вид технического обслуживания					
	Н	КI	В	ЧВ	К	О
I. Проверка МПУ						
I.1. Проверка стабилизатора питания	+	+	+			
I.2. Проверка выходных цепей						
проверка исправности диодов	+					
проверка исправности искрогасительных контуров	+					
измерение и регулирование электрических параметров выходного реле защиты	+	+	+	+		
I.3. Проверка усилителей	+	+	+	+		
2. Проверка автотрансформаторов тока АТ-31 и АТ-32						
2.1. Проверка коэффициента трансформации на всех ответвлениях обмоток АТ	+					

Наименование операции	Вид технического обслуживания					
	Н	КТ	В	ЧВ	К	О
2.2. Проверка коэффициента трансформации на рабочих ответвлениях обмоток при максимальном токе КЗ	+	+	+			
3. Проверка МРЗД						
3.1. Проверка трансреактора	+					
3.2. Проверка промежуточных трансформаторов	+					
3.3. Проверка настройки фильтра второй гармонической составляющей	+					
3.4. Проверка стабилитронов ДІ5, ДІ6	+					
3.5. Проверка реагирующего органа	+	+	+	+		
3.6. Проверка чувствительного органа	+	+	+	+		
3.7. Проверка отсечки	+	+	+	+		
3.8. Регулирование коэффициента торможения	+	+				
3.9. Проверка тормозной характеристики	+	+	+	+		
4. Проверка приставки дополнительного торможения						
5. Комплексная проверка защиты						
5.1. Проверка тока срабатывания чувствительного органа реле в полной схеме защиты	+	+	+	+	+	
5.2. Измерение времени действия чувствительного органа	+	+	+	+	+	
5.3. Измерение времени действия отсечки	+	+	+		+	

Примечания: 1. Знак "+" указывает на необходимость выполнения операции.-2. Проверка электрических характеристик при В,ЧВ производится в случае разборки или замены элементов в объеме, соответствующем новому включению.

II.2. Указания оперативному персоналу

II.2.I. Панель, где установлена защита должна быть снабжена надписью, указывающей ее назначение. На указательные реле, испытательные блоки и отключающие устройства для удобства их обслуживания оперативный персонал также наносит соответствующие надписи.

Оперативное обслуживание дифференциальной защиты ДЗТ-2I (ДЗТ-23) ведется в соответствии с действующей инструкцией по обслуживанию защит данного присоединения подстанции (электростанции).

II.2.2. Для ввода защиты ДЗТ-2I (ДЗТ-23) в работу необходимо выполнить следующие операции:

а) установить на соответствующей панели защиты присоединения в положение "Сигн." переключатели "Дифференциальная защита ДЗТ-2I (23)";

б) установить рабочие крышки испытательных блоков в цепях трансформаторов тока в каждом из плеч дифференциальной защиты;

в) включить на соответствующей панели защиты автоматический выключатель, подающий напряжение оперативного тока на защиту ДЗТ-2I (ДЗТ-23).

Примечание. В случае выполнения питания защиты ДЗТ-2I от блоков питания необходимо убедиться в подключении последних к защите;

г) установить переключатели "Дифференциальная защита ДЗТ-2I (23)" в положение "Откл."

II.2.3. Для полного вывода из работы защиты ДЗТ-2I (ДЗТ-23) необходимо выполнить следующие операции:

а) установить переключатели "Дифференциальная защита ДЗТ-2I (23)" в положение "Сигн.";

б) установить в токовых цепях в каждом из плеч дифференциальной защиты ДЗТ-2I (ДЗТ-23) "холостые" крышки испытательных блоков.

При оперативном выводе из работы защиты ДЗТ-2I(ДЗТ-23) необходимо установить переключатели "Дифференциальная защита ДЗТ-2I (23)" в положение "Сигн."

Приложение I

ОПИСАНИЕ ЗАЩИТЫ

I. Принцип действия

Ток срабатывания дифференциальной защиты силовых трансформаторов выбирается по условиям отстройки от броска намагничивающего тока ненагруженного трансформатора и от тока небаланса в максимальном нагрузочном режиме.

Токи включения трехфазного силового трансформатора, протекающие в цепях дифференциальной защиты, могут быть однополярными (ряд однополярных импульсов, между которыми имеются паузы) и разнополярными (периодическими). Идеализированные формы бросков намагничивающего тока силового трансформатора, протекающего в цепях дифференциальной защиты, приведены на рис. III.I.

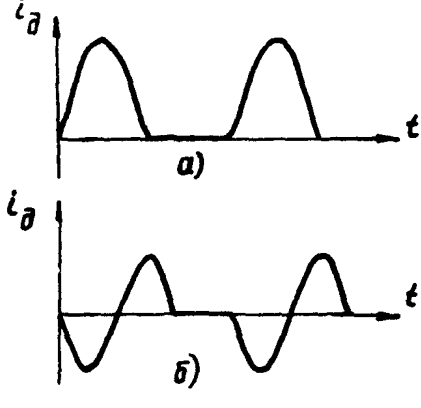

Рис.III.I. Кривые бросков намагничивающего тока силового трансформатора, протекающего в цепях дифференциальной защиты: α - апериодический; δ - периодический

Анализ гармонических составляющих указывает на наличие в токах включения силового трансформатора второй гармонической составляющей. Поэтому для отстройки от бросков намагничивающего тока силовых трансформаторов может быть использован как принцип торможения от второй гармонической составляющей дифференциального тока, так и время - импульсный принцип, основанный на сравнении длительности пауз на заданном уровне измерения с заданным временем.

Анализ применения указанных принципов [I] показывает, что дифференциальная защита силовых трансформаторов, выполненная по одному из этих принципов, не может обладать достаточным быстро-

действием. Для выполнения защиты на принципе торможения от второй гармонической составляющей требуются фильтры довольно высокой добротности, применение которых вызывает замедление действия защиты.

При применении время-импульсного принципа в сочетании с торможением от второй гармонической составляющей дифференциального тока также не удается полностью избежать замедления в переходном режиме КЗ в защищаемой зоне. Существенное замедление имеет место лишь при условии одновременного появления большого числа влияющих факторов (максимальной апериодической слагающей в первичном токе, максимально допустимой нагрузки ТТ, питания места КЗ только с одной стороны) и является маловероятным. Трансформаторы тока защиты могут преобразовывать без заметной погрешности однополярные токи включения только в течение нескольких периодов после включения. В дальнейшем ТТ постепенно насыщаются и постоянная составляющая полностью поглощается их ветвью намагничивания. При этом во вторичном токе появляются отрицательные полуволны, а бестоковые паузы практически полностью отсутствуют. В "трансформированном" токе также выше относительное содержание второй гармонической составляющей по сравнению с их содержанием в первичном токе включения.

Следует отметить, что реле с насыщающимися трансформаторами тока практически не имеют отстройки от "трансформированных" токов и периодических токов включения. Это и является основным фактором, ограничивающим чувствительность дифференциальной защиты, выполненной с применением этих реле [I] .

В защите ДЗТ-21, ДЗТ-23 для отстройки от бросков намагничивающего тока силовых трансформаторов и переходных токов небаланса используется время-импульсный принцип отстройки в сочетании с торможением от второй гармонической составляющей дифференциального тока. Необходимая степень отстройки от "трансформированных" токов включения достигается применением звена, корректирующего форму кривой указанных токов. Для повышения отстройки как от установившихся, так и от переходных токов небаланса используется торможение от токов плеч защиты.

2. Структурная схема

Структурная однолазная схема защиты (рис. П1.2) содержит: рабочую цепь I и цепь торможения от второй гармонической составляющей 2, на входы которых подается ток дифференциальной цепи защиты $I_д$; цепь процентного торможения 3, на вход которой подаются токи плеч защиты I_1 и I_2; время-импульсный реагирующий орган 4; усилитель 5; узел питания 6; дифференциальную отсечку 7, на вход которой с выхода рабочей цепи подается выпрямленный ток; выходные цепи защиты 8.

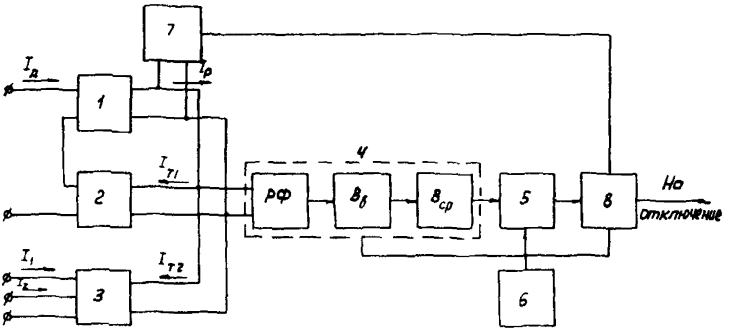

Рис.П1.2. Структурная схема защиты ДЗТ-21,ДЗТ-23

На вход РО с выхода рабочей цепи подается ток $I_р$, выпрямленный по схеме двухполупериодного выпрямления без сглаживания, а с выходов тормозных цепей токи смещения $I_{т1}$ и $I_{т2}$, выпрямленные по схеме двухполупериодного выпрямления со сглаживанием.

Реагирующий орган состоит из релейного формирователя РФ, элемента выдержки времени на возврат $В_в$ и элемента выдержки времени на срабатывание $В_{ср}$.

В нормальном режиме и режиме внешнего КЗ ток на входе РО мал, поэтому сигнал на выходе релейного формирователя прямоугольных импульсов РФ (рис. П1.3) равен нулю. Сигналы на выходе органов выдержки времени на возврат и на срабатывание также равны нулю.

При однополярном броске намагничивающего тока силового трансформатора (автотрансформатора) на выходе РФ возникают импульсы и паузы (рис. П1.3*а*). С появлением сигнала на выходе РФ, равного I, появляется сигнал, равный I, и на выходе элемента $В_в$. Если сигнал на выходе РФ становится равным нулю, то сигнал на выходе элемента $В_в$ становится также равным нулю только по истечении выдержки времени на возврат. Длительность пауз определяется временем, в течение которого мгновенные значения напряжения на выходе рабочей цепи меньше напряжения срабатывания РФ (с учетом торможения). При броске намагничивающего тока в течение периода на выходе РФ возникает пауза, длительность которой больше уставки элемента $В_в$. Поэтому на выходе последнего возникают паузы с периодом следования, равным периоду промышленной частоты. В этом случае сигнал на выходе элемента $В_{ср}$, имеющего выдержку времени на срабатывание больше периода промышленной частоты, остается равным нулю. Сигнал, равный I, на выходе элемента $В_{ср}$ появляется только тогда, когда на его входе есть сигнал, равный I, в течение времени, превышающего уставку.

При синусоидальном токе (режим КЗ в защищаемой зоне) длительность пауз на выходе РФ зависит от отношения амплитуды тока к заданному уровню срабатывания. Если это отношение таково, что длительность пауз на выходе РФ меньше уставки элемента $В_в$, то на выходе $В_в$ появляется сигнал, не имеющий пауз (рис. П1.3,*б*). В этом случае на выходе элемента $В_{ср}$ появляется сигнал, равный I. Этот сигнал увеличивается усилителем 5 (см. рис. П1.2) и выходное реле защиты срабатывает.

При бóльших кратностях токов КЗ в защищаемой зоне, особенно при наличии апериодической составляющей, может наступить насыщение ТТ защиты. При этом во вторичном токе ТТ появляются паузы (рис. П1.4). Соответственно появляются паузы и на выходе РФ. Их длительность в течение некоторого времени может быть больше уставки элемента $В_в$ и поэтому защита срабатывает с большим замедлением. Для обеспечения надежности и быстродействия защиты в этих режимах применена дифференциальная отсечка.

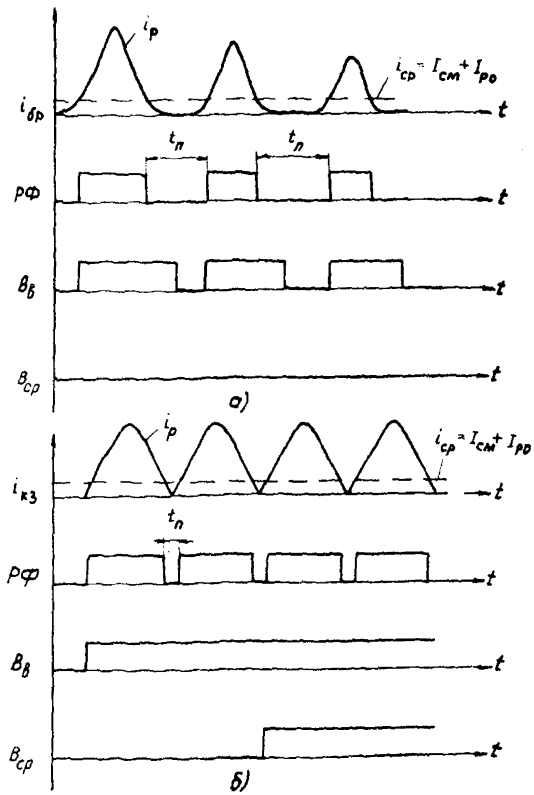

Рис.II.3. Временные диаграммы работы реагирующего органа защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23 ($I_{см} = I_{т1} + I_{т2}$, $I_{ро}$ - ток срабатывания РО при отсутствии смещения):

а - при броске намагничивающего тока;
б - при синусоидальном токе (режим КЗ в защищаемой зоне)

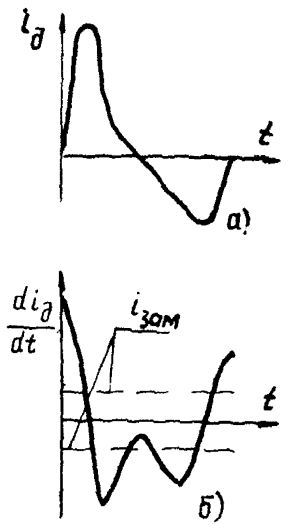

Рис.II.4. Кривые сигналов корректирующего звена защиты при протекании тока КЗ и насыщении ТТ апериодической составляющей:

а - на входе трансреактора; б - на выходе трансреактора

3. Устройство защиты

Дифференциальная защита ДЗТ-21, ДЗТ-23 выполнена трехфазной и состоит из трех дифференциальных реле, а также общих для трех фаз усилителя, параметрического стабилизатора питания полупроводниковых цепей и выходного промежуточного реле.

Конструктивно дифференциальные реле каждой фазы выполнены в виде отдельных модулей. Усилитель, параметрический стабили-

тор питания полупроводниковых цепей и выходное промежуточное реле размещены в модуле питания и управления. Защита в целом размещена в четырехмодульной кассете.

4. Принципиальная схема дифференциального реле защиты

Схема ДРЗД содержит следующие основные узлы (рис. П1.5 и П1.6 см. вклейку):

а) рабочую цепь;

б) упрощенную цепь торможения от второй гармонической составляющей;

в) цепь процентного торможения;

г) реагирующий орган.

4.1. Рабочая цепь реле состоит из трансреактора Тр, выпрямительного моста на диодах Д1-Д4 и резисторов $R8-R9$.

Трансреактор Тр является корректирующим звеном, обеспечивающим восстановление бестоковых пауз в "трансформированном" токе (рис. П1.7). Обмоточные данные трансреактора сопротивления резисторов $R8-R9$, а также $R3$ подобраны таким образом, что постоянная времени вторичной цепи трансреактора (с учетом ветви намагничивания) равна примерно 0,06Т.

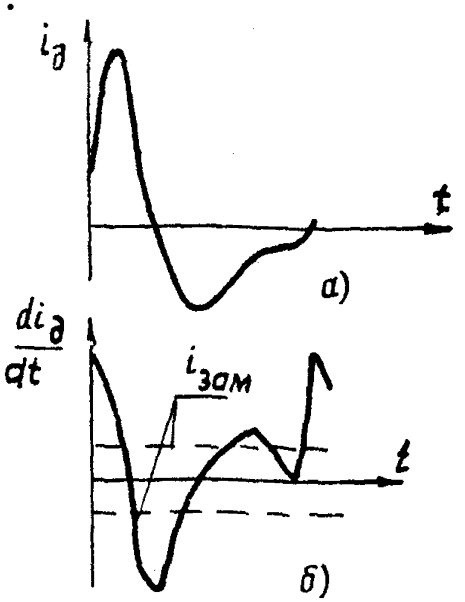

Рис. П1.7. Кривые сигналов корректирующего звена защиты при протекании "трансформированного" тока:
а - на входе трансреактора; *б* - на выходе трансреактора

Такое значение постоянной времени позволило увеличить отстройку от "трансформированных" токов включения примерно в 3-5 раз. В то же время апериодическая составляющая тока КЗ в защищаемой зоне поглощается ветвью намагничивания трансреактора практически полностью за 0,18 Т. Поэтому реле не замедляется при синусоидальных токах КЗ с апериодической составляющей [I] .

В режиме насыщения ТТ защиты корректирующее звено способствует уменьшению длительности пауз во вторичном токе ТТ, благодаря чему обеспечивается работа РО при погрешности ТТ до 40% [I] . При больших погрешностях ТТ надежную работу защиты обеспечивает дифференциальная отсечка, выполненная на диоде Д5, резисторах R 2, R 4, R 5, конденсаторе С1 и реле с магнитоуправляемым контактом РТ. Диод Д5 препятствует разряду конденсатора С1 на рабочую цепь во время паузы в форме кривой тока. Постоянная времени цепи отсечки составляет примерно 30 мс. При этом можно полагать, что реле РТ реагирует на среднее значение напряжения на вторичной обмотке Тр. Благодаря этому обеспечивается некоторая отстройка от однополярных токов включения и переходных токов небаланса. Коэффициент отстройки находится в пределах 1,5÷2. С помощью переключателя П2, выведенного на лицевую панель, может быть получена уставка отсечки $6\,I_{н.отв}$ или $9\,I_{н.отв}$ с отклонениями не более ± 10%.

Трансреактор Тр является также согласующим и изолирующим элементом. Ответвления от его первичной обмотки служат для выравнивания значений токов в плечах защиты в диапазоне от 2,5 до 5А.

Для защиты рабочей цепи от ВЧ помех (с частотами более 1000 Гц) параллельно обмотке $W2$ трансреактора Тр включен конденсатор С5 небольшой емкости.

4.2. При периодических токах включения длительность пауз может составлять 4-5 мс, что затрудняет отстройку от них время-импульсным способом.

Указанный периодический ток содержит не менее 43% второй гармонической составляющей, что позволяет повысить отстройку от него с помощью цепи торможения от второй гармонической составляющей.

Цепь торможения от второй гармонической составляющей содержит резистор R 3 , фильтр второй гармонической составляющей Др-С2, выпрямительный мост на диодах Д10-Д13, сглаживающий конденсатор С4,

разделительный диод Д14 и резистор R10.

В качестве тормозного сигнала используется выпрямленный ток плеча фильтра, содержащего конденсатор С2. При таком включении при сравнительно низкой добротности (около 2,3) достигается необходимое ослабление сигнала на входе РО.

Существенным недостатком дифференциальных реле, использующих принцип торможения от второй гармонической составляющей, является замедление их срабатывания при переходных процессах внутреннего повреждения. Указанное замедление может достигать значений (1,4-2,6) Т1, и обусловлено значительным увеличением относительного содержания второй гармонической составляющей во вторичном токе ТТ защиты при насыщении их апериодической составляющей.

Как показали испытания, выполненные Южным отделением Энергосетьпроекта, первые образцы защит ДЗТ-21 в указанных выше условиях также имели замедление на срабатывание. С увеличением кратности вторичного тока ТТ при одной и той же погрешности время срабатывания защиты увеличивалось, поскольку увеличивался и уровень измерения бестоковой паузы, определяемый содержанием во вторичном токе второй гармонической составляющей.

Для устранения указанного замедления в схему цепи торможения от второй гармонической составляющей введены стабилитроны (КС-133А или КС-433А), которые ограничивают тормозной сигнал на уровне, соответствующем периодическому броску намагничивающего тока с амплитудой $2\,I_{н.\,отв}$.

Испытания защиты ДЗТ-21 с ограничением тормозного сигнала от второй гармонической составляющей, проведенные ВНИИР, показали, что замедление срабатывания защиты при переходных режимах КЗ в зоне ее действия зависит от кратности тока КЗ, начального значения его апериодической составляющей, постоянной времени и нагрузки ТТ. Максимальное замедление в срабатывании составляет (0,9-1,0) Т1, что значительно меньше времени замедления защиты, выполненной на принципе торможения от второй и высших гармонических составляющих.

4.3. Цепь процентного торможения состоит из промежуточных трансформаторов ТТ1, ТТ2, выпрямительных мостов ВМ1, ВМ2, диодов Д6, Д7, стабилитронов Д8, Д9, сглаживающего конденсатора С3 и резисторов R1, R6, R11, R12.

Параметры резисторов и конденсатора выбраны такими (постоянная времени заряда СЗ равна 2-3 мс, а разряда - 25-30 мс), чтобы тормозной ток нарастал до значения, близкого к установившемуся, за время не более 15 мс. При указанной постоянной времени разряда СЗ практически отсутствует зависимость тормозных характеристик реле от угла сдвига фаз между рабочим и тормозным токами реле.

Тормозные характеристики реле (рис. П.8) построены в осях:

$$I_{р.ср*} = \frac{I_{р.ср}}{I_{н.отв}}\ , \qquad (П.1)$$

$$I_{т*} = I_{т1*} + \ldots + I_{тi*}\ , \qquad (П.2)$$

где $I_{р.ср}$ - ток срабатывания дифференциального реле;

$I_{н.отв}$ - номинальный ток ответвления первичных обмоток Тр, ТТ1, ТТ2;

$I_{тi*} = 0{,}5\frac{I_i}{I_{н.отв}}$ относительный тормозной ток;

I_i - ток i тормозного плеча;

$I_{н.отв\,i}$ - номинальный ток используемого ответвления плеча.

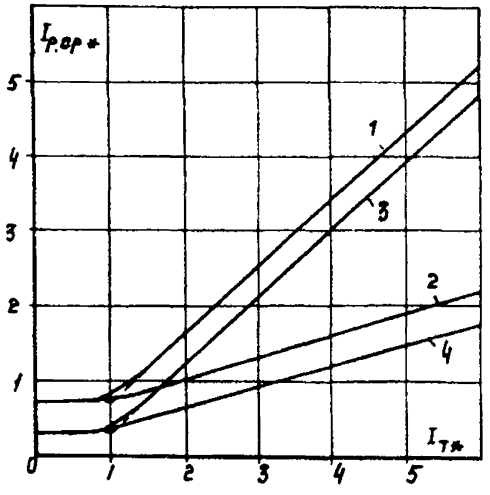

Рис.П.8. Тормозные характеристики реле при $I_{тож} = 1$: кривые 1,2 $I_{р.ср ж} = 0{,}7$; 1 - $K_т = 0{,}9$; 2 - $K_т = 0{,}3$; кривые 3,4 $I_{р.ср ж} = 0{,}3$; 3 - $K_т = 0{,}9$; 4 - $K_т = 0{,}3$

Коэффициент торможения $K_т$ определяется на прямолинейной части наклонного участка тормозной характеристики:

$$K_т = \frac{\Delta I_{р.ср*}}{\Delta I_{т*}}\ . \qquad (П.3)$$

Регулирование коэффициента торможения производится с помощью переменного резистора RI2.

Благодаря наличию стабилитронов Д8, Д9 в начальной части тормозных характеристик имеется горизонтальный участок. Он обеспечивает работу защиты без торможения при токах торможения, соответственно меньших $I_{н.отв}$ и $0,3I_{н.отв}$.

При $I_{т*} \geqslant 2$ ток срабатывания реле $I_{р.ср*}$ с достаточной для практических целей точностью можно определить из выражения:

$$I_{р.ср*} = I_{р0*} + K_т (I_{т*} - I_{т0*}), \qquad (III.4)$$

где $I_{р0*}$ – ток срабатывания реле при отсутствии торможения;

$I_{т0*}$ – горизонтальный участок тормозной характеристики, определяемый точкой пересечения горизонтального и наклонного прямолинейных участков характеристики при их продолжении.

При регулировании коэффициента торможения значение $I_{т0*}$ остается неизменным.

Для изменения значения $I_{т0*}$ предусмотрен переключатель П3, выведенный на лицевую панель МРЗД.С его помощью может быть установлено $I_{т0*} = I$ и $I_{т0*} = 0,6$.

В схеме тормозной цепи реле предусмотрены выводы Ш2/6а и Ш2/7а, позволяющие подключать одну или две приставки дополнительного торможения.

Первичные обмотки ТТ1 и ТТ2 позволяют выравнивать значение токов плеч защиты в диапазоне от 2,5 до 5А.

4.4. Схема реагирующего органа ЭІ дифференциального реле приведена на рис. III.9.

Релейный формирователь прямоугольных импульсов $Р_ф$ выполнен по схеме усилителя-ограничителя на транзисторе Т1.

В элемент выдержки времени на возврат $В_в$ входят зарядная цепь R 5-С1 и пороговый орган, выполненный на транзисторах Т2, Т3 и делителе напряжения R6, R7.

В элемент выдержки времени на срабатывание входят зарядная цепь R12-С2 и пороговый орган, выполненный на транзисторах Т4, Т5 и делителе напряжения R16, R17.

Регулирование тока срабатывания РФ и, следовательно, тока срабатывания защиты при отсутствии торможения производится с помощью резистора R 13 (см. рис. III.5 и III.6), подключенного к выводам I7 и I P0.

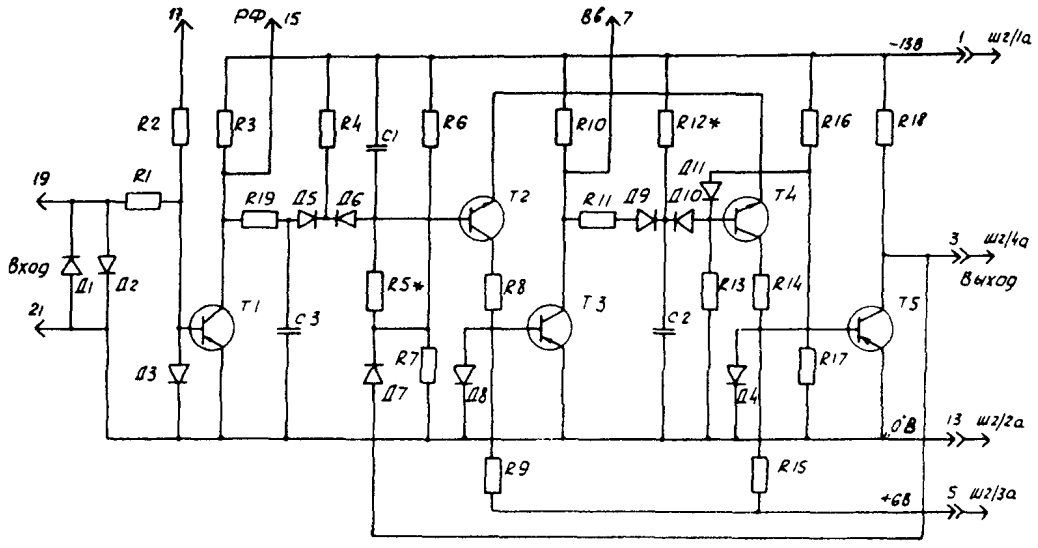

Рис. III.9. Принципиальная схема реагирующего органа:
* - значение параметра подбирается при настройке

Для получения релейной характеристики РО в его схему введена цепь положительной обратной связи, действующая на увеличение уставки элемента B_B. Увеличение уставки элемента B_B после срабатывания РО позволяет улучшить работу реле при токах КЗ с апериодической составляющей. В первом периоде после возникновения КЗ степень насыщения ТТ значительно меньше, чем во втором периоде, и длительность пауз на заданном уровне измерения также меньше. Поэтому РО, сработав в первом периоде, будет удерживаться в последующих благодаря увеличению уставки по длительности паузы.

Положительная обратная связь в РО осуществляется подключением диода Д7 между выходом РО и средней точкой делителя R 6, R 7. К этой же точке подключено зарядное сопротивление R 5 элемента B_B.

В нормальном режиме ток на входе РО равен нулю, транзистор Т1 открыт, конденсатор С1 заряжен, транзисторы Т2 и Т3 открыты, конденсатор С2 разряжен, транзисторы Т4 и Т5 открыты. Сигнал на выходе РО равен нулю. При появлении на входе РО синусоидального тока, выпрямленного по схеме двухполупериодного выпрямления и превышающего ток срабатывания РФ, транзистор Т1 начинает периодически закрываться и открываться. При закрывании транзистора Т1 конденсатор С1 разряжается через диод Д6 и резистор R4, транзисторы Т2 и Т3 закрываются и конденсатор С2 начинает заряжаться. При последующем открывании Т1 диод Д6 закрывается и конденсатор С1 заряжается через резистор R5. Если длительность открытого состояния транзистора Т1 (длительность пауз) велика, то конденсатор С1 успевает зарядиться до напряжения, равного опорному; транзисторы Т2 и Т3 открываются на время, достаточное для полного разряда конденсатора С2 (время разряда С2 составляет 0,25-0,75 мс). При этом транзисторы Т4 и Т5 остаются открытыми и сигнал на выходе РО равен нулю.

При увеличении тока на входе РФ до значения, превышающего ток срабатывания реле, длительность открытого состояния Т1 уменьшается и конденсатор С1 не успевает зарядиться до напряжения, равного опорному. В этом случае транзисторы Т2 и Т3 остаются закрытыми и конденсатор С2 заряжается до напряжения, достаточного для выхода транзисторов Т4 и Т5 из насыщения. При этом потенциал выхода РО снижается, диод Д7 закрывается и потенциал средней точки делителя R6, R7 снижается. Это приводит к увеличению времени

заряда конденсатора С1 до значения, при котором напряжение станет равным опорному, т.е. к изменению уставки элемента B_E. Поэтому транзистор Т2 продолжает оставаться закрытым (проявление релейности характеристики РО), а транзисторы Т4 и Т5 переходят в режим отсечки. На выходе РО появляется сигнал, равный 1.

В целях повышения помехоустойчивости реле при появлении ВЧ помехи в схеме РО применен конденсатор С3, создающий задержку на срабатывание РЭ около 0,4 мс.

5. Принципиальная схема модуля питания и управления защиты

Схема МПУ защиты ДЗТ-21 (см. рис. П1.5) содержит следующие основные узлы:

а) усилитель, выполненный на транзисторах Т1 и Т2;

б) параметрический стабилизатор питания, выполненный на стабилитронах Д1-Д5, диоде Д6-1 и резисторах R1-R4;

в) выходное реле защиты РП-222.

Усилитель имеет на входе схему "ИЛИ" на диодах Д1-Д3 и служит для связи выходов РО дифференциальных реле каждой фазы с промежуточным реле РП1 (геркон). Действие дифференциальных отсечек также предусмотрено через это промежуточное реле.

Контакт промежуточного реле РП1 находится в цепи обмотки выходного промежуточного реле РП2. Искрогасящий контур R6-С2 и диоды Д7-1, Д7-2 служат для улучшения условий коммутации герметизированного контакта.

В схеме параметрического стабилизатора питания стабилитроны Д1-Д3 и диод Д6-1 служат для некоторой компенсации разброса напряжений стабилизации стабилитронов Д4 и Д5 соответственно. Номинальные напряжения питания полупроводниковых цепей - 13В и +6В.

Диод Д6-2 служит для защиты полупроводниковых приборов от повреждения при подаче на МПУ напряжения обратной полярности.

Конденсатор С1 служит для предотвращения влияния помех по цепям питания на реагирующие органы реле.

В схеме МПУ защиты ДЗТ-21 предусмотрены вывод Ш1/9с, позволяющий подключать последовательно с обмоткой реле РП2 указательное реле РУ-21, и вывод Ш1/0, позволяющий при необходимости подключать дополнительное выходное промежуточное реле. Указанные реле устанавливаются вне комплекта защит. При номинальном напряжении 220 В должно подключаться реле РУ-21 с номинальным током

С,С15А, а при номинальном напряжении 110 В – реле РУ-21 с номинальным током С,С25А. Потребляемая мощность дополнительного промежуточного реле должна быть не более 8 Вт.

Для снятия напряжения питания с выходного промежуточного реле РП2 служит переключатель Н, выведенный на лицевую панель МПУ.

Схема МПУ защиты ДЗТ-23 (см. рис. П1.6) содержит:

а) три усилителя, выполненные на транзисторах Т1-Т3;

б) параметрический стабилизатор питания (такой же, как в схеме ДЗТ-21);

в) выходные цепи защиты.

Усилители через диоды Д1-Д3 соответственно связывают выходы РО дифференциальных реле каждой фазы с промежуточными реле РП1-РП3 (герконы). Действие дифференциальных отсечек также предусмотрено соответственно через эти промежуточные реле.

Контакты реле РП1/1-РП3/1 через диоды Д8-1, Д8-2, Д9-1 соответственно воздействуют на выходное промежуточное реле РП4. Искрогасящие контуры R6-C2, R 7-C3, R 8-C4 и диоды Д7-1, Д7-2 служат для улучшения условий коммутации герметизированных контактов.

В схеме МПУ защиты ДЗТ-23 предусмотрены вывод Ш1/9с, позволяющий подключить последовательно с обмоткой РП4 указательное реле РУ-21, и выводы Ш1/0 а, Ш1/4в, Ш1/5в для подключения внешних промежуточных реле.

Переключатель Н позволяет снимать напряжение питания с выходных цепей защиты.

Приложение 2

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЗАЩИТЫ ДЗТ-21 (ДЗТ-23)

I. Номинальные данные защиты, приставки дополнительного торможения и автотрансформаторов приведены в табл. П2.I.

Таблица П2.I

Параметр	Номинальные данные				
	ДЗТ-21	ДЗТ-23	ПТ-I	АТ-3I	АТ-32
Диапазон выравнивания токов, А	2,5-5	2,5-5	2,5-5	0,34-2,5	5-3I,3
Номинальный переменный ток, А	5	5	5	2,5	5
Номинальная частота, Гц	50	50	50	50	50
Напряжение питания, В	220/110	220	-	-	-

2. Сопротивление изоляции всех независимых цепей переменного и постоянного тока относительно корпуса и между собой в обесточенном состоянии защиты и приставки, а также сопротивление изоляции токоведущих частей автотрансформатора относительно корпуса при температуре окружающей среды 20 - $\pm 5^{\circ}$C - не менее I0 МОм.

3. Изоляция всех электрически не связанных цепей защиты и приставки относительно корпуса и между собой выдерживает в течение I мин без пробоя или перекрытия по поверхности испытательное напряжение I5ССВ переменного тока частоты 50 Гц. Изоляция токоведущих частей автотрансформатора относительно корпуса выдерживает в течение I мин без пробоя или перекрытия по поверхности испытательное напряжение I7ССВ переменного тока частоты 50 Гц.

4. Регулирование минимального тока срабатывания защиты (при отсутствии торможения) осуществляется в пределах от 0,3 до 0,7 номинального тока ответвления.

5. Тормозные характеристики защиты состоят из горизонтального и наклонного участков, соединенных плавным переходом (см. рис.II.6).

Длина горизонтального участка характеристики может ступенчато регулироваться в зависимости от положения накладки. Значения полусуммы тормозных токов в конце указанного участка соответственно составляют $0,6 I_{н.отв}$ и $I_{н.отв}$ с отклонениями не более ± 20%.

6. Коэффициент торможения регулируется в пределах 0,3÷0,9. Изменение коэффициента торможения при использовании одной из четырех цепей торможения не превышает ± 15%.

7. Отклонение коэффициента торможения от среднего значения при изменении угла сдвига между векторами дифференциального и тормозного токов на входе защиты от 0° до 180° – не более ± 10% (в качестве среднего значения коэффициента торможения принято среднее арифметическое между минимальным и максимальным значениями).

8. Коэффициент возврата защиты (чувствительного органа) – не менее 0,6.

9. Защита обеспечивает на минимальной уставке по току срабатывания ($0,3 I_{н.отв}$) отстройку от бросков намагничивающего тока с апериодической составляющей и амплитудой, превышающей амплитуду номинального тока ответвления не более чем в 6 раз.

10. Защита обеспечивает на минимальной уставке по току срабатывания ($0,3 I_{н.отв}$) отстройку от периодических токов включения с амплитудой, превышающей амплитуду номинального тока ответвления не более чем в два раза.

11. Изменения минимального тока срабатывания в рабочем диапазоне температур окружающего воздуха – не более ± 12% значений, измеренных при температуре 20 ± 5°C.

12. Изменение коэффициента торможения в рабочем диапазоне температур окружающего воздуха – не более ± 15% значений, измеренных при температуре 20 ± 5°C.

13. Время срабатывания при двукратном токе срабатывания и отсутствии торможения – не более 0,033 с без выходного реле и не более 0,045 с с выходным реле.

14. Коммутационная способность контактов выходного реле защиты в цепи постоянного тока с индуктивной нагрузкой и постоянной времени, не превышающей $5 \cdot 10^{-3}$ с, не менее 50 Вт при напряжении до 250В и токе до 2А.

I5. Число срабатываний защиты при условиях, указанных в п.I4, не менее I000.

I6. Защита ДЗТ-2I надежно срабатывает при напряжении постоянного тока от 80 до II0% номинального и при напряжении выпрямленного тока от 70 до I20% номинального.

Защита ДЗТ-23 надежно срабатывает при напряжении постоянного тока от 80 до II0% номинального.

I7. Каждой фазе защиты ДЗТ-23 соответствует на выходе реле на герконе, контакт которого допускает коммутацию активно-индуктивной цепи с постоянной времени не более $5 \cdot 10^{-3}$ с и мощностью не более 8 Вт при номинальном напряжении 220В постоянного тока.

I8. Схема входных цепей защиты обеспечивает выравнивание действия токов плеч дифференциальной цепи в диапазоне токов от 2,5 до 5А.

Погрешность выравнивания токов дифференциальной цепи защиты не превышает I0% (при выравнивании токов на двух сторонах).

Номинальные токи ответвлений от обмотки трансреактора приведены ниже:

Номер ответвления	I	2	3	4	5	6
Число витков	I2	I3	I4	I6	I9	23
Номинальный ток ответвления, А	5	4,6	4,25	3,63	3,0	2,5

Выравнивание действия токов плеч для любой тормозной цепи (в том числе и для приставки) обеспечивается в диапазоне токов от 2,5 до 5А.

Номинальные токи ответвлений от обмоток промежуточных трансформаторов тока и трансформаторов тока приставки приведены ниже:

Номер ответвления	I	2	3	4
Число витков	6	8	I0	I2
Минимальный ток ответвления, А	5	3,75	3,0	2,5

Принципиальная схема приставки дополнительного торможения ПТ-I приведена на рис. П2.I.

I9. Потребляемая мощность в цепях переменного тока защиты в нормальном и в аварийном режимах при одностороннем питании не превышает 2В·А на фазу при номинальном токе ответвления; потребляемая мощность защиты совместно с выравнивающим автотрансформатором тока в указанных режимах не превышает 5 В·А на фазу при номинальном токе ответвления для автотрансформатора АТ-3I и при первичном токе 5А для автотрансформатора АТ-32.

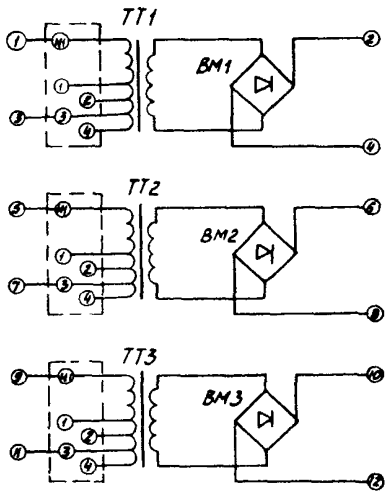

Рис. П2.I. Схема приставки дополнительного торможения ПТ-I

20. Потребляемая мощность в цепях постоянного тока защиты не превышает значений, приведенных в табл. П2.2 .

2I. Элементы защиты ДЗТ-2I, в нормальном режиме длительно обтекаемые током, выдерживают II0% номинального напряжения постоянного тока и I20% номинального напряжения выпрямленного тока.

Таблица П2.2

Режим работы	Потребляемая мощность, Вт		
	Защита ДЗТ-21		Защита ДЗТ-23
	$U_д$ = 220В	$U_н$ = 110В	
Нормальный	25	15	26
Срабатывание	33	23	35

Элементы защиты ДЗТ-23 длительно выдерживают 110% номинального напряжения постоянного тока. При этом превышение температуры обмоток над температурой окружающего воздуха не превосходит значений, допустимых для классов нагревостойкости, определяемых изоляцией аппаратов защиты и вспомогательных устройств. Превышение температуры примененных в защите и приставке изделий (конденсаторов, полупроводников и др.) над температурой окружающего воздуха в режиме, указанном выше, не более значений, максимально допустимых условиями на эти изделия.

22. Автотрансформаторы тока допускают длительное протекание тока $3I_{н.отв}$, но не менее 1,2 А и не более 10А.

Дифференциальные и тормозные цепи защиты, а также приставка выдерживают длительное протекание тока 10А на всех ответвлениях.

23. Односекундная термическая стойкость защиты, приставки и автотрансформаторов – не менее $40\,I_{н.отв}$, но не менее 20 А и не более 200 А.

24. Автотрансформатор тока АТ-31 обеспечивает выравнивание токов в диапазоне от 0,34 до 2,5 А с погрешностью не более 7%, автотрансформатор тока АТ-32 обеспечивает выравнивание токов в диапазоне от 5 до 31,3 А с погрешностью не более 7%.

25. Токовая погрешность автотрансформаторов тока не превышает 5% при 20-кратном токе ответвления и подключении цепей защиты ко вторичной обмотке автотрансформаторов тока.

Принципиальные схемы автотрансформаторов тока АТ-31, АТ-32 приведены на рис. П2.2.

Технические данные обмоток приведены ниже

Обмотки		W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10
АТ-3I	Число витков	66	6	6	6	30	36	54	72	96	II4
	Марка провода	ПСД-I,45					ПЭВ-2-I,0			ПЭВ-2-0,64	
АТ-32	Число витков	I6	4	5	7	9	II	I4	I9	7	8
	Марка провода	ПСД-I,95									

Сечение стали АТ-3I и АТ-32 - 20х40.

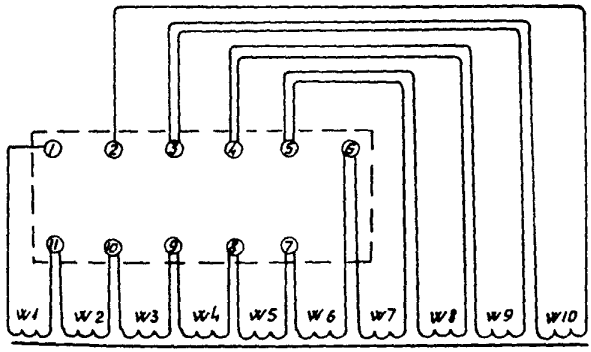

Рис. П2.2. Принципиальные схемы автотрансформаторов тока АТ-3I и АТ-32

Приложение 3

Минэнерго СССР _____

_____

Предприятие _____

_____

Объект _____

_____

Присоединение _____

_____

" " _____ 19__ г

ПРОТОКОЛ
проверки при новом включении дифференциальной защиты ДЗТ-21 (ДЗТ-23)

Обозначение по схеме _____

Место установки _____

1. Данные защиты и защищаемого объекта

1.1. Паспортные данные защиты

Тип	Переменный ток, А	Оперативное напряжение, В

1.2. Данные трансформатора (автотрансформатора)

Тип	Мощность, МВ·А			Напряжение, кВ			Номинальный ток, А		
	ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	ВН	СН	НН

1.3. Данные генератора

Тип	Мощность, МВт	Напряжение, кВ	Коэффициент мощности	Номинальный ток, А

I.4. Данные трансформаторов тока защиты

Обозначение по схеме	Тип	Место установки	Номинальный ток, А		Коэффициент трансформации	Схема соединений ТТ
			первичный	вторичный		

2. Уставка защиты

2.I. Параметры срабатывания

Сторона трансформатора (генератора)	Ток срабатывания (при отсутствии торможения)				Коэффициент торможения	Длина горизонтального участка характеристики (0,6÷1,0 I н.отв)
	отсечки		чувствительного органа			
	первичный	вторичный	первичный	вторичный		

2.2. Данные токовых цепей защиты

Сторона трансформатора (генератора)	Трансреактор		Тормозной трансформатор		
	Витки	Номер отвода	Обозначение по схеме	Витки	Номер отвода

Сторона трансформатора (генератора)	АТ-31				АТ-32			
	Сторона ТТ		Сторона реле		Сторона ТТ		Сторона реле	
	Витки	Зажимы	Витки	Зажимы	Витки	Зажимы	Витки	Зажимы

2.3. Дополнительные указания: _____

3. Проверка общего состояния устройств защиты

3.1. Произведен внешний, внутренний осмотры и ревизия устройств защиты

По результатам осмотров и механического регулирования состояние устройств защиты_ _ _ _

4. Проверка МПУ

4.I. Проверка стабилизатора питания

Напряжение питания на входе, В	Напряжение на диоде Д6-2,В	Стабилизированное напряжение на выходе, В	
		Ш2/2а-Ш2/Iа	Ш3/3а-Ш2/2а
0,8 U ном			
U ном			
I,I U ном			

В схеме стабилизатора зашунтированы _____

_____

_____

4.2. Проверка выходных цепей

4.2.I. Произведена проверка исправности диодов Д7-I,Д7-2

4.2.2. Произведена проверка исправности искрогасительных контуров.

4.2.3. Проверка выходных промежуточных реле

Реле	$U_{ср}$ В	$U_{возв}$ В	$t_{ср}$ мс
РП2 (РП4)			

4.3. Проверка усилителей

Усилители проверены в полной схеме защиты. Их исправность установлена по срабатыванию выходного реле защиты при переводе усилителей в режим срабатывания.

5. Проверка автотрансформаторов тока

5.I. *Проверка коэффициента трансформации на всех ответвлениях*

Автотрансформатор	Фаза	Ток, измеренный на зажимах автотрансформаторов тока, А									
		I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	I-I0	I-II
АТ-3 ____ стороны ____кВ	A										
	B										
	C										
АТ-3 ____ стороны ____кВ	A										
	B										
	C										
АТ-3 ____ стороны ____ кВ	A										
	B										
	C										
АТ-3 ____ стороны ____ кВ	A										
	B										
	C										

Примечание. При проверке АТ-3I I_{I-II} = 2,5 А; АТ-32 I_{I-2} = 5А.

5.2. Проверка коэффициента трансформации на рабочих ответвлениях

Автотрансформатор	Фаза	Зажимы рабочих ответвлений АТ	Ток подводимый к зажимам АТ со стороны ТТ, А	$I_{н.отв}$ А	$K_{тт}$	$I_{макс.з}$ А	$I_{отв}$	$K_{тт}$	Расхождение коэффициента трансформации, %
		при номинальном токе ответвления				при максимальном токе защиты со стороны ТТ			
АТ-3 _____ стороны _____кВ	A								
	B								
	C								
АТ-3 _____ стороны _____кВ	A								
	B								
	C								
АТ-3 _____ стороны _____кВ	A								
	B								
	C								
АТ-3 _____ стороны _____кВ	A								
	B								
	C								

6. Проверка приставки дополнительного торможения в полной схеме

Приставки	Трансформатор приставки	Напряжение на RI модуля МРЗД при подаче тока в первичную обмотку, В, ответвления			
		I	2	3	4
		при токе проверки, А			
		5	3,75	3,0	2,5
1ПТ-I	ТТ-I				
	ТТ-2				
	ТТ-3				
2ПТ-I	ТТ-I				
	ТТ-2				
	ТТ-3				

7. Проверка модулей 1МРЗД-3МРЗД

7.I. Проверка трансреактора

Модуль реле	Обмотка трансреактора	Напряжение на вторичных обмотках при подаче тока в первичную обмотку, В, ответвления					
		I	2	3	4	5	6
		при токе проверки, А					
		5	4,6	4,25	3,63	3,0	2,5
I МРЗД	Н2-К2						
	Н3-К3						
2 МРЗД	Н2-К2						
	Н3-К3						
3 МРЗД	Н2-К2						
	Н3-К3						

7.2. Проверка промежуточных трансформаторов

Модуль реле	Трансформатор модуля реле	Напряжение на RI, В, ответвления			
		I	2	3	4
		при токе проверки, А			
		5	3,75	3,0	2,5
IMPЗД	TT-I				
	TT-2				
2MPЗД	TT-I				
	TT-2				
3MPЗД	TT-I				
	TT-2				

7.3. Проверка фильтра второй гармонической составляющей

Модуль реле	Ответвление дросселя	Ток проверки на входе фильтра, мА	Частота настройки фильтра по осциллографу, Гц	Ток на выходе фильтра, мА	Амплитудное значение напряжения на стабилитронах Д15-Д16, В
IMPЗД					
2MPЗД					
3MPЗД					

Форма кривой напряжения на стабилитронах симметрична и имеет двустороннее ограничение по амплитуде.

7.4. Проверка реагирующего органа

7.4.1. Проверка выдержки времени элемента $В_в$

Модуль реле	Время, мс		Отношение $\frac{t_п}{t_и}$
	импульса $t_и$	паузы $t_п$	
1МРЗД			
2МРЗД			
3МРЗД			

7.4.2. Проверка выдержки времени элемента $В_{ср}$

Модуль реле	Время срабатывания, мс		
	МПУ	элемента $В_{ср}$ и МПУ (совместное)	элемента $В_{ср}$
1МРЗД			
2МРЗД			
3МРЗД			

7.5. Проверка чувствительного органа

7.5.1. Проверка диапазона регулирования тока срабатывания при отсутствии торможения

Модуль реле	Номер ответвления Тр	Номинальный ток ответвления, А	Токи срабатывания			
			минимальный		максимальный	
			$I_{р.ср.}$ А	$I_{р.срж}$	$I_{р.ср}$ А	$I_{р.срж}$
1МРЗД						
2МРЗД						
3МРЗД						

7.5.2. Проверка параметров срабатывания чувствительного органа реле на рабочем ответвлении стороны _____кВ.

Модуль реле	Рабочее ответвление	Параметры срабатывания чувствительного органа				
		$I_{р.ср}$ A	$I_{р.ср*}$	$I_{р.в}$ A	$K_в$	$U_{р.ср}$ B
1МРЗД						
2МРЗД						
3МРЗД						

7.6. Проверка дифференциальной отсечки

7.6.1. Проверка настройки заданных токов срабатывания на рабочем ответвлении стороны _____кВ.

Положение переключателя Н2 _____

Модуль реле	Рабочее ответвление	Параметры дифференциальной отсечки					
		$I'_{ср.отс}$ A	$I'_{ср.отс*}$	$I_{ср.отс}$ A	$I_{ср.отс*}$	$I_{в}$ A	$K_в$
1МРЗД							
2МРЗД							
3МРЗД							

Примечание. $I'_{ср.отс} = n_{АТ} \cdot I_{ср.отс}$; $I'_{ср.отс*} = \frac{I'_{ср.отс}}{I_{н.прис}}$

7.6.2. Проверка времени действия

Модуль	Время действия, мс	
	при $I = 1{,}1\ I_{ср.отс}$ = _____ A	при $I = 2 I_{ср.отс}$ = _____ A
1МРЗД		
2МРЗД		
3МРЗД		

7.7. Проверка тормозных характеристик

Положение переключателя НЗ_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

Тормозной ток подан в последовательно включенные трансформаторы торможения _

_____ _

При этом на тормозных трансформаторах использованы следующие ответвления: ТТ1 _____ТТ2_____ПТ-I_____

Рабочий ток подан в ответвление _____Тр

7.7.I. Проверка диапазона регулирования коэффициента торможения реле

Модуль реле	Тормозной ток		Токи срабатывания				Коэффициент торможения $K_т$	
			при минимальном $K_т$		при максимальном $K_т$			
	$I_{тж}$	$I_т$ А	$I_{р.ср}$ А	$I_{р.ср}$ ж	$I_{р.ср}$ А	$I_{р.ср}$ ж	минимальный	максимальный
1МРЗД	4							
	5							
2МРЗД	4							
	5							
3МРЗД	4							
	5							

7.7.2. Проверка тормозных характеристик

1МРЗД

$I_{т\,ж}$	С	2	3	4	5
$I_{т}$ А	С				
$I_{р.ср}$ А					
$I_{р.ср}$ *					

$K_{т}$ = _____ $I_{то ж}$ = _____

2МРЗД

$I_{т}$ *	0	2	3	4	5
$I_{т}$ А	0				
$I_{р.ср}$ А					
$I_{р.ср}$ *					

$K_{т}$ = _____ $I_{то ж}$ = _____

3МРЗД

$I_{т_{ж}}$	0	2	3	4	5
$I_{т}$ А					
$I_{р.ср}$ А					
$I_{р.ср_{ж}}$					

$K_{т}$ = _____ $I_{то ж}$ = _____

Проверку производил _____

8. Комплексная проверка

8.1. Проверка токов срабатывания чувствительного органа и дифференциальной отсечки реле в полной схеме защиты

Сторона присоединения, кВ	Модуль реле	Параметры срабатывания чувствительного органа				
		$I'_{р.ср}$, А	$I'_{р.ср*}$	$I_{р.ср}$, А	$I_{р.ср*}$	Время действия чувствительного органа при двукратном токе, мс
	1МРЗД 2МРЗД 3МРЗД					
	1МРЗД 2МРЗД 3МРЗД					
	1МРЗД 2МРЗД 3МРЗД					
	1МРЗД 2МРЗД 3МРЗД					

Примечание. $I'_{р.ср}=n_{АТ}I_{р.ср}$; $I'_{р.ср*}=\dfrac{I_{р.ср}}{I_{н.прис}}$.

8.2. Проверка защиты в полной схеме присоединения

При номинальном напряжении оперативного тока произведено опробование взаимодействия защиты с другими устройствами РЗА защищаемого присоединения.

Действие защиты опробовано на _____

_____

Установлено нормальное действие цепей защиты в полном соответствии с исполнительной схемой, чертежом _____

_____

9. Проверка защиты под нагрузкой при токе _____А на стороне _____кВ.

9.1. Проверка отстройки от бросков тока включения

При _____кратном включении на напряжение _____кВ выходное реле защиты РТ2 (и дополнительные) оставалось неподвижным.

9.2. Снятие векторной диаграммы токов

При снятии векторной диаграммы токов цепи напряжения подавались со стороны _____кВ.

Обозначение ТТ стороны присоединения	Фаза	Токи в цепях защиты	
		Значение тока, А	Угол, град.
	A		
	B		
	C		
	0		
	A		
	B		
	C		
	0		
	A		
	B		
	C		
	0		
	A		
	B		
	C		
	0		

9.3. Проверка выравнивания ампер-витков трансформаторов реле

Исключены токи стороны присоединения, кВ	Снят испытательный блок	Модуль реле	Напряжение на рабочей обмотке Тр (зажимы К4/1в-К4/2в)
		1МРЗД	
		2МРЗД	
		3МРЗД	
		1МРЗД	
		2МРЗД	
		3МРЗД	
		1МРЗД	
		2МРЗД	
		3МРЗД	
		1МРЗД	
		2МРЗД	
		3МРЗД	

9.4. Проверка напряжения небаланса на вторичной обмотке трансреактора ТР в полной схеме

Модуль	Напряжение небаланса, В
1МРЗД	
2МРЗД	
3МРЗД	

9.5. Произведен перед включением окончательный осмотр реле, удалены временные перемычки, прокладки и установлены по заданию все переключатели защиты.

10. Заключение: _____

_____

_____

_____

Проверку производили _____

Руководитель работ _____

Приложение 4

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАЩИТЫ ДЗТ-21, ДЗТ-23

1. Комплектное устройство для проверки релейной аппаратуры и защиты - У5052, УПЗ-1, УПС-62 и др. (желательно два устройства).
2. Генератор звуковой частоты - Г3-33, ЗГ-10, Г3-56/1, Г3-109 и др.
3. Осциллограф электронный - С1-49, С1-67 и др.
4. Частотомер электронный - 43-32, 43-33, 43-35 и др.
5. Вольтамперфазометр - ВАФ-55.
6. Усилительная приставка к вольтамперфазометру.
7. Вольметр - В7-15, В3-39, Ф-4381 и др.
8. Миллисекундомер - Ф-209, Ф-738, ЭМС-54 и др.
9. Вольтамперметр - М253, М2018 и др.
10. Милливольтмикроамперметр - М1200.
11. Комбинированный прибор - Ц-4311, Ц-4312, Ф 431/1 и др.
12. Мегаомметр на 1000В - М 4100/4 и др.
13. Мост постоянного тока - ММВ, Р333 и др.

Приложение 5

ИЗМЕНЕНИЕ ДИАПАЗОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКОВ СРАБАТЫВАНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ТОРМОЖЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЛЕ ЗАЩИТЫ ДЗТ-21, ДЗТ-23

С помощью автотрансформаторов тока может быть изменен диапазон регулирования уставок по току срабатывания и коэффициенту торможения реле защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23. Для этого к ответвлениям трансреактора или тормозного трансформатора следует подвести ток, превышающий номинальный ток ответвления.

При этом ток срабатывания и коэффициент торможения реле уменьшаются соответственно выражениям (П5.1) и (П5.2):

$$I''_{р.ср} = \frac{I_{р.ср}}{K_{1р}} = \frac{I_{р.ср}}{I_{2н}/n_{АТ}\, I_{н.отв.тр}}; \qquad (П5.1)$$

$$K''_{т} = \frac{K_{т}}{K_{1р}} = \frac{K_{т}}{I_{2н}/n_{АТ}\, I_{н.отв.тр}}, \qquad (П5.2)$$

где $I''_{р.ср}$ и $K''_{т}$ – действительные значения тока срабатывания и коэффициента торможения реле;

$I_{р.ср.}$ и $K_{т}$ – уставки по току срабатывания и коэффициенту торможения;

$K_{1р}$ – коэффициент, равный отношению тока трансреактора к номинальному току его ответвления;

$I_{2н}$ – номинальный вторичный ток данной стороны присоединения.

При подводе к ответвлению тормозного трансформатора тока, превышающего номинальный ток ответвления, ток начала торможения уменьшается в соответствии с выражением (П5.3), а коэффициент торможения увеличивается в соответствии с выражением (П5.4):

$$I''_{то} = \frac{I_{то}}{K_{1т}} = \frac{I_{то}}{I_{2н}/n_{АТ}\, I_{н.отв.тт}}; \qquad (П5.3)$$

$$K''_{т} = K_{т}\, K_{1т} = K_{т}\, \frac{I_{2н}}{n_{АТ}\, I_{н.отв.тт}}, \qquad (П5.4)$$

где $I''_{то}$ - действительное значение тока начала торможения;
$I_{то}$ - уставка по току начала торможения;
$K_{1т}$ - коэффициент, равный отношению тока тормозного трансформатора к номинальному току его ответвления.

При подводе повышенного значения тока одновременно к ответвлениям трансреактора и тормозного трансформатора коэффициент торможения реле изменяется в соответствии с выражением (для одной стороны торможения);

$$K''_т = K_т \frac{K_{1т}}{K_{1р}} = K_т \frac{I_{н.отв.тр}}{I_{н.отв.тт}}. \qquad (П5.5)$$

Исходя из термической стойкости обмоток трансреактора и тормозных трансформаторов (10А) при использовании ответвлений их обмоток с $I_{н.отв}$ = 2,5 А можно максимально снизить ток срабатывания реле в четыре раза, а коэффициент торможения соответственно увеличить в четыре раза.

Из выражения (П5.5) следует, что одновременно снизить ток срабатывания реле и увеличить коэффициент торможения в одинаковое число раз невозможно.

Примеры тормозных характеристик реле, построенных в соответствии с выражениями (П5.1) - (П5.5), приведены на рис. П5.1.

При расчете уставок защиты ДЗТ-21 (ДЗТ-23) необходимо учитывать возможность изменения диапазона регулирования уставок реле с помощью автотрансформаторов тока.

В случае изменения диапазона регулирования уставок реле следует указывать действительные значения тока срабатывания и коэффициент торможения или те их значения, которые следует установить на реле при подведении к нему номинальных значений рабочего и тормозного токов.

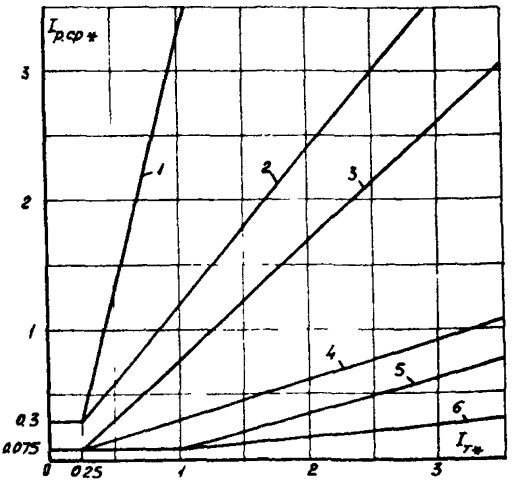

Рис.П5.I.Тормозные характеристики реле ДЗТ-2I (ДЗТ-23) при изменении диапазона регулирования уставок ($I_{ро*}$ = 0,8; $I_{то*}$ = I):

кривые I,2 - $I_{р.ср} = I_{р.ср*}$; $I_т = 4I_{т*}$;
I - $K'_т$ = 3,6: 2 - $K'_т$ = I,2;
кривые 3,4 - $I_{р.ср} = 4I_{р.ср*}$ $I_т = 4I_{т*}$;
3 - $K'_т$ = 0,9; 4 - $K'_т$ = 0,3;
кривые 5,6 - $I_{с.ср} = 4I_{р.ср*}$; $I_т = I_{т*}$;
5 - $K'_т$ = 0,225; 6 - $K'_т$ = 0,075

Приложение 6

МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ ОТСТРОЙКИ ЗАЩИТЫ ДЗТ-2I, ДЗТ-23 ОТ АПЕРИОДИЧЕСКИХ И ПЕРИОДИЧЕСКИХ ТОКОВ ВКЛЮЧЕНИЯ

Обычно при наладке и техническом обслуживании производить проверку отстройки защиты ДЗТ-2I, ДЗТ-23 от бросков намагничивающего тока силовых трансформаторов и от периодических токов включения не требуется.

Однако в процессе эксплуатации защиты может возникнуть необходимость в такой проверке.

Проверка отстройки защиты от бросков намагничивающего тока с апериодической составляющей производится при подаче на вход защиты (последовательно включены рабочая цепь и тормозная цепь одного из плеч защиты) синусоидального тока, выпрямленного по схеме однополупериодного выпрямления без сглаживания (рис. П6.I).

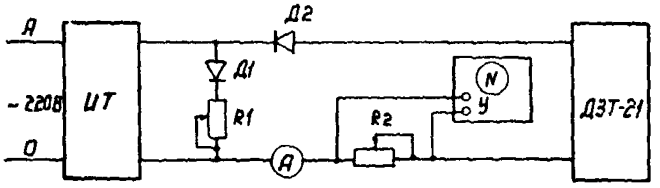

Рис.П6.I. Схема проверки отстройки защиты от бросков намагничивающего тока с апериодической составляющей:

ИТ - регулируемый источник синусоидального тока;
Д1, Д2 - полупроводниковые диоды
($I_{пр.ср} \geq$ 10 А, $U_{обр} \geq$ 400 В);
R1, R2 - резисторы (R ≥ 7 Ом; $I \geq$ 5А);
А - амперметр магнитоэлектрической системы

В качестве диодов Д1, Д2 могут быть использованы диоды Д246А. Форма кривой тока на входе защиты контролируется с помощью электронного осциллографа и должна соответствовать рис. П.I,*а*. Выравнивание ширины основания импульса и паузы производится реостатом R1. Контроль амплитуды намагничивающего тока производится по амперметру постоянного тока магнитоэлектрической системы (например, М 2018), измеряющему среднее значение тока.

При этом амплитуда намагничивающего тока определяется по выражению

$$I_{бр.макс} = n I_{ср}, \qquad (П6.I)$$

где $I_{ср}$ - показания амперметра.

В целях ограничения значения тока, подаваемого на защиту через диод Д1, проверку целесообразно производить при использовании ответвлений трансреактора и тормозных трансформаторов с наименьшим номинальным током.

Заводом-изготовителем гарантируется на минимальной уставке по току срабатывания ($0{,}3\, I_{н.отв}$) отстройка от бросков намагничивающего тока с апериодической составляющей и амплитудой, превы-

шающей амплитуду номинального тока ответвления до шести раз.

Проверка отстройки защиты от периодических токов включения производится по схеме рис. П6.2. Форма кривой тока, подаваемого на последовательно включенные рабочую и тормозную цепи одного из плеч защиты, должна соответствовать рис. П.1,б. Длительность паузы в токе измеряется электронным осциллографом и должна быть в интервале 3,3-6,6 мс. Изменение длительности указанной паузы в процессе испытаний производится с помощью фазорегулятора. Выравнивание значений амплитуд положительной и отрицательной полуволн тока производится с помощью реостатов R1 и R2.

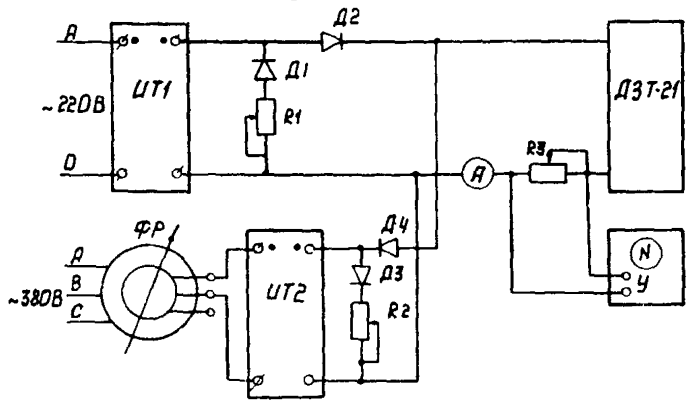

Рис. П6.2. Схема проверки отстройки защиты от периодических токов включения при плавном изменении длительности паузы в токе:

ИТ1, ИТ2 - регулируемые источники синусоидального тока; Д1-Д4 - полупроводниковые диоды ($I_{пр.ср} \geqslant 10$ А, $U_{обр} \geqslant 400$ В); R1-R3 - резисторы ($R \geqslant 7$ Ом; $I \geqslant 5$А);

А - амперметр электромагнитной системы; ФР - фазорегулятор ($S \geqslant 500$ В·А; $U = 380/220$ В)

Заводом-изготовителем гарантируется на минимальной уставке по току срабатывания отстройка от периодических токов включения с амплитудой, превышающей амплитуду номинального тока ответвления до двух раз. Однако в заводской инструкции не указывается, какой должна быть при этом минимальная длительность паузы в токе включения.

В заводской инструкции по калибровке, испытанию и регулированию защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23 предписывается проверять ее отстрой-

ку от периодических токов включения с длительностью паузы в токе 3,3 мс.

Форма кривой периодического тока, имеющего указанную длительность паузы в токе, может быть получена и без применения фазорегулятора. В этом случае питание ИТ2 должно осуществляться от источника напряжения $U_{В-О}$, причем фазы А и В должны подключаться на разнополярные зажимы регулировочных устройств (рис. П6.2 и П6.3).

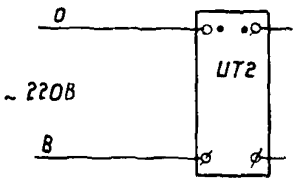

Рис. П6.3. Схема включения ИТ2 при проверке отстройки защиты от периодических токов включения с длительностью пауз в токе 3,3 мс

Контроль амплитуды периодического тока включения производится по амперметру, реагирующему на действующее значение тока. При этом амплитуда тока определяется из выражения

$$I_{бр.макс} = 1{,}5\,I, \qquad (П6.2)$$

где I - показания амперметра.

Увеличение тока на входе защиты должно производиться плавно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриенко А.М. Дифференциальная защита трансформаторов и автотрансформаторов. Электричество, 1975, № 2, с 1-9.
2. Указания по организации работ на панелях и в цепях устройств релейной защиты, электроавтоматики (системной и противоаварийной), управления и сигнализации на электрических станциях и подстанциях. М.: СПО Союзтехэнерго, 1977.
3. Решение № Э-6/79 "О введении в действие Правил технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и линий электропередачи 35-330 кВ". М.: СПО Союзтехэнерго, 1979.

О Г Л А В Л Е Н И Е

I. Общие положения 3
2. Меры безопасности 4
3. Внешний осмотр и проверка изоляции 5
3.I. Подготовительные работы 5
3.2. Осмотр и ревизия устройств защиты 5
3.3. Проверка изоляции 6
4. Проверка модуля питания управления 7
4.I. Проверка стабилизатора питания 7
4.2. Проверка выходных цепей 8
4.3. Проверка усилителей I0
5. Проверка автотрансформаторов тока II
5.I. Проверка коэффициента трансформации АТ . . . II
5.2. Проверка коэффициента трансформации на рабочих ответвлениях I2
6. Проверка МРЗД и приставок дополнительного торможения I2
6.I. Условия проверки I2
6.2. Проверка трансреактора I3
6.3. Проверка промежуточных трансформаторов . . . I3
6.4. Проверка приставок дополнительного торможения I4
6.5. Проверка настройки фильтра второй гармонической составляющей I4
6.6. Проверка стабилитронов Д15, Д16 . . . . . I6
6.7. Проверка реагирующего органа I7
6.8. Проверка чувствительного органа реле 20
6.9. Регулирование тока срабатывания отсечки . . . 23
6.I0. Определение времени срабатывания отсечки . . 24
6.II. Регулирование коэффициента торможения . . . 25
6.I2. Определение тормозной характеристики . . . 27
7. Комплексная проверка защиты 28
7.I. Условия и порядок проведения проверки . . . 28
8. Проверка защиты в полной схеме присоединения . . . 30
8.I. Опробование защиты 30
9. Проверка защиты рабочим током 30
9.I. Предварительная проверка защиты 30
9.2. Проверка токовых цепей защиты 3I

9.3. Проверка выравнивания ампер-витков трансреакторов реле 32
10. Подготовка защиты к вводу в работу 32
10.1. Окончательный осмотр и выполнение записей. . . 32
11. Указания по эксплуатации защиты 33
11.1. Проверка электрических характеристик 33
11.2. Указания оперативному персоналу 35
Приложение 1. Описание защиты 36
1. Принцип действия 36
2. Структурная схема 38
3. Устройство защиты 40
4. Принципиальная схема дифференциального реле защиты 41
5. Принципиальная схема модуля питания и управления защиты 48
Приложение 2. Технические данные защиты ДЗТ-21 (ДЗТ-23) 50
Приложение 3. Протокол проверки при новом включении дифференциальной защиты ДЗТ-21 (ДЗТ-23) 56
Приложение 4. Перечень приборов и устройств, необходимых для технического обслуживания защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23 72
Приложение 5. Изменение диапазона регулирования токов срабатывания и коэффициентов торможения дифференциальных реле защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23 73
Приложение 6. Методика проверки отстройки защиты ДЗТ-21, ДЗТ-23 от апериодических и периодических токов включения 75
Список использованной литературы 78

Ответственный редактор И.Л.Левина
Литературный редактор А.А.Шиканян
Технический редактор Н.Т.Леонтьева
Корректор В.И.Шахнович

Л 88840 Подписано к печати 21.12.81 Формат 60x84 1/16
Печ.л. 5,0 (усл.печ.л. 4,65) Уч.-изд.л. 4,4 Тираж 3800 экз.
Заказ № 446/81 Издат № 201/81 Цена 66 коп.

Производственная служба передового опыта и информации Союзтехэнерго
105023, Москва, Семеновский пер., д. 15

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
117292, Москва, ул.Ивана Бабушкина,д.23,корп.2

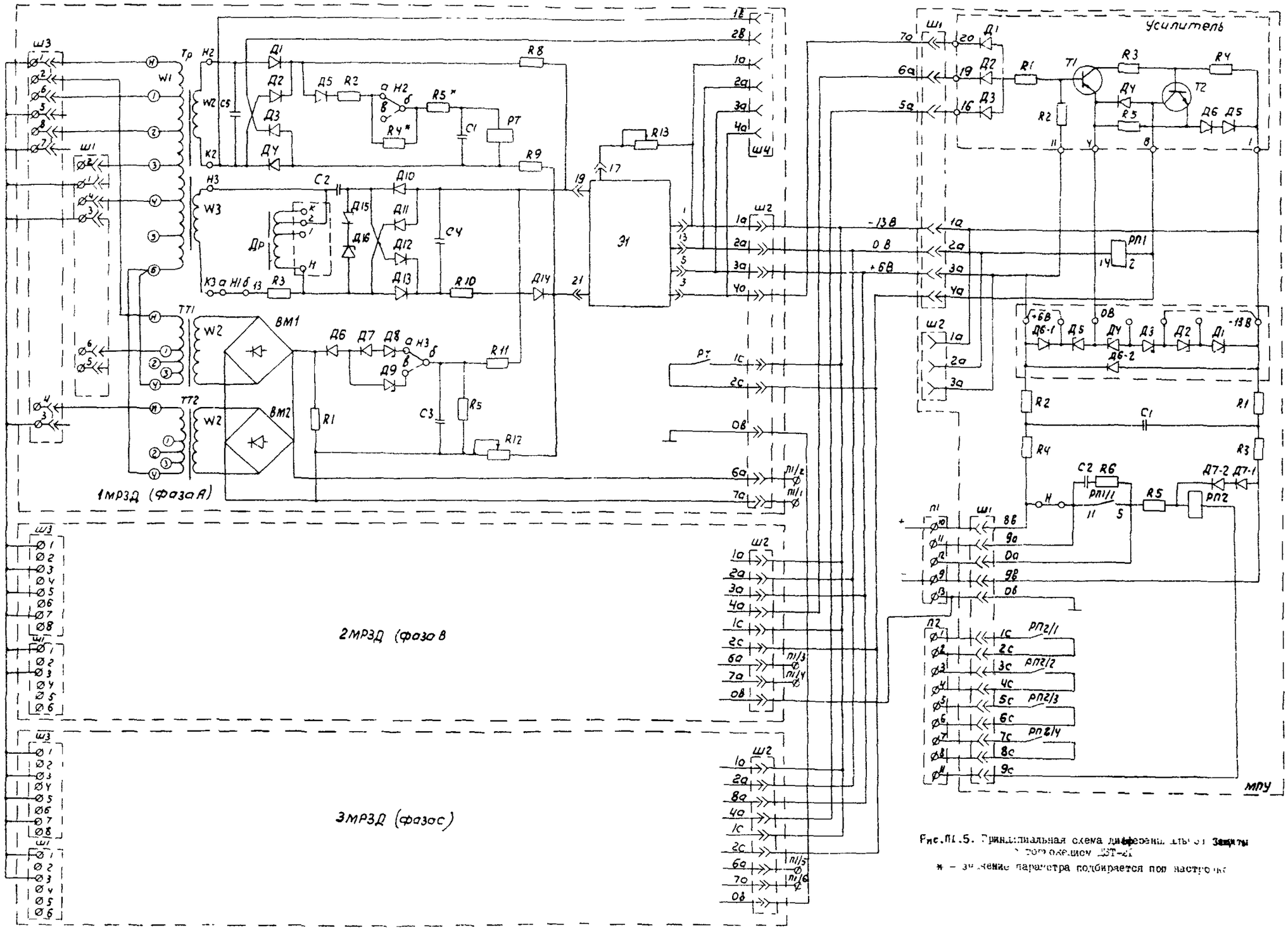

Рис.П1.5. Принципиальная схема дифференциальной защиты с торможением ДЗТ-21

* – значение параметра подбирается при настройке

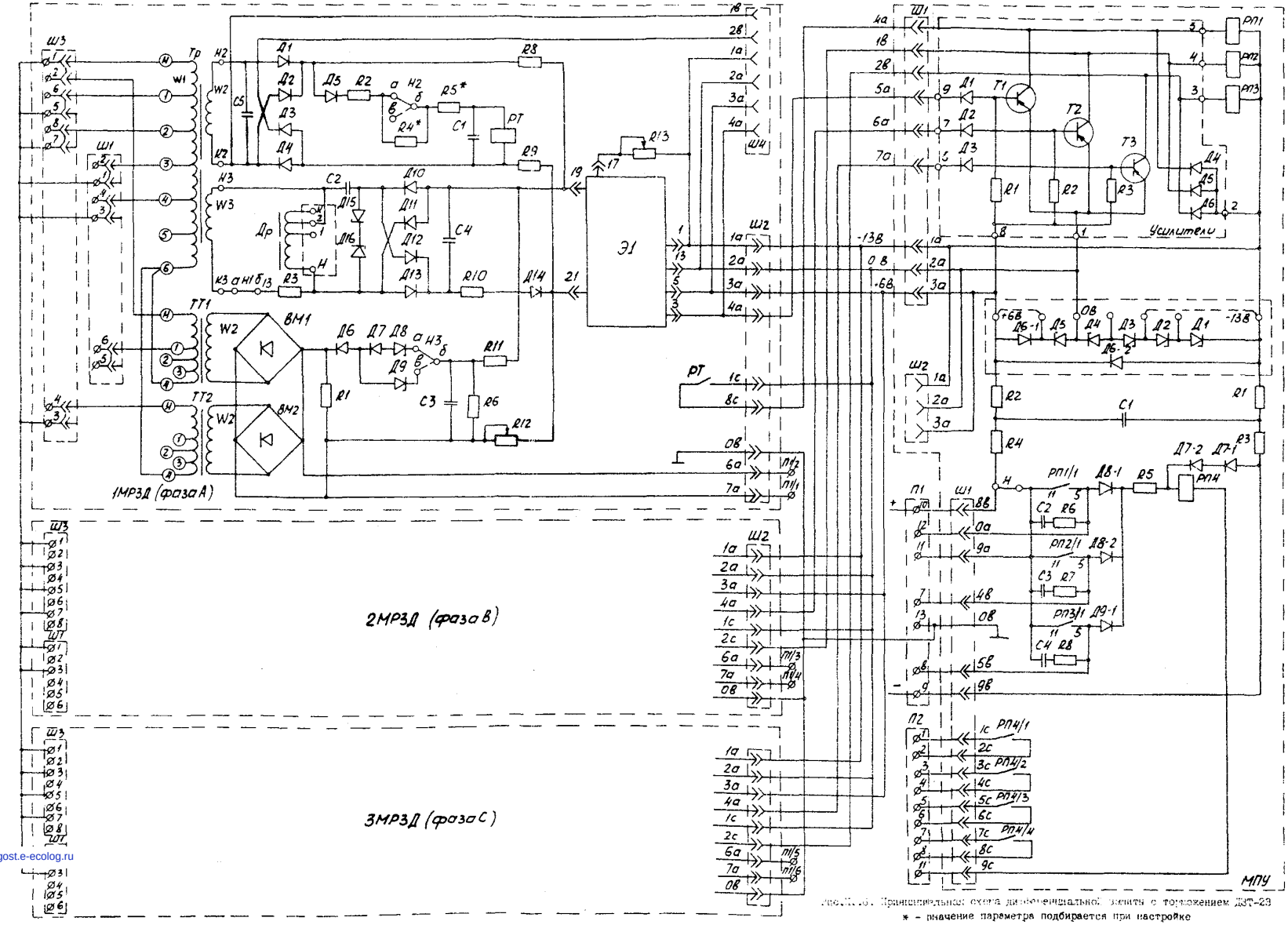

Рис.П.3. Принципиальная схема дифференциальной защиты с торможением ДЗТ-23

* - значение параметра подбирается при настройке

gost.e-ecolog.ru