



Дорохина Татьяна Николаевна — ведущий инженер службы релейной защиты и автоматики ОАО «Кубаньэнерго». Соавтор двух практических пособий: «Схемы АПВ в электрических сетях: использование емкостного отбора напряжения» и «Основы эксплуатации релейной защиты и автоматики».



Зайцев Борис Сергеевич — заместитель директора по инжинирингу НПП «Динамика», предприятия по разработке и производству испытательного оборудования для релейной защиты и автоматики, известного под маркой РЕТОМ.



Щукин Сергей Владимирович — ведущий специалист отдела программных средств НПП «Динамика».



Шалимов Александр Станиславович — ведущий инженер НПП «Селект».



Т.Н. ДОРОХИНА, Б.С. ЗАЙЦЕВ, С.В. ЩУКИН, А.С. ШАЛИМОВ

Проверка панели ЭПЗ-1636 с помощью прибора РЕТОМ-51(61)



Оборудование серии РЕТОМ

Более 20 лет НПП «Динамика» является лидером в России по разработке, производству и продаже современных испытательных устройств для проверки различного энергооборудования в электроэнергетике, нефтегазовой отрасли, на железнодорожном транспорте и энергоёмких промышленных предприятиях.

Продукция предприятия – испытательное оборудование серии РЕТОМ. Все устройства, выпускаемые НПП «Динамика», органично дополняя друг друга, позволяют проверить практически всю гамму первичного и



Комплексы программно-технические измерительные РЕТОМ-51 и РЕТОМ-61

предназначены для проверки характеристик срабатывания и параметров настройки электро-механических, полупроводниковых, микропроцессорных реле и панелей/шкафов релейной защиты в режимах реальных повреждений.



Устройство испытательное РЕТОМ-61850

предназначено для полноценного тестирования устройств РЗА, поддерживающих стандарт МЭК 61850. Работает как в автономном режиме, так и совместно с испытательным прибором РЕТОМ-61(51).



Испытательный комплекс РЕТОМ-21

предназначен для испытания первичного и вторичного электрооборудования при вводе его в работу и в процессе эксплуатации на предприятиях электроэнергетики, нефтегазовой отрасли, железнодорожном транспорте, энергохозяйстве промышленных предприятий.



Вольтамперфазометр РЕТОМЕТР-М2

предназначен для специалистов служб релейной защиты и автоматики энергопредприятий, служб главного энергетика промышленных предприятий и других специалистов в электроэнергетике, нефтегазовой отрасли и на дистанциях электроснабжения железных дорог.



Испытательный комплекс РЕТОМ-ВЧ

предназначен для проверки ВЧ аппаратуры каналов РЗ, аппаратуры для приёма и передачи телекоманд РЗ и ПА (АКА-Кедр, УПК-Ц, АНКА-АВПА, АКПА-В, ВЧТО-М), фильтров присоединения, разделительных фильтров, ВЧ заградителей с элементами настройки и других составляющих ВЧ тракта. Комплекс незаменим для специалистов в области релейной защиты, противоаварийной автоматики и связи в электроэнергетике.



Микромиллиомметр РЕТОМ-МОМ

сочетает в себе функции двух приборов – микроомметра и миллиомметра. Благодаря этому с помощью одного лишь РЕТОМ-МОМ вы можете измерить широкий спектр сопротивлений: от контактов автоматов до обмоток силовых трансформаторов с большой индуктивностью.



Комплекс РЕТОМ-30кА

предназначен для проверки автоматических выключателей переменного тока с электромагнитными, тепловыми и, что особенно важно, электронными расцепителями, а также токовых трансформаторов первичным током. Комплекс мобилен, многофункционален, позволяет проверить широкий спектр оборудования благодаря своим уникальным характеристикам

Т.Н. Дорохина, Б.С. Зайцев, С.В. Щукин, А.С. Шалимов

Проверка панели ЭПЗ-1636
с помощью прибора
РЕТОМ-51(61)



Москва
Машиностроение
2012

УДК 621.316.925
ББК 31.27-005
Д69

*Библиотека электромонтера
Основана в 1959 г.*

Дорохина Т.Н., Зайцев Б.С., Щукин С.В., Шалимов А.С.

Д69 Проверка панели ЭПЗ-1636 с помощью прибора РЕТОМ-51(61) / Т.Н. Дорохина, Б.С. Зайцев, С.В. Щукин, А.С. Шалимов. — М.: Машиностроение, 2012. — 268 с.: ил. — (Библиотека электромонтера).

ISBN 978-5-94275-687-1

Приведены описание панелей типа ЭПЗ-1636 и методика их технического обслуживания с помощью испытательных устройств серии РЕТОМ. Не предназначено для замены заводской информации, а служит дополнением к ним.

Предназначено для работников служб РЗА и наладочных организаций, занятых эксплуатацией и наладкой устройств РЗА линий электропередачи и распределительных устройств. Рассчитано на персонал, освоивший методы наладки и ведения эксплуатационных проверок испытательными установками различного типа и начинающий осваивать методы проверки панели устройствами серии РЕТОМ. Может представлять интерес для студентов электротехнических специальностей при изучении курса «Релейная защита».

УДК 621.316.925
ББК 31.27-005

ISBN 978-5-94275-687-1

© Авторы, 2012
© ООО Издательство «Машиностроение», 2012

Предисловие

Первые устройства для проверки аппаратуры релейной защиты и автоматики (РЗА) энергосистем появились вместе с самой аппаратурой РЗА еще в начале XX столетия. Еще в 1901 г. для защиты первых линий были разработаны индукционные реле тока [15], а начиная с 1910 г. начали применяться токовые направленные защиты. К тому же времени относятся попытки выполнения дистанционных реле, завершившиеся выпуском в начале 20-х годов дистанционных защит (ДЗ) [15].

Если первоначально для проверки любой релейной аппаратуры было достаточно простого регулятора напряжения и регулируемого источника тока, то с усложнением аппаратуры релейной защиты появились новые требования и к проверочной аппаратуре. Существенный прорыв в этом направлении произошел с появлением переносных комплектных устройств промышленного исполнения, позволяющих проверять защиты с фазозависимыми характеристиками.

Первое из известных авторам устройств — УПС-69. В 70-х годах XX века Киевским заводом «Точэлектроприбор» выпускались комплектные переносные испытательные устройства УПЗ-1 и УПЗ-2, разработанные ОРГРЭС. Затем в начале 80-х годов взамен устройства УПЗ-2 завод начал выпускать комплектные переносные установки У5053 и ЭУ5000, наиболее полно отвечающие требованиям, предъявленным к диагностике защит того времени.

В начале 90-х годов научно-производственное предприятие «Динамика» начало выпуск первого прибора для проверки устройств РЗА — РЕТОМ-31. Этот прибор был создан не как замена продук-

ции завода «Точэлектроприбор», а как дополнение, так как их возможностей уже не хватало для полноценной проверки только что появившихся микропроцессорных защит. В это время в силу ряда причин возникли проблемы с поставкой из Украины в Россию установок У5053 и ЭУ5000, а затем было прекращено и их производство.

Таким образом, одним из первых предприятий, начавших устранять образовавшийся дефицит, стало НПП «Динамика». Здесь были разработаны новые приборы, которые обеспечили эквивалентную замену продукции завода «Точэлектроприбор» — более мощные устройства РЕТОМ-41 и РЕТОМ-41М, а затем и еще более multifunctional современные диагностические системы РЕТОМ-51, РЕТОМ-61 и РЕТОМ-61850.

На сегодняшний день семейство аппаратуры серии РЕТОМ — это комплексы РЕТОМ-51(61), РЕТОМ-21, РЕТОМ-ВЧм; РЕТОМ-30КА; РЕТ-МОМ и другие приборы, позволяющие выполнять наладку и проверку всего первичного и вторичного оборудования РЗА, находящегося в эксплуатации в России.

Первые компьютеризированные диагностические системы производства НПП «Динамика» несколько опередили свое время, так как они были ориентированы на микропроцессорные устройства РЗА, которые в то время еще не имели широкого распространения. Кроме этого, у большинства работников служб РЗА не было навыков работы с компьютером, поэтому параллельно с внедрением новой техники приходилось еще и обучать потребителей работе на ней. В это время только самые передовые специалисты могли разобраться в этой сложной технике и помочь разработчикам РЕТОМов в совершенствовании аппаратуры и программного обеспечения.

На сегодняшний день в эксплуатации находятся огромное количество микропроцессорных устройства РЗА и тысячи приборов серии РЕТОМ разной модификации. Соответственно и взаимодействие между разработчиками и пользователями стало более интенсивным, а аудитория более широкой. Настоящая книга является результатом такого взаимодействия между релейщиками старшего поколения и разработчиками аппаратуры серии РЕТОМ.

В процессе разработки программно-аппаратного комплекса для выполнения наладки и проверки устройств релейной защиты

и автоматики РЕТОМ-51(61), авторам книги пришлось решать ряд сложных вопросов по конкретному выполнению отдельных проверок этих устройств. По итогам проведенной работы возникло желание помочь специалистам освоить новые методы ведения проверок различных устройств РЗА.

Авторы не планировали в данной книге привести полное описание принципов действия панели ЭПЗ-1636, так как эти вопросы достаточно подробно освещены в [17] и [18]. В книге дается только тот объем информации, который необходим для понимания работы алгоритмов программ и принципов выполняемых проверок. В основе этих алгоритмов лежит заводская документация, нормативные и директивные документы, а также принципы, проверенные практической работой и дополненные новыми возможностями прибора. Объемы работ при различных видах технического обслуживания устройств РЗА приведены на основании [2].

Все проверки можно выполнять двумя способами: используя базовый (стандартный) комплект программ, поставляемый с приборами бесплатно, или применяя специально написанную для этого программу автоматической проверки, что облегчает сам процесс и уменьшает время проведения проверки. В книге подробно рассматривается последний вариант.

Основная цель данной книги — объяснение общих принципов работы с оборудованием серии РЕТОМ-51(61) используя в качестве примера достаточно распространенную панель ЭПЗ-1636, так как в ней имеется широкий спектр различных реле.

Авторы надеются, что настоящее пособие внесет свой вклад в дело повышения уровня квалификации специалистов, занятых в области наладки и эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики.

Предложения и замечания присылайте на электронную почту: dynamics@chtt.ru и doroeg@mail.ru

Авторы

Панель ЭПЗ-1636

1.1. Общие вопросы

Во многих случаях токовые защиты, даже с блокировкой по напряжению, не обеспечивают быстрого селективного отключения при междуфазных коротких замыканиях (КЗ) в защищаемой зоне. Это связано с тем, что предельные токи нагрузки некоторых присоединений могут оказаться сопоставимыми с токами КЗ, что часто встречается на магистральных линиях электропередачи. Токи и напряжения на шинах подстанций, удаленных от источника питания, могут существенно различаться в зависимости от режима нагрузки. Положение еще более осложняется, если линии работают по кольцевой схеме. В таком случае и токи КЗ могут существенно различаться в зависимости от конфигурации сети.

Во всех этих режимах практически неизменным остается значение сопротивления участка линии до места КЗ, которое и используется в дистанционных защитах для определения места повреждения линии. В качестве измерительного органа дистанционной защиты используется реле сопротивления, которое отличает КЗ от нагрузочного режима по значению сопротивления нагрузки как функции тока, напряжению и углу между ними в месте установки защиты.

Довольно сложным в этих условиях оказывается построение защиты от замыкания на землю. Дело в том, что каждый трансформатор с заземленной нейтралью в защищаемой сети является

источником тока нулевой последовательности, а это усложняет обеспечение селективности работы защиты.

В настоящее время для защиты линий электропередачи напряжением 110—220 кВ чаще всего используются комбинированные панели защит типа ЭПЗ-1636 на электромеханической элементной базе. Эти защиты включают в себя комплект дистанционной защиты от междуфазных замыканий и комплект токовой направленной защиты от замыканий на землю. Для защиты линий более высокого напряжения чаще применяются отдельные панели дистанционной защиты ДЗ-503 на электромеханической элементной базе или полупроводниковые защиты ПДЭ-2003 в комплекте с токовыми защитами от замыканий на землю.

В 80-х годах XX века появились полупроводниковые комплектные защиты ШДЭ-2801, ШДЭ-2802, обладающие лучшими характеристиками по сравнению с защитами ЭПЗ-1636. Но по ряду причин, они не получили широкого распространения.

Начиная с 2005 г., начали активно внедряться микропроцессорные защиты. Вначале по принципу действия они повторяли общепринятые решения, используемые в электромеханических и полупроводниковых защитах. В последствии, особенно с внедрением стандарта МЭК 61850, они развились в очень сложную и многофункциональную систему РЗА, которая обладает большими эксплуатационными преимуществами по сравнению со старыми системами.

1.2. Назначение и составные части панели ЭПЗ-1636

Комбинированные панели защиты типов ЭПЗ-1636-67/1 и ЭПЗ-1636-67/2, именуемые в настоящем параграфе термином «защита», предназначены для применения либо в качестве единственной защиты от всех видов коротких замыканий линий электропередачи напряжением 110—220 кВ, осуществляющей одновременно и дальней резервирование, либо в качестве резервной, осуществляющей ближнее и дальней резервирование.

Кроме трехступенчатой дистанционной защиты от междуфазных замыканий защита ЭПЗ-1636 включает в себя токовую отсечку

и четырехступенчатую направленную максимальную токовую защиту от замыканий на землю (или токовую направленную защиту нулевой последовательности). В состав защиты, кроме того, входят устройство блокировки при качаниях или пусковой орган, реагирующий на появление напряжения (КРБ-125) либо тока (КРБ-126) обратной последовательности, а также орган блокировки при неисправности цепей напряжения, реле ускорения и токовые реле УРОВ.

Защиты ЭПЗ-1636-67/1 и ЭПЗ-1636-67/2, кроме того, различаются типом блокирующего устройства. Первая включает устройство КРБ-125, вторая — КРБ-126.

В настоящее время в эксплуатации находятся защиты типов ЭПЗ-1636 двух основных модификаций, отличающихся по типу реагирующего органа реле сопротивления:

- с магнитоэлектрическими реле;
- с полупроводниковыми нуль-индикаторами.

В связи с тем, что завод-изготовитель не делает различий в обозначении этих модификации, будем в дальнейшем именовать защиты с магнитоэлектрическими реле защитами I поколения, а защиты с нуль-индикаторами — защитами II поколения. В дальнейшем методика проверки, нумерация клемм, испытательных блоков и другие обозначения даны для защит II поколения выпуска 1992 г. и позже. В некоторых случаях приводится методика проверки раздельно для защит I и II поколений.

Защиты II поколения разделены на два независимых комплекса. *Первый комплекс* включает двухступенчатую дистанционную (I и II зоны) и дистанционную защиту на базе комплекта ДЗ-2, IV ступень защиты от замыканий на землю, комплект блокировки при качаниях и орган блокировки при неисправности цепей напряжения. *Второй комплекс* состоит из токовой отсечки, трехступенчатой токовой направленной защиты от замыканий на землю и III зоны дистанционной защиты на базе комплекта КРС-1.

1.3. Краткое описание принципа работы реле сопротивления

Реле сопротивления (РС) — основной элемент дистанционной защиты, который измеряет сопротивление участка линии до места КЗ.

Сопротивление \underline{Z} — комплексная величина. Ее вектор может быть изображен в комплексной плоскости в осях R , jX . По вещественной оси откладываются активные сопротивления, по мнимой — реактивные. В этом случае полное сопротивление определяется по выражению

$$\underline{Z} = R + jX. \quad (1.1)$$

Модуль, или абсолютное значение сопротивления, определяется по формуле:

$$|\underline{Z}| = \sqrt{R^2 + X^2}. \quad (1.2)$$

Угол направления вектора, определяющий угол с осью вещественных значений, равен:

$$\varphi = \arctg \frac{X}{R}. \quad (1.3)$$

Если вектор тока расположить на вещественной оси, векторы сопротивлений и соответствующих им напряжений образуют подобные треугольники (рис. 1.1).

В тех случаях, когда сопротивления всех участков линии имеют одинаковый угол, их геометрическое место точек изображается на комплексной плоскости отрезком прямой, повернутой относительно оси R на угол φ . На рис. 1.2 этот отрезок совпадает с вектором $\underline{Z}_к$. Начало отрезка находится в начале координат. Сам отрезок размещается в I квадранте комплексной плоскости, координаты R и $+jX$ положительные. С точки зрения релейной защиты в III квадранте (отрицательные координаты) могут размещаться шины подстанции или прилегающих линий.

Если бы параметры короткого замыкания строго соответствовали сопротивлению линии, идеальной защитой была бы та, характеристика которой также имела бы форму прямой линии. В реальных

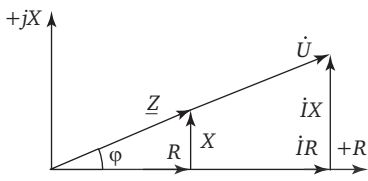


Рис. 1.1. Векторы сопротивлений и напряжений в комплексной плоскости

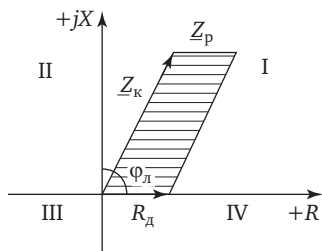


Рис. 1.2. Определение реальной характеристики сопротивления короткого замыкания (Z_k — сопротивление линии от места установки защиты до места КЗ, R_d — сопротивление дуги; Z_p — реальное сопротивление КЗ)

условиях существенное влияние на ток КЗ оказывает переходное сопротивление в месте возникновения замыкания, в первую очередь — сопротивление дуги. На рис. 1.2 приведена реальная характеристика сопротивления КЗ. Сопротивление участка линии до места КЗ с учетом максимального переходного сопротивления определяется вектором Z_p .

Сопротивление дуги может изменяться от нуля до некоторого предельного значения. Общее сопротивление короткого замыкания может находиться в заштрихованной области (рис. 1.2). Характеристика защиты при этом должна иметь форму параллелограмма или трапеции. Это довольно сложное техническое решение. Оно реализовано в полупроводниковых и микропроцессорных защитах.

В защитах ЭПЗ-1636 применена характеристика дистанционных органов в форме окружности или эллипса, которая достаточно проста и хорошо согласуется с приведенной на рис. 1.2 характеристикой. Основными параметрами этой характеристики являются сопротивление уставки и угол максимальной чувствительности. Угол максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч}$ — это угол между током и напряжением при максимальном значении сопротивления срабатывания. Максимальное значение сопротивления срабатывания и является сопротивлением уставки.

Круговая характеристика срабатывания реле сопротивления в комплексной плоскости Z изображена на рис.1.3.

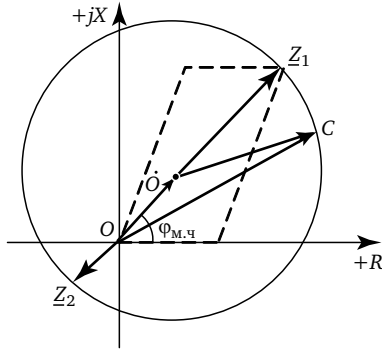


Рис. 1.3. Круговая характеристика

Рассмотрим треугольник векторов с вершинами в начале координат, в центре круга и в произвольной точке на окружности. Диаметр, проходящий через начало координат, пересекает окружность в точках Z_1 и Z_2 . Каждому из отрезков соответствует вектор. Обозначим их следующим образом:

$OZ_1 — Z_1$; $OZ_2 — Z_2$; $OO_1 — O$; $O_1C — R$ (радиус окружности);
 $OC — Z_{cp}$ (величина, соответствующая срабатыванию реле).

Значение Z_1 соответствует уставке реле, а угол между вектором Z_1 и осью абсцисс $R —$ углу максимальной чувствительности.

При этом получаем отношения:

$$R = \frac{Z_1 - Z_2}{2}; \quad (1.4)$$

$$O = \frac{Z_1 + Z_2}{2}; \quad (1.5)$$

$$Z_{cp} = O + R. \quad (1.6)$$

Из этого следует:

$$Z_{cp} = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{Z_1 - Z_2}{2}. \quad (1.7)$$

Если равны векторы, равны и их модули:

$$\left| \underline{Z}_{\text{cp}} - \frac{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}{2} \right| = \left| \frac{\underline{Z}_1 - \underline{Z}_2}{2} \right|. \quad (1.8)$$

Частные случаи размещения окружности — окружность с центром в начале координат ($\underline{Z}_1 = \underline{Z}_2$) и окружность, проходящая через начало координат ($\underline{Z}_2 = 0$) описываются выражениями:

$$|\underline{Z}_{\text{cp}}| = |\underline{Z}_1|; \quad (1.9)$$

$$\left| \underline{Z}_{\text{cp}} - \frac{\underline{Z}_1}{2} \right| = \left| \frac{\underline{Z}_1}{2} \right|. \quad (1.10)$$

Рассмотрим характеристику, реализующую выражение (1.9).

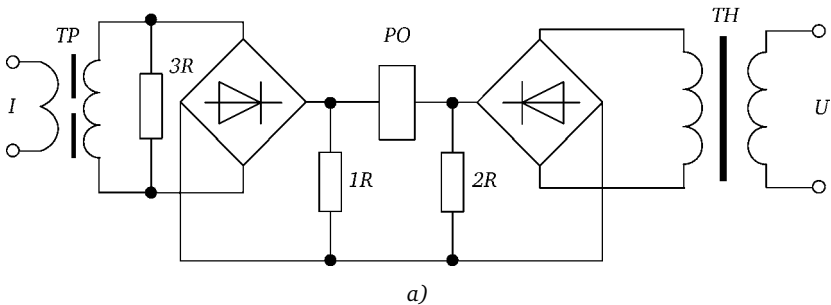
Если величину \underline{Z}_1 выразить как $\underline{Z}_1 = 2k_T/k_H$, а $\underline{Z}_{\text{cp}}$ — как $\underline{Z}_{\text{cp}} = \dot{U}/\dot{I}$, то после некоторых преобразований получаем выражение, которое реализуется схемой, приведенной на рис. 1.4, а:

$$|\dot{U}k_H| = |\dot{I}k_T|, \quad (1.11)$$

где \dot{I} — первичный ток, подведенный к реле сопротивления; \dot{U} — первичное напряжение, подведенное к реле сопротивления; k_T — отношение ЭДС на вторичной обмотке трансреактора к его первичному току; k_H — отношение ЭДС на вторичной обмотке трансформатора напряжения к его первичному напряжению.

Реле сопротивления выполняется на основе схемы сравнения на равновесие абсолютных значений напряжений входных величин.

Напряжение $k_T \dot{I}$ вводится в рабочий контур реле сопротивления и после выпрямления создает в реагирующем органе ток, действующий на срабатывание (рабочий ток). Напряжение $k_H \dot{U}$ вводится



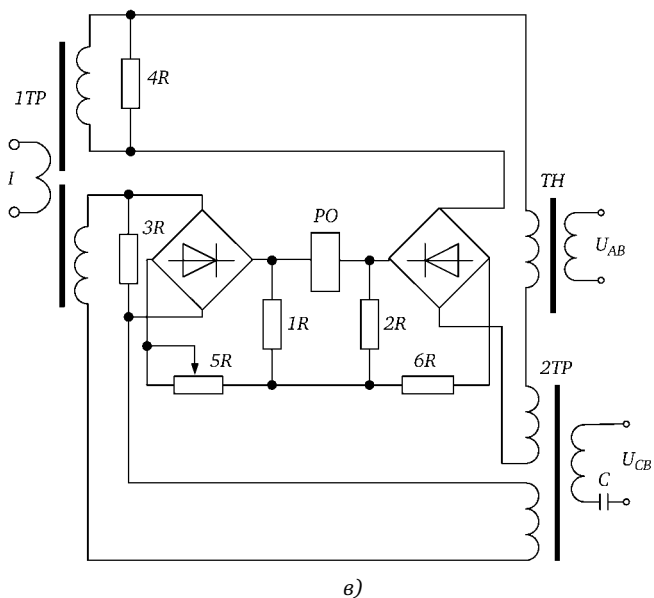
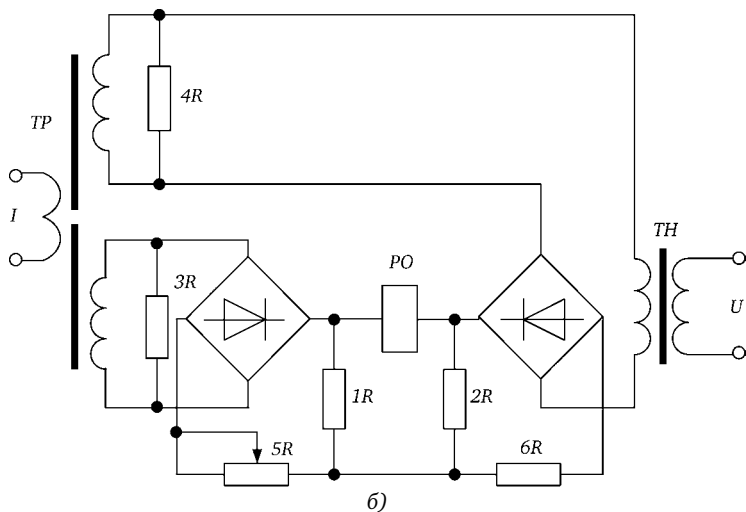


Рис. 1.4. Схемы, реализующие различные варианты реле сопротивления:
 а — круговая характеристика с центром в начале координат; б — круговая характеристика, проходящая через начало координат (схема без контура подпитки);
 в — круговая характеристика, проходящая через начало координат (схема с контуром подпитки)

в тормозной контур и после выпрямления создает в реагирующем органе ток, действующий на возврат (тормозной ток).

Характеристика в виде окружности с центром в начале координат используется сравнительно редко и применяется в схемах защит линий 35 кВ и шинносоединительных выключателей 110—220 кВ.

Аналогичным преобразованием выражения (1.10) для характеристики, проходящей через начало координат, получаем:

$$|\dot{U}k_{\text{н}} - \dot{I}k_{\text{т}}| = |\dot{I}k_{\text{т}}|. \quad (1.12)$$

Эта характеристика реализуется схемой, приведенной на рис. 1.4, б. В тормозной контур вводится напряжение $k_{\text{н}}\dot{U} = k_{\text{т}}\dot{I}$.

В большинстве источников это выражение приводится в следующем виде:

$$I_{\text{р}} = k \left\{ |k_{\text{т}}\dot{I}| - |k_{\text{н}}\dot{U} - k_{\text{т}}\dot{I}| \right\}, \quad (1.13)$$

где $I_{\text{р}}$ — ток в реагирующем органе; k — коэффициент пропорциональности, определяемый параметрами схемы.

Реле сопротивления, выполненные в соответствии с выражением (1.12), не имеют четкой направленности действия. Из-за неполного равенства токов в рабочем и тормозном контурах при напряжениях, близких к нулю, характеристика или охватывает начало координат (смещена в III квадрант), или имеет «мертвую» зону (смещена в I квадрант). Оба случая недопустимы, так как в первом отсутствует направленность реле сопротивления при КЗ

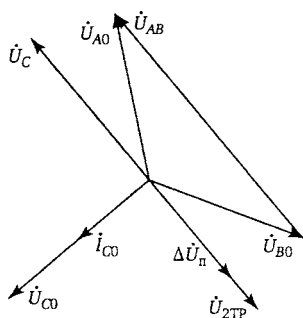


Рис. 1.5. Векторная диаграмма реле сопротивления с подпиткой

за спиной, а во втором возможен отказ защиты при близких КЗ в защищаемой зоне. Для исключения этого явления реле сопротивления комплекта ДЗ-2 дополнительно подпиткой от цепей напряжения третьей неповрежденной фазы (рис. 1.4, в). Напряжение подпитки повернуто на 90° относительно своего фазного напряжения и вектор его параллелен вектору напряжения основных фаз, подведенных к реле (рис. 1.5). При этом уравнение реле сопротивления принимает вид

$$I_p = k \left\{ \left| k_T \dot{I} + \Delta \dot{U}_\Pi \right| - \left| k_H \dot{U} - k_T \dot{I} + \Delta \dot{U}_\Pi \right| \right\}. \quad (1.14)$$

где $\Delta \dot{U}_\Pi$ — напряжение подпитки.

При достаточно больших значениях напряжения на основных фазах характеристика, соответствующая выражению (1.14), практически не отличается от окружности, так как напряжение подпитки добавляется в оба контура реле сопротивления и совпадает с напряжением $k_H \dot{U}$. При близких коротких замыканиях, когда напряжение подпитки существенно превышает основное напряжение, выражение принимает вид:

$$\left| k_T \dot{I} + \Delta \dot{U}_\Pi \right| = \left| \Delta \dot{U}_\Pi - k_T \dot{I} \right|. \quad (1.15)$$

Выражение (1.15) является характеристикой реле направления мощности, линия максимальных моментов которого совпадает с углом максимальной чувствительности рассматриваемого реле сопротивления. Это обеспечивает гарантированную направленность защиты в различных режимах повреждения линии.

При близких трехфазных КЗ реле сопротивления работает «по памяти» за счет резонанса в контуре подпитки.

Выражение (1.15) реализуется схемой реле сопротивления комплекта защиты ДЗ-2, входящего в состав защиты ЭПЗ-1636.

Схема реле сопротивления комплекта ДЗ-2 приведена на рис. 1.6.

Рабочий контур реле образован одной из вторичных обмоток трансреактора $1TP$, нагруженной резисторами $11R$ или $12R$, регулируемый резистором $13R$, выпрямительным мостом $1BM$ и вторичной обмоткой трансформатора подпитки $2TP$. Нагрузкой контура является резистор $14R$. Тормозной контур образован второй вторичной обмоткой $1TP$, которая нагружена на резисторы $9R$ или $10R$, вторичной обмоткой трансформатора напряжения $1TN$, вторичной обмоткой трансформатора $2TP$ и выпрямительным мостом $2BM$. Нагрузка контура — резистор $15R$. Реле сопротивления используется для двух зон защиты. Это обеспечивается двумя наборами отпаек вторичной обмотки $1TN$, переключение между которыми выполняется контактами реле $1PP$, подключаемыми через контакты разъема $1Ш/2а$, $1Ш/3а$, $1Ш/4а$. К исполнительному органу, которым является магнитоэлектрическое реле в защитах I поко-

ления или полупроводниковый нуль-индикатор в защитах II поколения, подводится разность напряжений на резисторах $14R$ и $15R$, которые, в свою очередь, равны:

$$U_{14R} = k \left\{ \left| k_T \dot{I} \right| \right\}; \quad (1.16)$$

$$U_{15R} = k \left\{ \left| k_H \dot{U} - k_T \dot{I} \right| \right\}. \quad (1.17)$$

Трансреактор $1TP$ совместно с резисторами $9R$ — $12R$ поворачивает вектор тока на входе защиты для получения необходимого угла максимальной чувствительности. Резисторы с меньшим сопротивлением ($9R$, $11R$) обеспечивают угол максимальной чувствительности 65° , с большим сопротивлением ($10R$, $12R$) — 80° . Напряжение подпитки от третьей фазы подается через трансформатор $2TP$. Первичная обмотка этого трансформатора совместно с конденсатором $6C$ образует резонансный контур, выполняющий поворот вектора напряжения на 90° и обеспечивающий работу защиты «по памяти».

Реле сопротивления комплекта КРС-1 выполнено на этих же принципах, но имеет некоторые отличия. Так как оно не предназначено для работы при близких КЗ, в его схеме не предусмотрен контур подпитки. Уставка его срабатывания может быть близка к сопротивлению нагрузки, что требует выполнения дополнительных условий, препятствующих ложному срабатыванию в нагрузочном режиме. Эти условия могут быть выполнены применением эллиптической характеристики вместо круговой (рис. 1.7).

Сопротивление нагрузки Z_H , как правило, имеет преимущественно активный характер в отличие от сопротивления линии Z_L , которое чаще всего является индуктивным. Если линия сильно нагружена, ее нагрузка может попасть в зону срабатывания реле с круговой характеристикой. Если же характеристику реле выполнить в виде эллипса, нагрузка линии в зону срабатывания защиты не попадает.

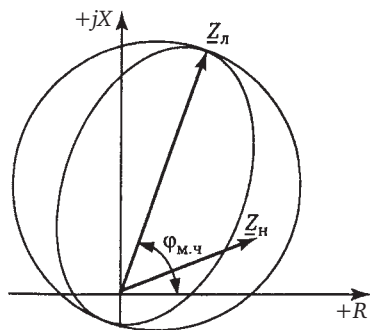


Рис. 1.7. Характеристика реле сопротивления КРС-1

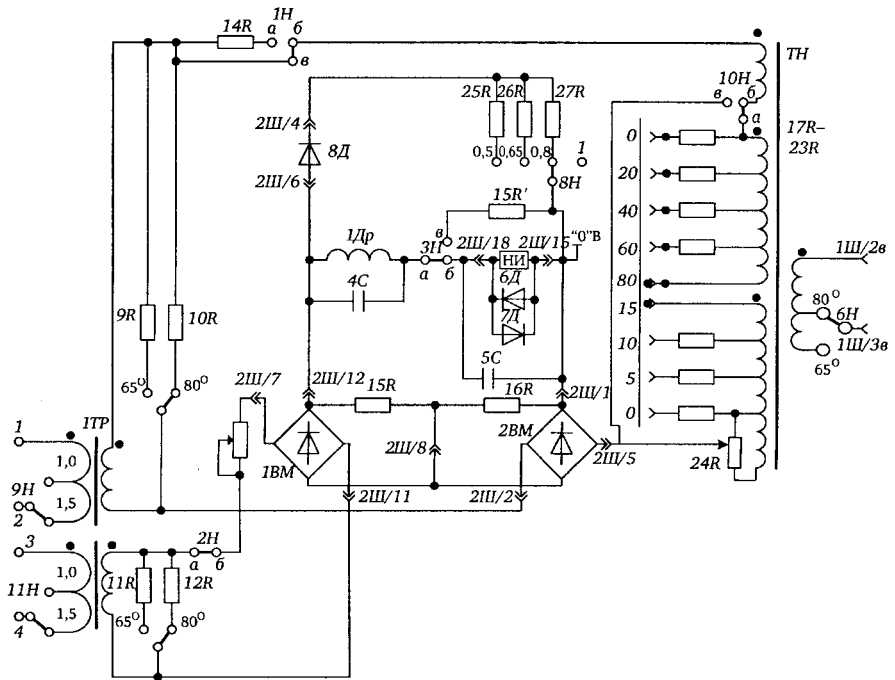


Рис. 1.8. Схема реле сопротивления комплекта КРС-1 (защита II поколения)

Реле, позволяющие получить эллиптическую характеристику, отличаются от обычных следующими особенностями:

- использованием переменной составляющей выпрямленного тока;
- применением нуля-индикатора с замедлением.

Схема реле с эллиптической характеристикой приведена на рис. 1.8.

Для получения характеристики в форме эллипса используется цепочка с диодом 8Д, включенная параллельно цепи фильтр — реагирующий орган. Диод открывается от входного сигнала рабочего значения. Это приводит к срезанию уровня положительной полуволны 2-й гармоники и уменьшению рабочего сигнала, что, в свою очередь, обеспечивает сжатие характеристики реле в направлении, перпендикулярном к линии максимальной чувствительности. Из-

менение соотношений осей эллипса достигается включением последовательно с диодом 8Д резисторов 25R—27R. Для уменьшения вибрации реагирующего органа параллельно нуль-индикатору включается конденсатор 5С.

Более подробное описание работы реле КРС-1 приведено в [13 и 17].

Для сравнения напряжений или токов в рабочем и тормозном контурах дистанционных реле используются чувствительные элементы с током срабатывания несколько микроампер — магнитоэлектрические реле или полупроводниковые нуль-индикаторы.

Магнитоэлектрические реле типов М237/054 и М237/055 используются в качестве реагирующих элементов органов схем сравнения направленных реле сопротивления и в других устройствах РЗА. В панелях защиты ЭПЗ-1636 I поколения применяются реле М237/054.

Реле М237/055 отличаются от М237/054 током срабатывания: у реле М237/054 он составляет 6—10 мкА, у реле М237/055 — 70—100 мкА. Это нужно учитывать при заказе запасных реле.

Подвижная часть магнитоэлектрического реле конструктивно напоминает магнитоэлектрический измерительный прибор, у которого вместо стрелки установлены два контакта, а контактная система размещена внутри герметического корпуса.

Схема внутренних соединений реле приведена на рис. 1.9.

Для гашения колебаний подвижной системы обмотка должна быть постоянно зашунтирована резистором с сопротивлением в 7—10 раз большим, чем сопротивление обмотки реле. В схемах РЗА применяется резистор МЛТ-2 сопротивлением 15 кОм. При транспортировке или хранении вне комплекта защиты обмотка реле должна быть дополнительно замкнута.

Для защиты реле от больших кратностей тока в схеме защиты предусматриваются диоды, включенные параллельно обмотке с противоположной направленностью. При этом напряжение на обмотке не превышает падения напряжения на открытом диоде.

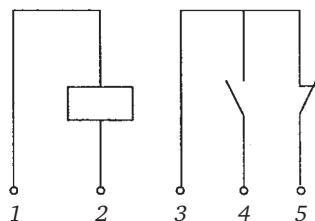


Рис. 1.9. Схема внутренних соединений реле М237

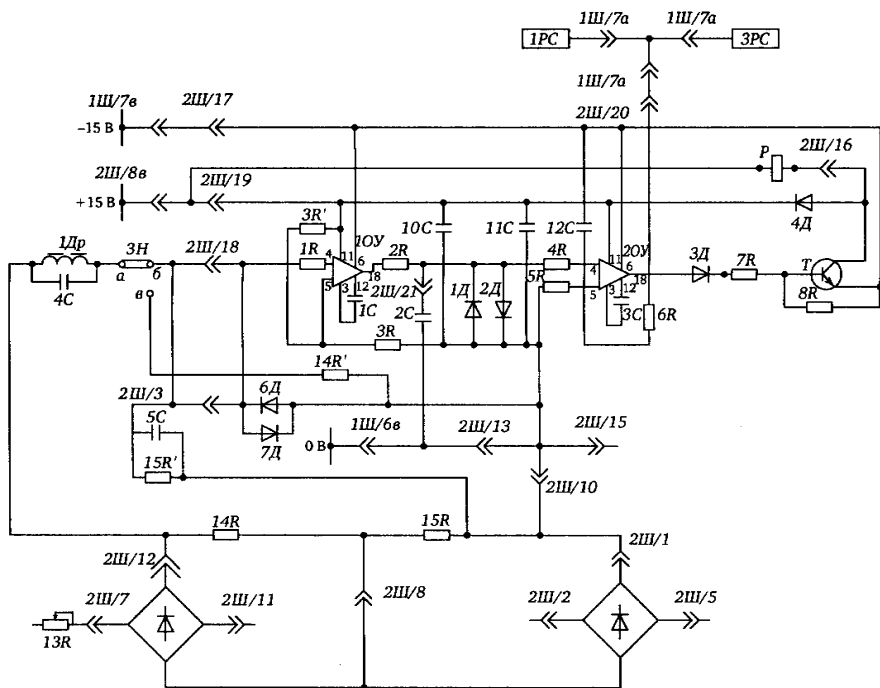


Рис. 1.10. Схема полупроводникового нуля-индикатора

Полупроводниковые нуля-индикаторы отличаются от магнито-электрических реле существенно меньшим потреблением и коэффициентом возврата, близким к единице. Схема нуля-индикатора, применяемого в защитах ЭПЗ-1636, совместно с прилегающими цепями защиты приведена на рис. 1.10.

Схема нуля-индикатора выполнена на операционных усилителях 10У, 20У и напоминает схему узла сравнения в реле РСТ и РСН. Выходной узел (транзистор Т и реле Р) — общий на три реле сопротивления.

1.4. Устройства блокировки при качаниях

При возникновении качаний в системе происходит периодическое снижение напряжения и повышение тока в элементах систе-

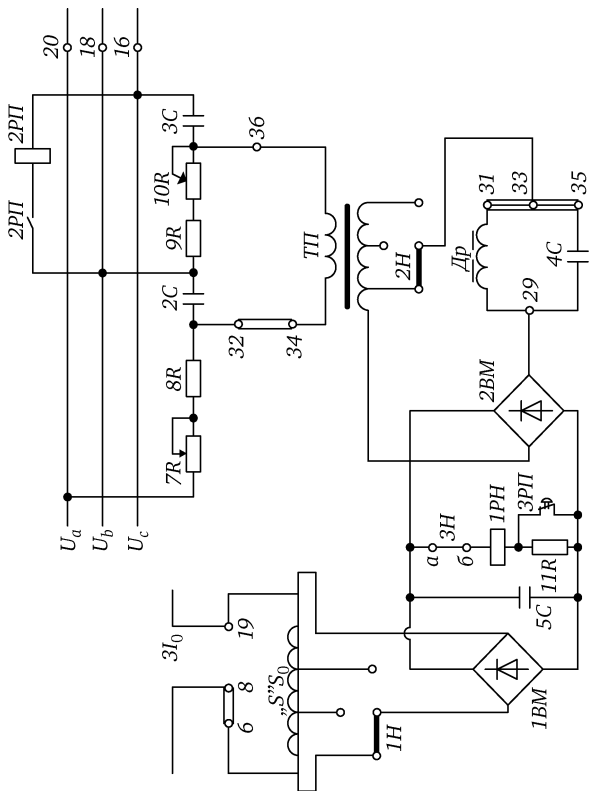
мы. При этом изменяется и сопротивление, определяемое как отношение напряжения и тока, что может привести к срабатыванию РС. Устройства блокировки при качаниях предназначены для предотвращения ложного срабатывания защиты в этих случаях. Как правило, такие устройства реагируют на кратковременное появление составляющих обратной последовательности в токе или напряжении при КЗ. Эти составляющие возникают длительно при несимметричных КЗ или кратковременно в начале симметричного КЗ.

Несимметричный режим, продолжающийся несколько миллисекунд, обеспечивает запуск защиты на время, достаточное для срабатывания защиты. При качаниях составляющая обратной последовательности отсутствует или, по крайней мере, значительно ниже, чем при КЗ. Ее значение определяется только характером нагрузки, которая в некоторых случаях может быть заметно несимметричной.

Защита ЭПЗ-1636 выполнена на простых устройствах блокировки, которые реагируют только на наличие обратной последовательности. Отстройка от этой составляющей при больших токах нагрузки и при качаниях обеспечивается дополнительным торможением током одной из фаз. Более современные защиты дополнительно реагируют на скорость ее изменения. Как упоминалось выше, в состав защиты ЭПЗ-1636 в зависимости от режима работы защищаемой сети входит комплект блокировки типа КРБ-125 (защита ЭПЗ-1636-67/1), реагирующий на напряжение обратной последовательности, или КРБ-126 (защита ЭПЗ-1636-67/2), реагирующий на ток обратной последовательности. Схемы этих устройств приведены на рис. 1.11 и 1.12.

1.5. Устройство блокировки при неисправности цепей напряжения

Реле сопротивления может неправильно сработать от тока нагрузки или тока внешнего КЗ при отключении автомата или другом обрыве цепей напряжения в схеме ТН. Для исключения этого в схемах дистанционных защит предусматривается блокировка при неисправности цепей напряжения.



a)

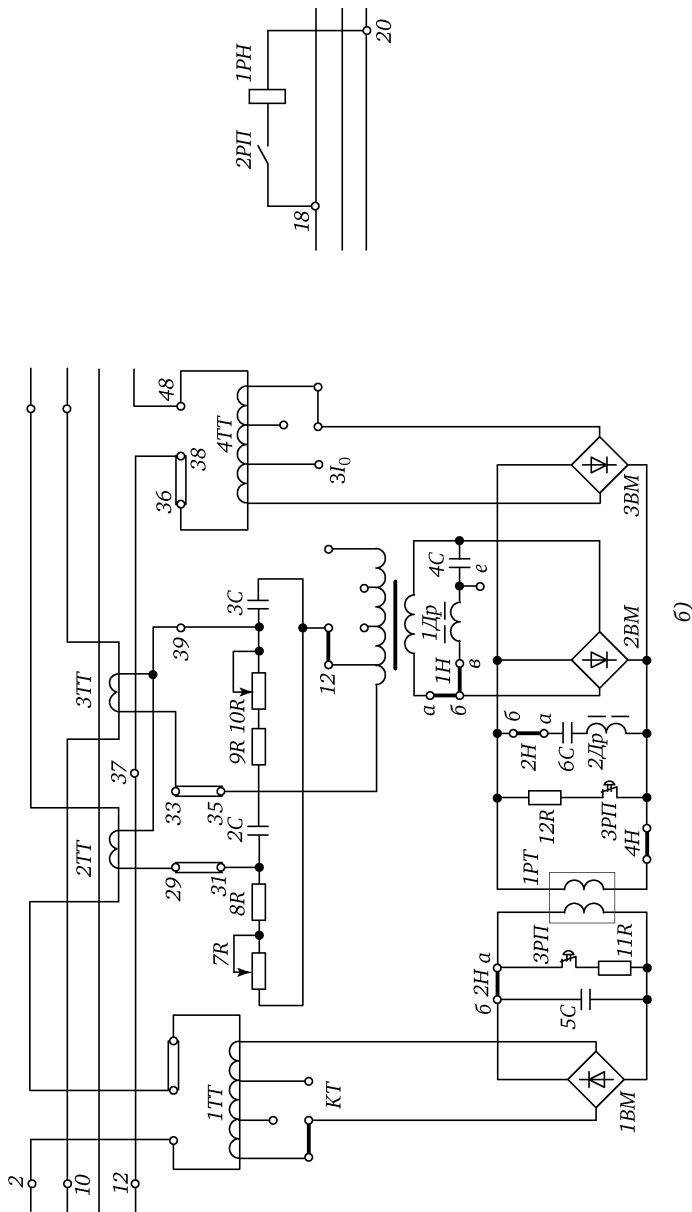


Рис. 1.11. Схема цепей переменного тока и напряжения устройства блокировки при качаниях:
 а — КРБ-125; б — КРБ-126

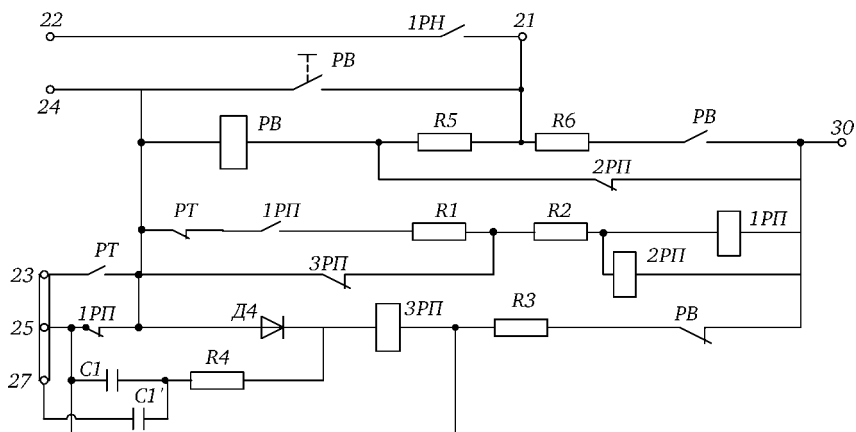


Рис. 1.12. Схема оперативных цепей устройства блокировки при качаниях КРБ-125 (КРБ-126)

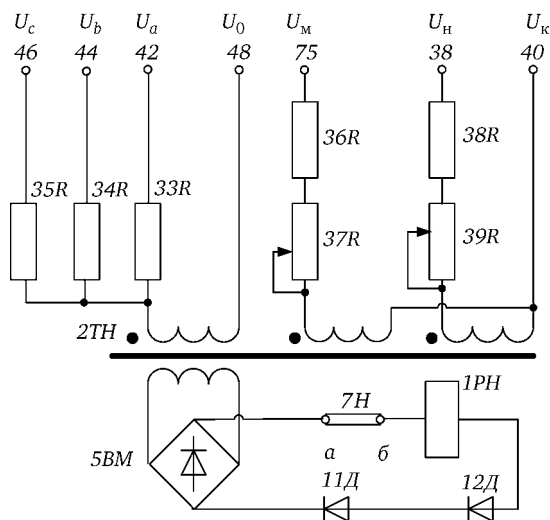


Рис. 1.13. Схема устройства блокировки при неисправности цепей напряжения

Принцип ее действия основан на сравнении векторных сумм напряжений цепей, соединенных по схеме звезды и по схеме разомкнутого треугольника. Схема такого устройства приведена на

рис. 1.13. Если происходит обрыв в цепях напряжения (самый распространенный случай — отключение автоматического выключателя цепей напряжения, соединенных по схеме звезды), нарушается баланс магнитных потоков в сердечнике трансформатора *2ТН*, и в его вторичной обмотке появляется напряжение, что вызывает срабатывание реле *1РН*. Реле *1РН*, в свою очередь, может блокировать работу дистанционного органа или выдавать сигнал о неисправности цепей напряжения в зависимости от заданного режима работы.

Кроме описанных устройств в состав панели защиты ЭПЗ-1636 входят максимальная токовая отсечка (МТО) и токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП), именуемая часто «земляная защита».

1.6. Токовая защита

Максимальная токовая отсечка (МТО) — одна из простейших защит, применяется для защиты от близких КЗ, сопровождающихся большим увеличением тока. Подробное описание МТО приведено в [17 и 18]. В некоторых случаях используется в режиме МТЗ.

Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП) применяется для защиты от однофазных замыканий на землю. В основном комплекте защиты ТНЗНП предусматривается четырехступенчатой, в некоторых случаях могут добавляться еще одна-две ступени. Защита, как правило, выполняется направленной даже в случае одностороннего питания линии. Это связано с тем, что каждый трансформатор с заземленной нейтралью, питающийся от линии, является источником тока нулевой последовательности.

Схемы цепей переменного тока и напряжения защиты ЭПЗ-1636 приведены в Приложении П2 на рис. П2.1 (защита I поколения) и рис. П2.5 (защита II поколения). Схемы оперативных цепей приведены там же на рис. П2.2—П2.4 (защита I поколения) и рис. П2.6—П2.9 (защита II поколения).

Устройство защиты и ее работа более подробно рассмотрены в [17].

Проверка и настройка защиты

2.1. Общие вопросы

Защита ЭПЗ-1636 является достаточно универсальной и динамичной защитой. Набором режимных перемычек, предусмотренных при разработке защиты, возможен подбор различных вариантов включения в зависимости от схемы подстанции и заданных уставок. Кроме того, при наладке и техническом обслуживании в схему защиты приходится вносить изменения, связанные с накоплением опыта эксплуатации.

Изменения в схеме защиты обуславливаются рядом нормативных документов [7—10]. Панели защиты, выпущенные после издания этих документов, изготавливались с учетом их требований, в более старую аппаратуру изменения вносила эксплуатирующая организация.

Кроме того, в энергосистемах используют решения, не предусмотренные разработчиками защиты. К ним можно отнести установку дополнительных ступеней защиты от замыканий на землю, перевод междуфазной токовой отсечки в режим МТЗ с выдержкой времени, выполнение дополнительных блокировок и т.д. Некоторые из нетиповых решений приведены в [11 и 12].

Режимные перемычки набираются в соответствии с заводской документацией.

Внешний и внутренний осмотр, проверка качества монтажа, регулирование механической части аппаратуры. Перед началом

основных работ съемные блоки с диодами и нуль-индикаторами реле сопротивления должны быть промаркированы, чтобы каждый блок всегда подключался к одному и тому же дистанционному органу.

Перед началом работ по проверке качества монтажа необходимо выполнить внешний и внутренний осмотр панели, в целях выявления явно выраженных признаков неисправности.

Предварительное регулирование релейной аппаратуры производится для оценки ее состояния. Окончательное регулирование выполняется в процессе проверки электрических характеристик. Существенное изменение заводской регулировки может нарушить временные параметры реле, установленные на заводе-изготовителе.

2.2. Проверка, настройка и регулировка реле

Кодовые реле КДР-1, КДР-3, КДР-3М. Регулировка зазоров и люфтов реле производится в соответствии с рис. 2.1—2.3. Величины зазоров и люфтов приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Параметр	Позиция на рис. 2.1—2.3	КДР-1	КДР-3
Ход якоря, мм	<i>a</i>	2,4±0,2	2,4±0,2
Воздушный зазор между притянутым сердечником и якорем, мм	<i>b</i>	≥0,3	≥0,05
Раствор контактов, мм	<i>c</i>	1—1,2	1—1,2
Горизонтальный люфт, мм	<i>d</i>	0,3—0,7	0,3—0,7
Люфт в вертикальном направлении, мм	<i>e</i>	0,3—0,5	0,3—0,5
Перемещение якоря вдоль оси сердечника, мм	<i>k</i>	0,05—0,15	0,05—0,15
Контактное нажатие, Н	—	0,25—0,3	0,25—0,3

При наличии давления подвижных контактов на неподвижные расстояние отхода контактных пластин неподвижных контактов от ограничительных пластинок должно быть не менее 0,2—0,4 мм.

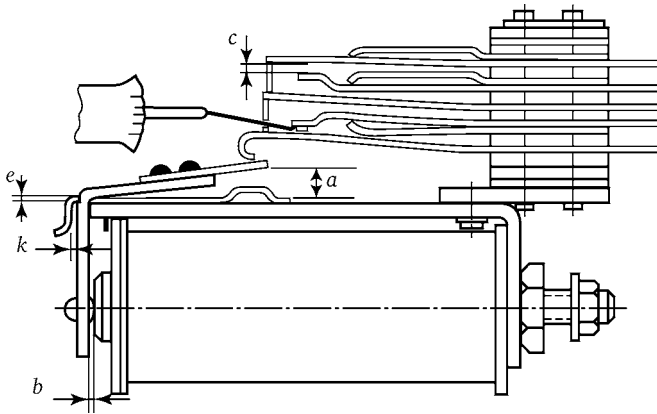


Рис. 2.1. Схемы измерения нажатия контактов, зазоров в реле КДР-1

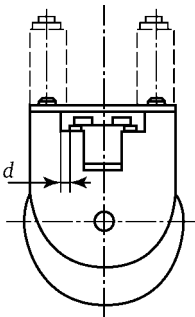


Рис. 2.2. Схема измерения люфта в реле КДР-1 при отсутствии тока в катушке реле

При отсутствии давления на неподвижные контакты их контактные пластины должны касаться ограничительных пластинок.

При отсутствии тока в катушке реле не должно быть зазора между изоляционными толкателями подвижных при подтянутом якоре контактов и якорем реле. Якорь реле КДР-3М при срабатывании реле должен упираться в скобу магнитопровода и не касаться сердечника.

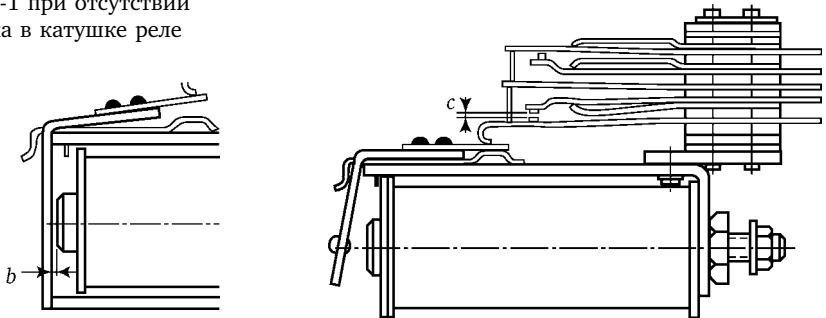


Рис. 2.3. Измерение зазоров между якорем и сердечником (b) и раствор у замыкающихся контактов (c), в реле КДР-3М

В противном случае реле будет иметь очень низкий коэффициент возврата, а в некоторых случаях возможно залипание якоря. У реле КДР-1 указанное явление отсутствует, так как на якоре реле имеется специальная заклепка из диамантного материала, препятствующая соприкосновению якоря с сердечником.

Регулировка контактов реле *1РП* комплекта ДЗ-2 (рис. 2.4) аналогична регулировке кодовых реле за исключением контактных групп, переключающих цепи напряжения реле сопротивления (*1РП/3*, *1РП/4*, *1РП/5*). Эти контактные группы регулируются для переключения без разрыва цепи. Разрыв цепи напряжения при наличии тока на линии может привести к ложному срабатыванию РС.

Расстояние отхода пластин неподвижных контактов от ограничительных пластинок увеличивается до 0,5—0,8 мм. Соответственно, уменьшается раствор контактов. При регулировке остальных контактов реле *1РП*, не связанных с цепями напряжения, подобная «мостящая» регулировка не допускается. Размыкание контакта *1РП/1* должно происходить раньше, чем размыкание контактов, переключающих цепи напряжения.

Контакты реле не должны иметь заметных дефектов (смятия, заусенцы, выгорания, царапины). Подвижные контакты в замкнутом состоянии должны находиться по центру неподвижных контактов. Контакты должны замыкаться одновременно (с учетом вышеприведенных особенностей регулировки контактов *1РП* ДЗ-2). Контактное нажатие из-за отсутствия в службах РЗА соответствующих приспособлений, как правило, не измеряется. Нажатие проверяется ориентировочно и считается приемлемым, если получены удовлетворительные электрические характеристики.

Поляризованные реле типа РП-7. Зазор между хвостовиком якоря и правым полюсом должен просматриваться на свет (правым полюсом считаем тот, что находится справа, если смотреть на реле спереди со стороны контактов).

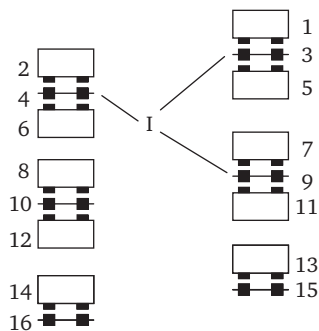


Рис. 2.4. Расположение «мостящихся» контактов *1РП* в ДЗ-2

Зазор между контактами должен быть не менее 0,4 мм, ход контакта должен быть легким.

Чистота зазора между крылышками якоря и постоянным магнитом проверяется мегомметром на напряжение 500 В при различных положениях якоря, при этом не должна образовываться электрическая цепь.

Удаление опилок из воздушного зазора следует производить либо с помощью стальной иглы, либо, если это не удастся, снятием колодки и притиранием полюса магнита и крылышек якоря чистой салфеткой. Разборка и сборка реле — сложная операция, и без особой необходимости выполнять ее не рекомендуется.

Выходное быстродействующее реле комплекта ДЗ-2. В качестве выходного быстродействующего реле комплекта ДЗ-2 используется реле на основе реле РП-220.

Осовой люфт якоря в горизонтальном направлении должен быть не более 0,5 мм; вершины неподвижных контактов не должны сползать с плоскости подвижных контактов, контакты должны касаться центрами. Концы подвижных контактных пружин должны выступать за рамку толкателя примерно на 2 мм; зазор между якорем и немагнитной прокладкой переднего полюса около 1 мм. Регулировку следует производить упорным винтом, нижний конец которого должен касаться якоря; межконтактный зазор при притяннутом и отпущенном якоре должен составлять не менее 1 мм; а провал замыкающих контактов — 0,2—0,3 мм.

Регулировка контактов производится подгибанием контактных пружин у места выхода их из изоляционных пластин. Регулировка должна быть мягкой, без резких изгибов в одной точке.

Выходное реле типа РП-250. Зазор между каждым подвижным и неподвижным контактом должен быть не менее 2,5 мм, а провал контактных мостиков — не менее 0,5 мм.

Регулировка межконтактного зазора производится перемещением и подгибанием контактных угольников. В положении срабатывания реле траверса должна иметь запас хода 0,5—1,5 мм.

Указательные реле типа РУ-21. Барабан с контактными мостиками должен вращаться без заметного трения и иметь люфт вдоль оси вращения в пределах 0,2—0,5 мм.

При разомкнутых контактах между неподвижными контакта-

ми и поверхностью барабана должен быть видимый зазор около 0,1 мм.

Прогиб неподвижных контактных пластин при повороте барабанчика с контактным мостиком должен составлять 1—2 мм; в начальном положении зуб защелки барабана должен заходить за выступ на якоре на 1—1,5 мм. После регулировки необходимо проверить свободное вращение барабанчика при подтянутом якоре.

Указательные реле типа ЭС-41. Зазор между немагнитной заклепкой якоря и сердечником должен быть 1—1,2 мм. Регулировка зазора производится изменением положения скобы относительно магнитопровода. После регулировки винты, крепящие скобу, необходимо надежно затянуть.

Реле должно надежно срабатывать при нажатии на якорь через окошко реле. Якорь под действием возвратной пружины должен уверенно возвращаться.

Проверка и испытание изоляции. Измерение сопротивления изоляции проводится любым мегомметром с необходимым значением напряжения, а проверка прочности изоляции выполняется прибором РЕТОМ-6000 (РЕТОМ-2500) (его краткое описание приведено в § 5.8).

Проверка и испытание изоляции выполняются в соответствии с требованиями, приведенными в разделе «Вторичные цепи».

Перед началом проверки необходимо вынуть все блоки диодов, нуль-индикаторы (или магнитоэлектрические реле) и поляризованные реле в комплектах защиты. Проверка сопротивления изоляции выполняется между всеми группами и заземленным корпусом и между выделенной группой и другими группами, которые заземлены, при этом цепи панели, выполненной в соответствии с рис. П2.1—П2.9 (Приложение 2), объединяются в следующие группы:

- а) цепи переменного напряжения от клеммы 248 до клеммы 261;
- б) цепи переменного тока 1-го и 2-го комплекса соединяются последовательно и закорачиваются клеммы 2-3-4-148-149-150-151;
- в) цепи постоянного оперативного тока — клеммы 96-97-35- 57-130-131;
- г) цепи сигнализации — клеммы 209-210-211-212-213-214-222-223-224-225-226-227-228-234-235-236-238-240- 246;
- д) выходные цепи защиты — клеммы 97-98-121-122-123;

е) цепи пуска УРОВ — клеммы 108-109-111-112-113-114-115-116-117-118-119;

ж) цепи блоков питания 1-го комплекса (15 В) — клеммы 73-77-79 комплекта ДЗ-2;

з) цепи блоков питания 2-го комплекса — клеммы 47-49-51 комплекта КЗ-10.

Переключки уточняются в соответствии с заводской документацией для соответствующей панели.

Изоляция групп а)–е) проверяется и испытывается мегомметром 1000 В, при этом сопротивление изоляции должно составлять не менее 1 МОм. Дополнительно проверяется изоляция между токовыми цепями различных фаз. Отсутствие замыкания на землю для групп цепей ж) и з) проверяется омметром.

Изоляция между обмотками и контактами поляризованных реле проверяется мегомметром на 1000 В. Сопротивление изоляции между всеми токоведущими частями и магнитопроводом должна быть не менее 100 МОм.

Изоляция между первичными и вторичными обмотками промежуточных трансформаторов напряжения и трансреакторов проверяется мегомметром 1000 В.

Проверка изоляции магнитоэлектрических реле (МЭР) будет рассмотрена ниже. Автономная проверка сопротивления изоляции полупроводникового нуль-индикатора не производится.

Сопротивление изоляции между элементами рабочего и тормозного контуров схемы сравнения проверяется мегомметром 1000 В при вынутых блоках диодов и нуль-индикаторов. Сопротивление изоляции должно быть не менее 5 МОм.

Изоляция вторичных цепей КРБ-126 (КРБ-125) проверяется мегомметром 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 5 МОм для старых панелей и не менее 1 МОм для новых.

Блоки диодов, нуль-индикаторы или магнитоэлектрические и поляризованные реле устанавливаются в комплекты. Кожухи комплектов закрываются, устанавливаются рабочие крышки испытательных блоков. Изоляция цепей в сборе проверяется и испытывается в соответствии с обычными рекомендациями.

2.3. Магнитоэлектрические реле

Осмотр и проверка механического состояния. Так как вскрывать магнитоэлектрические реле не рекомендуется, выполняется только их внешний осмотр: проверяются отсутствие механических повреждений корпуса и качество монтажа, качество уплотнений, состояние выводов реле, затяжка стяжных шпилек, крепежных соединений, надежность паек.

Проверка изоляции. Проверка уровня изоляции между обмоткой и контактами реле. Гарантируемый изготовителем уровень изоляции составляет 200 В. Так как мегомметры на такое напряжение встречаются редко, проверку можно выполнить двумя методами:

а) проверка по схеме, приведенной на рис. 2.5,а, выполняется плавным подъемом напряжения постоянного тока до 200 В с контролем тока утечки. При исправной изоляции ток утечки не превышает 40 мкА;

б) проверка по схеме, приведенной на рис. 2.5,б, выполняется мегомметром на 500 В с делителем напряжения. При исправной изоляции показания мегомметра составляют 4,5—5 МОм, при пробое — 3 МОм.

В обоих случаях обмотки и контакты реле закорачиваются внешними перемычками 1–2, 3–4–5.

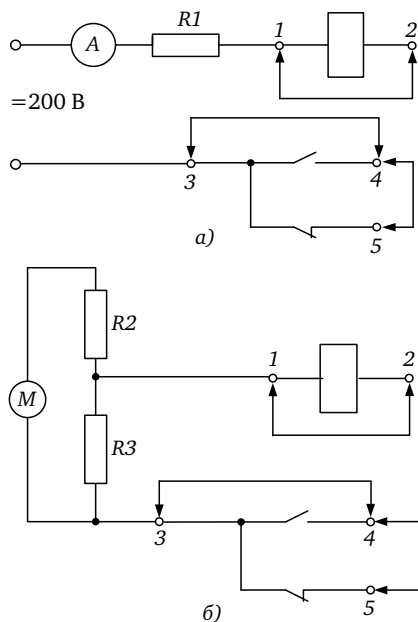


Рис. 2.5. Проверка уровня изоляции между обмоткой и контактами МЭР (А — микроамперметр 50—100 мкА; R1, R3 — резисторы 2 МОм 0,25 Вт; R2 — резистор 3 МОм 0,25 Вт; М — мегомметр на 500 В): а — проверка изоляции МЭР напряжением 200 В; б — проверка изоляции МЭР мегомметром 500 В

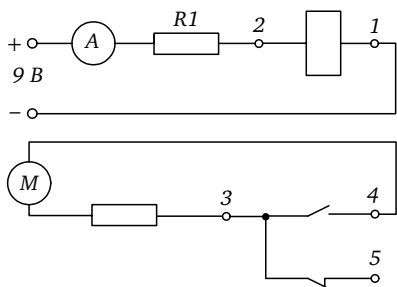


Рис. 2.6. Проверка уровня изоляции между контактами МЭР

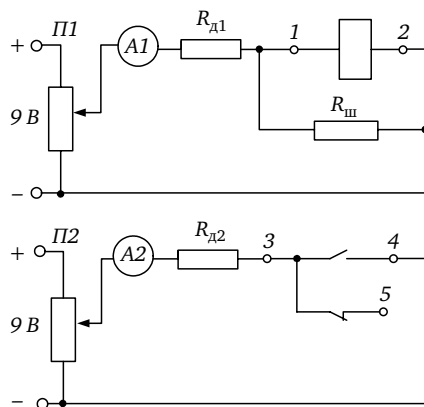


Рис. 2.7. Проверка тока срабатывания МЭР:

$A1$ — микроамперметр 50 мкА; $A2$ — миллиамперметр 200 мА; $\Pi1, \Pi2$ — резисторы СПО-0,5 470 Ом; $R_{д1}$ — резистор 68 кОм, 0,25 Вт; $R_{ш}$ — резистор 15 кОм, 0,5 Вт (в комплекте реле); $R_{д2}$ — резистор 100 Ом, 0,5 Вт

Проверка изоляции между подвижным и неподвижным элементами замыкающего контакта выполняется мегомметром 50 В с подачей тормозного тока в обмотку реле 75 ± 5 мкА (рис. 2.6). Ток в обмотку подается с обязательным соблюдением полярности.

Необходимости в проверке изоляции относительно корпуса реле нет, так как реле устанавливаются на изолирующих колодках.

Проверка электрических характеристик. Токи срабатывания и возврата МЭР проверяются, как правило, подачей тока и напряжения на вход панели с контролем тока в расщелке накладки ЗН. Проверка реле отдельно от защиты может быть выполнена по схеме, приведенной на рис. 2.7.

В качестве индикатора срабатывания можно использовать устройства, не нагружающие контакты выше пределов коммутационной способности. Кроме схемы, приведенной на рис. 2.7, можно использовать омметр или РЕТОМЕТР-М2.

Проверка надежности работы реле. Надежность работы МЭР определяется в полной схеме с номинальной нагрузкой при подаче

ном оперативном токе. На вход защиты подается такой сигнал, при котором ток в обмотке реле в 1,3—1,5 раза превышает максимальный гарантированный ток срабатывания и который отключает тормозной ток при номинальном значении электрической величины, формирующей тормозной ток.

Ремонт реле. Магнитоэлектрические реле считаются неремонтопригодными. Это связано с тем, что у служб РЗА нет ни условий, ни персонала, подготовленного для выполнения таких работ. Вскрывать корпус реле в условиях эксплуатации нельзя, так как это может привести к загрязнению контактной системы.

Довольно распространенным является дефект МЭР, связанный с образованием непроводящей пленки на контактах. В некоторых случаях ее можно очистить так называемым «электроискровым методом», рекомендованным заводом-изготовителем. Между подвижным и объединенными неподвижными контактами устанавливается источник питания 9—30 В и последовательно включенная индуктивность. В качестве последней может быть использована обмотка реле с сопротивлением, обеспечивающим ток в цепи 50—200 мА.

Для очистки контактов необходимо при подключенной нагрузке покачать реле из стороны в сторону в разных положениях несколько раз. Во время проверки надежности работы реле, приведенной выше, также происходит электроискровая очистка контактов.

2.4. Проверка элементов постоянного тока

Проверка блоков питания нуль-индикаторов ДЗ-2 и КРС-1.

Проверка стабилитронов блока питания. Нуль-индикаторы установлены на свои рабочие места. При подаче на вход защиты оперативного тока, изменяемого от 0,8 до $1,1 I_{ном}$, измеряют напряжения с помощью РЕТОМЕТР-М2:

- на стабилитронах 9Д и 10Д для 1-го комплекса (норма 16,2—19,8 В на одном стабилитроне);
- на стабилитронах 5Д и 6Д для 2-го комплекса (норма 16,2—19,8 В на одном стабилитроне);
- на резисторах R3 и R3' для 1-го комплекса;
- на резисторах R4 и R4' для 2-го комплекса.

Сумма напряжений на резисторах и стабилитронах каждого комплекса должна соответствовать напряжению питания.

При номинальном напряжении измеряют напряжения на выходах блоков питания (норма ± 15 В), а при необходимости и на обмотках трансформатора *ЗТН* (переменное напряжение).

Значения этих напряжений должны соответствовать паспортным данным и для различных модификаций должны составлять:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| а) $U_{w1} = 66 \div 76$ В; | в) $U_{н1-1} = U_{к1-1} = 29 \div 39$ В; |
| $U_{w2} = 10 \div 12$ В; | $U_{н2-2} = 4,9 \div 6,5$ В; |
| $U_{w3} (U_{w4}) = 13 \div 19,5$ В; | $U_{н3-3} = U_{к1-3} = 14,5 \div 19$ В. |
| б) $U_{w1} = 58 \div 78$ В; | |
| $U_{w2} = 10,4 \div 14,3$ В; | |
| $U_{w3} (U_{w4}) = 14,5 \div 19$ В; | |

Проверка реле контроля напряжения БП II поколения. В панелях защиты, выпущенных в разное время, устанавливались различные реле контроля напряжения блока питания. Сначала это были поляризованные реле типа РП-7, позже — электромагнитные реле, аналоги РП-13.

Предварительная проверка поляризованных реле выполняется отдельно от схемы. Обмотки реле соединяются последовательно, на вход реле подается ток. Ток срабатывания реле должен находиться в диапазоне 1,7—1,9 мА, коэффициент возврата должен составлять не менее 0,45, зазор между разомкнутыми контактами — не менее 0,4 мм. Условия регулирования реле — аналогов РП-13 приведены выше. Герконовые реле не регулируются.

В соответствии с требованиями [7] для снижения коэффициента возврата реле до 1,25 в схему должны быть внесены изменения. Измененная схема для комплекта ДЗ-2 приведена на рис. 2.8.

Последовательно с обмотками реле *8РП* ДЗ-2 включаются два стабилитрона *1VD* и *2VD* типа Д814Г или Д814В, и резистор *30R* за-

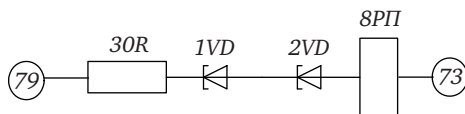


Рис. 2.8. Схема контроля напряжения блока питания с пониженным коэффициентом возврата

меняется на резистор МЛТ-0,5 с предварительно подобранным сопротивлением 1—1,5 кОм.

Срабатывание реле должно происходить при напряжении на выходе БП 21—22 В, а возврат — 26—27 В. В защитах, выпущенных после апреля 1986 г., эти изменения выполнены заводом-изготовителем.

Проверка стабилизирующего действия стабилитронов в панелях I поколения. Стабилизированное напряжение измеряется между зажимом 39 и проводом 104 комплекта ДЗ-2.

При номинальном напряжении питания стабилизированное напряжение должно быть в пределах 85—120 В и не должно заметно изменяться при изменении напряжения питания в пределах $0,8—1,1 U_{\text{ном}}$. Дополнительно измеряется стабилизированное напряжение при $0,2; 0,5; 0,7 U_{\text{ном}}$. Определяется порог стабилизации, т.е. минимальное значение входного напряжения, при котором стабилизированное напряжение достигает максимального значения.

При напряжении $0,8 U_{\text{ном}}$ производится проверка распределения напряжения между стабилитронами 1СТ—3СТ. Напряжение на каждом стабилитроне должно быть в пределах 28—37 В.

Проверка кодовых реле. Реле проверяются в полной схеме с соблюдением полярности, с учетом добавочных резисторов и последовательно включенных обмоток промежуточных и указательных реле.

Все МЭР должны быть вынуты из своих гнезд. В необходимых случаях замыкание контактов МЭР имитируется закорачиванием гнезд, предназначенных для контактов МЭР.

Блоки питания в панелях II поколения отключаются от общей схемы.

Перед проверкой реле необходимо проверить исправность и правильность включения искрогасительных диодов, подключенных параллельно обмоткам реле.

Время срабатывания и возврата наиболее ответственных реле при номинальном напряжении в полной схеме, а также условия проверки приведены в табл. 2.2. Напряжение срабатывания в полной схеме — не более $0,65 U_{\text{ном}}$, напряжение возврата — не менее 10 В. Реле 4РП отдельно от схемы имеет напряжение срабатывания 20—24 В, напряжение возврата — 3,4 В.

Время срабатывания и возврата, а также напряжение срабатывания и возврата кодовых реле регулируется нажатием контактных пластин. Время срабатывания и напряжение срабатывания регулируется углом загиба якоря, а время и напряжение возврата — воздушным зазором между сердечником и притянутым якорем. В связи с тем что влияние этих факторов на напряжение и время различно, возможна независимая их регулировка.

Времена замыкания и размыкания контактов, измеренное с учетом вибрации (время до полного замыкания контактов) и без ее учета (до первого касания), должны быть близкими. Существенное различие указывает на недостаточную чистоту или некачественную регулировку контактов.

Сталь магнитной системы и контакты со временем стареют, что приводит к увеличению времени возврата. У реле с большим вре-

Таблица 2.2

Комплект	Реле	Время срабатывания, мс	Время возврата, с	Условия проверки
ДЗ-2	1РП	—	0,1—0,14	—
	2РП	45	—	
	3РП	50	—	
	4РП	25	—	
	5РП	45	—	
	6РП	60	0,3—0,45	
КРБ-126	1РП	—	≤0,008	—
	3РП	—	0,32—0,4	Перемычка 25–27 снята
			0,48—0,6	Перемычка 25–27 установлена
КЗ-1	РП	≤40	—	Демпферная обмотка разомкнута
		≥65		Демпферная обмотка замкнута
КЗ-2	РПЗ	≤40	—	Демпферная обмотка разомкнута
		≥65		Демпферная обмотка разомкнута
	РП4	t_{cp}^*		—
Выносное	РПУ1	—	≥1,5**	При подключенной RC-цепочке

* Время срабатывания реле РП4 комплекта КЗ-2 должно быть примерно на 10 мс меньше времени срабатывания реле РПЗ для обеспечения надежного срабатывания указательных реле, обмотки которых шунтируются контактами РП4.

** Задается уставками.

менем возврата это может привести к залипанию. При первичной наладке этот фактор нужно учитывать.

Для проверки временных характеристик используются «сухие» контакты (за исключением проверок реле с применением системы РЕТОМ), т.е. такие, на которые не попадает напряжение, подаваемое на обмотки. Если нет возможности выделить такие контакты коммутацией других реле, проверяемое реле выносится на удлинитель.

Исполнительное реле *P* (аналог *РП13*), устанавливавшееся в реле сопротивления ранее, регулируется так, чтобы оно срабатывало при напряжении не более 14,4 В, поданном непосредственно на обмотку отключенного реле толчком. Срабатывание должно быть надежным, без остановок в промежуточном положении. Регулировку осуществляют винтом. Реле типа РПГ, устанавливаемые в панелях защиты, выпущенных в последние годы, не регулируются.

Уставки реле времени выставляются окончательно в полной схеме при комплексном опробовании.

Указательные реле *1РУ—4РУ* комплекта ДЗ-2 срабатывают (отдельно от схемы) при токе 11—15 мА, в полной схеме должны срабатывать при напряжении, меньшем напряжения срабатывания *4РП*, измеренного в полной схеме. Ток срабатывания *5РУ* — 4 мА, а совместно с резистором *43R* оно должно работать при напряжении 70 В.

Проверка времени ввода защиты блокировкой при качаниях. Для измерения времени замкнутого состояния контакта реле *K1/4* комплекта КРБ-126 миллисекундомер включается на клеммы 5–7, при этом внешние цепи от клемм отключаются. Запуск схемы осуществляется кратковременным замыканием *1РТ*. Измеренное время равно сумме времени возврата реле *3РП* и времени срабатывания реле *1РП*.

Проверка полярности обмоток и напряжения удержания реле *1РП* комплекта ДЗ-2. Проверка выполняется по схеме, приведенной на рис. 2.9. На рисунке не указаны элементы, которые не участвуют в проверке.

На выводах 65–67 комплекта ДЗ-2 (рис 2.9) устанавливается временная переключатель, реле *4РП* фиксируется в состоянии срабатывания. На рабочую обмотку толчком подается номинальное напряжение, затем на удерживающую обмотку реле — полное напряжение.

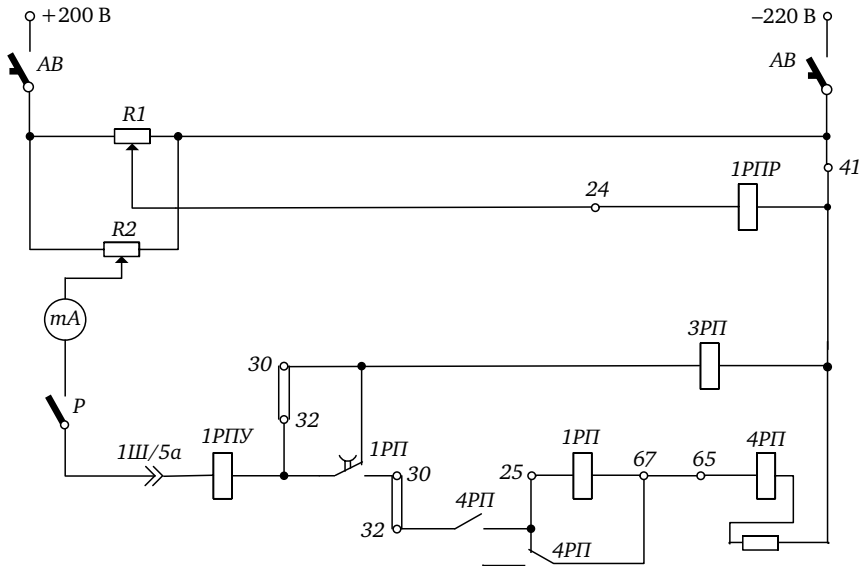


Рис. 2.9. Проверка полярности и тока удержания 1PI

Напряжение на рабочей обмотке плавно снижается до нуля. При правильной полярности якорь реле остается в притянутом состоянии. Затем при снижении напряжения на удерживающей обмотке определяется ток удержания реле.

2.5. Проверка настройки частотных фильтров

Перед проверкой частотных фильтров необходимо проверить затяжку стяжных винтов магнитопровода дросселя. От генератора звуковой частоты подать напряжение на выделенный из схемы фильтр. Изменением частоты генератора определить резонансную частоту проверяемого фильтра по максимуму тока для фильтр-шунта и по минимуму тока для фильтра-пробки. Допустимое отклонение от заданной частоты $\pm 5\%$. Настройка производится изменением воздушного зазора магнитопровода дросселя. В табл. 2.3 приведены данные, необходимые для настройки фильтров. Напряжения на входе фильтра необходимо поддерживать постоянными.

Таблица 2.3

Место установки	Тип и обозначение фильтра по схеме		Напряжение, при котором производятся измерения, В
КРБ-126	Фильтр-шунт 200 Гц (1Др, 4С)		4—8
	Фильтр-шунт 100 Гц (2Др, 6С)		4—8
ДЗ-2	1РС, 2РС, 3РС	Фильтр-пробка 100 Гц (1Др, 4С)	30
КРС-1	1РС, 2РС, 3РС	Фильтр-пробка 100 Гц (1Др, 4С)	30
	1РС, 2РС, 3РС	Фильтр-шунт 100 Гц (2Др, 5С)	1,5—2

Следует иметь в виду, что завод настраивает фильтры довольно точно. Без твердой уверенности в правильности измерений пере-страивать фильтры не рекомендуется.

Возможна проверка частотных фильтров для невысоких частот по соотношению напряжений на элементах фильтра при подаче напряжения частотой 50 Гц. Для этого напряжение 5 В подается на исключенный из схемы фильтр-шунт и вольтметром с высоким входным сопротивлением измеряются напряжения на емкости и индуктивности. Резонансная частота определяется по формуле

$$f = 50 \sqrt{\frac{U_C}{U_L}}; \quad (2.1)$$

для 100 Гц $\frac{U_C}{U_L} = 4$; для 250 Гц $\frac{U_C}{U_L} = 25$.

Фильтр-пробку при такой проверке необходимо распаять и переделать в фильтр-шунт.

2.6. Проверка устройства блокировки при качаниях КРБ-126

Подача тока в трансформаторы ТА1-ТА4 при разомкнутых обмотках недопустима. Это может привести к повреждению обмоток.

Проверка фильтра токов обратной последовательности (ФТОП). На шкале уставок I_2 выставляется рабочая уставка. Перестановкой переключателей 6–8 в положение 4–6, а 36–38 в положение 38–40 на комплекте КРБ-126 исключается торможение и подпитка током нулевой последовательности $3I_0$. Реле ЗРП заклинивается в положении срабатывания. В расщелку накладки Н4 включается миллиамперметр и измеряется оперативный ток.

От регулируемого источника на вход защиты поочередно подаются такие значения токов I_{AB}, I_{BC}, I_{CA} , при которых ток в реле $1PT$ равен 2,5 мА. Максимальное расхождение токов по отношению к среднему значению должно быть не более 3,5%.

Аналогично производится проверка при подаче токов I_{AO}, I_{BO}, I_{CO} . Фазные токи на входе защиты при токе в реле $1PT$, равном 2,5 мА, должны превышать междуфазные в $\sqrt{3}$ раз.

Возможна проверка настройки фильтра по срабатыванию пускового реле $1PT$ вместо измерения тока в его обмотке. При этом индикатор срабатывания нужно подключить к зажиму 24 и проводу, отсоединенному от зажима 23.

Если погрешность превышает допустимые пределы, необходимо произвести настройку фильтра. Настройка подобна настройке фильтра напряжения обратной последовательности реле РНФ-1М на однофазном напряжении. Снимаются переключатели 29–31, 33–35 и разбирается накладка I_2 . На зажим 35 и общий зажим накладки I_2 подается переменное напряжение 100 В. Напряжения на отдельных элементах фильтра, измеренные вольтметром с высоким входным сопротивлением, должны отвечать условиям:

$$\frac{U_{2C}}{U_{R7+R8}} = \frac{U_{R9+R10}}{U_{3C}} = \frac{86,5 \pm 0,5}{50 \pm 0,5} = \sqrt{3}. \quad (2.2)$$

Настройка фильтра производится путем подгонки сопротивлений плеч с помощью резисторов $7R$ и $10R$. После восстановления

перемычек 29–31 и 33–35 и установки накладки I_2 в рабочее положение повторно проверяется настройка фильтра тока обратной последовательности.

Если результаты повторной настройки ФТОП неудовлетворительные, то необходимо проверить коэффициенты трансформации трансформаторов $2ТТ$ и $3ТТ$ и правильность полярности включения их обмоток.

Проверка коэффициентов трансформации. Во вторичные обмотки в рассечку перемычек 29–31 или 33–35 включается миллиамперметр и на вход защиты подается номинальный ток в сочетаниях:

$$AC, AO, CO \text{ для } 2ТТ; BC, BO, CO \text{ для } 3ТТ.$$

Вторичные токи при этом должны быть равны 115, 76, 38 мА, что соответствует соотношению между ним 3:2:1.

Проверка полярности. Перемычки 29–31 и 33–35 снимаются, миллиамперметр включается между зажимами 29 и 33. На вход защиты подается ток I_{CO} . При этом ток в миллиамперметре должен быть равен нулю.

Проверка настройки фильтров 2-й и 5-й гармонической составляющих выполняется в соответствии с рекомендациями, приведенными выше.

Проверка чувствительности пускового органа по току обратной последовательности на рабочей уставке выполняется при отключенном торможении и пуске по току нулевой последовательности. Индикатор срабатывания подключается к зажиму 24 и проводу, отсоединенному от с зажима 23. В защиту подается ток I_{AB} .

Миллиамперметр отключается от схемы, накладка $H4$ устанавливается в положение a – b . Измеряется первичный ток срабатывания реле $1РТ$ при подаче тока I_{AB} , якорь реле $3РП$ при этом подтянут. Значение тока обратной последовательности на входе ФТОП в момент срабатывания реле определяется по уравнению:

$$I_{2cp} = \frac{I_{ABcp}}{\sqrt{3}}. \quad (2.3)$$

Значение I_{2cp} должно соответствовать уставке по току I_2 (при необходимости регулируется изменением тока срабатывания реле $1РТ$).

Ток срабатывания реле $1PT$ типа $РП-7$ должен составлять 2,4—2,6 мА, коэффициент возврата — не менее 0,45. Регулировка тока срабатывания производится с помощью правого контактного винта реле, тока возврата — левого. Зазор между контактами должен быть не менее 0,4 мм.

Коэффициент возврата в полной схеме должен находиться в пределах 0,7—0,9. Срабатывание $1PT$ проверяется при поджатом $ЗРП$, возврат — при отпущенном. При несоответствии следует проверить регулировку реле и сопротивление резистора $R12$.

Проверка коэффициента торможения на заданных уставках. Тормозной ток, равный $(2—4)I_{ном}$, подводится к отключенному от схемы трансформатору $1ТТ$. Для выделения $1ТТ$ из схемы нужно снять перемычки 6—4 и 6—8. Чтобы исключить питание током нулевой последовательности устанавливается перемычка 38—40. Якорь реле $ЗРП$ заклинивается в притянутом состоянии. На зажимы 4 и 8 подается тормозной ток от отдельного источника, на вход комплекта подается линейный ток I_{BC} . Ток срабатывания устройства проверяется при наличии и отсутствии тормозного тока.

Коэффициент торможения, %, определяется по формуле:

$$K_T = \frac{I_{BCcp.t} - I_{BCcp}}{\sqrt{3}I_T} 100 \frac{I_{2устmin}}{I_{2уст}}, \quad (2.4)$$

где $I_{BCcp.t}$ — ток срабатывания на входе защиты при наличии торможения; I_{BCcp} — ток срабатывания на входе защиты без торможения; I_T — ток торможения; $I_{2устmin}$ — минимальная уставка по току обратной последовательности; $I_{2уст}$ — рабочая уставка по току обратной последовательности.

Допустимое отклонение $\pm 10\%$.

Для минимальной уставки выражение упрощается:

$$K_T = \frac{I_{BCcp.t} - I_{BCcp}}{\sqrt{3}I_T} 100. \quad (2.5)$$

Проверка чувствительности по току нулевой последовательности. Торможение выводится установкой перемычки 4—6.

Уставки по $3I_0$ даны для случая независимого питания трансформатора $ТА4$. Для исключения влияния органа обратной после-

довательности ток подводится к зажимам 36 и 40 при снятой перемычке 36–38. Реле КЗ заклинивается в сработанном состоянии. Ток срабатывания должен соответствовать заданной уставке по $3I_0$. Отклонение должно быть не более 15% (для защиты I поколения) или 12% (для защиты II поколения). Если для получения необходимой уставки производится регулировка, то необходимо повторно проверить уставку по I_2 .

Проверка чувствительности пуска по току нулевой последовательности на рабочей уставке. Проверка производится при раздельном питании трансформаторов по I_2 и по $3I_0$. Торможение выводится перемычкой 4–6. Реле ЗРП заклинивается в сработанном состоянии. В рассечку накладки Н4 включается миллиамперметр. Проверяется соответствие заданных уставок характеристикам кривой, приведенной в заводской документации.

По выражению (2.3) определяется ток I_{AB} , необходимый для получения выбранного значения тока I_{2cp} , который подается и поддерживается неизменным.

При подаче на вход 4ТТ различных значений тока $3I_0$ фиксируется ток в накладке 1РТ и определяется кратность тока в реле по отношению к току его срабатывания:

$$K = \frac{I_p}{I_{cp}}, \quad (2.6)$$

где I_{cp} — ток срабатывания реле при отсутствии торможения; $I_p = I_{cp.t}$ — ток срабатывания реле при поданном торможении.

По полученным значениям строится характеристика чувствительности КРБ-126 и сравнивается с данными заводской информации.

По окончании проверок КРБ-126 нужно восстановить перемычку между клеммами 4–6 и провод на клемме 23.

Для оценки работы устройства при последующих неполных проверках в качестве дополнительной можно провести проверку тока срабатывания устройства в полной схеме при подаче различных сочетаний токов. Для этого перемычка 4–6 снимается, 6–8 устанавливается. При подаче сочетаний токов, содержащих ток фазы А (АВ, СА, АО), ток срабатывания устройства увеличивается. При расчете коэффициента торможения по выражению (2.4) вместо тока

$I_{BC\text{ср.т}}$ и I_T применяются подводимые сочетания токов. В этом случае погрешность измерения коэффициента торможения довольно высока, но проверка позволяет, во-первых, оценить правильность сборки токовых цепей после окончательной сборки схемы (с учетом торможения), а во-вторых, снизить трудозатраты при последующих неполных проверках. Эта методика, как показано ниже, принята в качестве основной в системе РЕТОМ.

Особенности проверки КРБ-126 при помощи системы РЕТОМ. Проверка выполняется в программах «ЭПЗ» и «КРБ-126».

Проверка чувствительности пускового органа по I_2 и настройки фильтра токов обратной последовательности могут выполняться как традиционными методами (с поочередной имитацией различных видов КЗ, контролем тока срабатывания и последующим вычислением $I_{2\text{ср}}$), так и прямым методом.

Прямой метод (подача симметричного тока обратной последовательности) позволяет проверить уставку устройства по току обратной последовательности, но качество настройки ФТОП не определяет. Для проверки качества настройки ФТОП может быть рекомендован контроль тока небаланса ФТОП при подаче симметричного тока прямой последовательности.

Проверка заглубления по $I_{2\text{ср}}$ от токов 5-й гармоники может выполняться вместо традиционной настройки фильтра 5-й гармоники. Проверка производится подачей симметричной системы токов обратной последовательности при частоте в 250 Гц. Официальных критериев правильной настройки фильтра при такой проверке пока нет, поэтому рекомендуем выполнять проверку традиционными методами.

Проверка коэффициента торможения. Вместо обычной проверки заглубления чувствительности органа обратной последовательности при подаче тока в узел торможения предусматривается проверка коэффициента торможения при протекании тока одновременно по фильтру токов обратной последовательности и трансформатору $1TT$. При этом коэффициент торможения определяется на начальном участке тормозной характеристики. Как было сказано выше, такая методика рекомендована авторами в качестве дополнительной, но в программе автоматической проверки она используется как основная.

Проверка общепринятыми методами может быть выполнена в программе ручного управления устройством РЕТОМ. При этом ток в основную цепь и в цепь торможения подается от разных фаз токового выхода.

В дополнение к проверкам, предусмотренным [2 и 3], система РЕТОМ в программах «ЭПЗ» и «КРБ» позволяет выполнить проверку:

- тока срабатывания в полной схеме;
- минимального времени фиксации пуска $T_{ф.п.}$;
- дополнительной погрешности $I_{2ср}$ при отклонении частоты.

Проверка тока срабатывания при выставленных уставках в полной схеме заключается в определении тока срабатывания при КЗ при всех введенных в работу трансформаторах устройства блокировки и выставленных уставках по I_2 , $3I_0$ и k_T .

Проверка минимального времени фиксации пуска $T_{ф.п.}$. При изменении длительности несимметричного режима определяется время, достаточное для срабатывания блокировки. Проверка позволяет оценить возможность срабатывания блокировки при кратковременном несимметричном режиме.

Проверка дополнительной погрешности $I_{2ср}$ при отклонении частоты. Проверка производится прямым методом — подачей симметричной системы токов обратной последовательности.

Обмотки КРБ-126 не допускают длительного протекания тока, превышающего 110% номинального. Во избежание повреждения после проверки комплекта его токовые цепи желательно закортить установкой перемычек на выводах 2–32, 10–34, 12–40 с внешней стороны. Перемычки снимаются перед комплексным опробованием защиты.

Проверка устройства блокировки при неисправности цепей напряжения (БНН). Перед проверкой нужно отключить шунтирующие цепи (в комплектах ДЗ-2, КРС-1 снять разъемы цепей напряжения реле сопротивления, на панели отсоединить цепи напряжения реле мощности).

Проверка механического состояния поляризованного реле рассмотрена выше.

Проверка параметров срабатывания исполнительного органа по постоянному току. Миллиамперметр включается в рас-

сечку накладки 7Н. В защиту подается регулируемое напряжение U_{A0} . Ток срабатывания и коэффициент возврата реле 1РН должны составлять:

$$I_{cp} = 1,7 \div 1,9 \text{ мА};$$

$$K_{вз} \geq 0,45.$$

Проверка настройки ветвей сопротивлений, соединенных по схеме звезды. Выполняется поочередной подачей фазных напряжений, равных 58 В при замкнутых на нуль двух свободных фазах. Ток в реле 1РН при подведении напряжений U_{C0} и U_{B0} должен быть в 2 раза меньше, чем при подведении напряжения U_{A0} . Допустимое отклонение $\pm 5\%$.

Проверка идентичности намагничивающей силы (ампервитков) обмотки, включенной в нулевой провод сопротивлений, включенных по схеме звезды, и компенсационной обмотки, включенной на напряжение фазы А трансформатора напряжения, соединенной по схеме разомкнутого треугольника. Проверка выполняется по схеме, представленной на рис. 2.10,а.

При поочередной подаче на комплект ДЗ-2 напряжения $U_{B0} = 64 \text{ В}$ и $U_{C0} = 64 \text{ В}$, а на компенсационную обмотку (зажимы 40 и 75) — напряжения, равного 110 В, регулировкой резистора 37R нужно добиться отсутствия тока в обмотке 1РН.

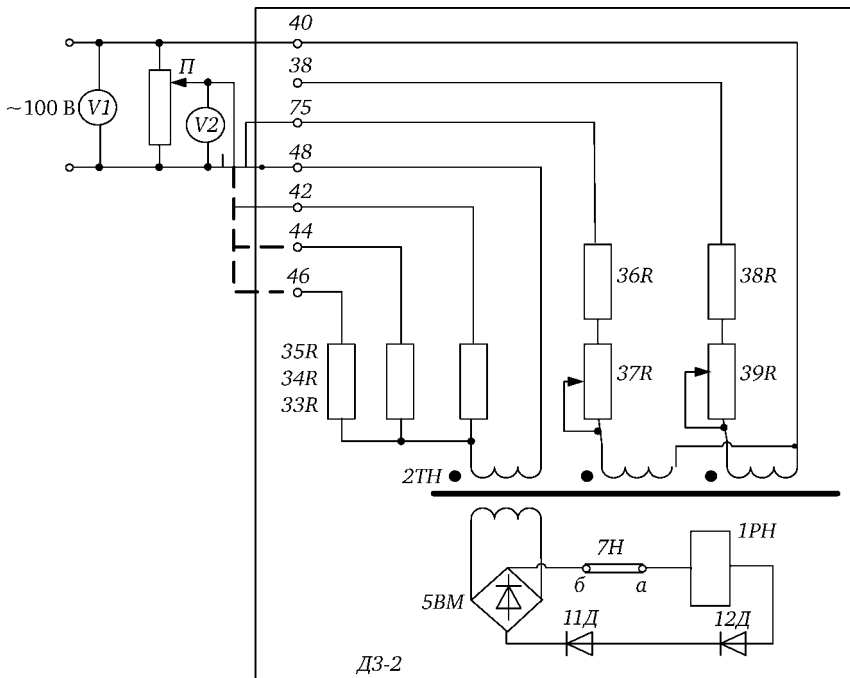
Аналогичная регулировка выполняется при подаче $U_{A0} = 32 \text{ В}$.

Ток небаланса должен быть не менее чем в 3 раза меньше тока возврата реле. Если ток небаланса невозможно снизить до нужного значения, то следует проверить номиналы резисторов 33R, 34R и 35R.

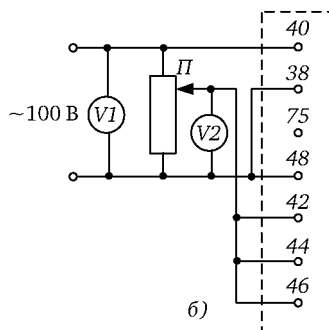
Проверка идентичности намагничивающей силы (ампервитков) обмоток, включенных встречно, одна из которых включена в нулевой провод «звезды» сопротивлений, а другая — на напряжение $3U_0$. Проверка выполняется по схеме, представленной на рис. 2.10,б.

Выводы 42–44–46 объединяются, и между ними и выводом 48 подводится напряжение 14,5 В, которое задается потенциометром П. К компенсационной обмотке (выводы 38 и 40) подводится напряжение 100 В. Ток в обмотке 1РН регулируется резистором 39R.

После проверки устройства нужно восстановить цепи напряжения.



a)



б)

Рис. 2.10. Проверка идентичности обмоток трансформатора устройства блокировки при неисправности цепей напряжения

Окончательная проверка устройства блокировки выполняется при подаче рабочего напряжения от вторичных обмоток ТН.

2.7. Проверка реле сопротивления

Перед первичной настройкой реле или перед изменением уставок нужно выполнить расчет витков на трансформаторах напряжения.

Вторичные уставки для каждой зоны подсчитываются по формуле:

$$Z_{\text{уст.втор}} = Z_{\text{уст.перв}} \frac{K_I}{K_U}, \quad (2.7)$$

где $Z_{\text{уст.перв}}$ — первичное значение сопротивления срабатывания защиты соответствующей зоны; K_I — коэффициент трансформации трансформаторов тока; K_U — коэффициент трансформации трансформаторов напряжения.

Количество включенных витков трансформаторов напряжения (в процентах общего числа витков трансформаторов) определяется по выражению:

$$N = \frac{Z_{\text{уст.мин}} 100}{Z_{\text{уст}}}, \quad (2.8)$$

где $Z_{\text{уст}}$ — вторичные уставки дистанционных органов; $Z_{\text{уст.мин}}$ — минимальное значение сопротивления срабатывания реле при $N=100\%$ витков.

Значения $Z_{\text{уст.мин}}$ и другие данные реле сопротивления с $I_{\text{ном}} = 5 \text{ А}$ приведены в табл. 2.4. Данные, соответствующие панели защиты с $I_{\text{ном}} = 1 \text{ А}$, приведены в скобках.

Если значение $Z_{\text{уст.мин}}$ не задано уставками, то оно выбирается исходя из заданных диапазонов токов настройки (реальные токи КЗ в конце зоны). Нижний предел тока настройки должен быть в 1,3 раза выше гарантированного тока точной работы, а верхний предел — меньше максимального гарантированного тока точной работы, т.е. при малых токах настройки целесообразно иметь бóльшую уставку и, следовательно, бóльшую чувствительность РС по току.

При бóльших уровнях токов настройки целесообразно иметь меньшую уставку и лучшее обеспечение работы по «памяти».

Таблица 2.4

Зоны	$Z_{уст.мин}$, Ом/фаза	Вид характеристики срабатывания	Ток точной работы, А	
			от (не более)	до (не менее)
I, II	0,25 (1,25)	Окружность	5,8 (1,16)	150 (30)
	0,5 (2,5)		2,9 (0,58)	100 (20)
	1 (5)		1,45 (0,29)	50 (10)
III	1 (5)	Окружность без смещения в III квадрант	1,6 (0,32)	50 (10)
	1,5 (7,5)		1,1 (0,22)	33,5 (6,7)
	1 (5)	Эллипс без смещения в III квадрант	2,2 (0,44)	50 (10)
	1,5 (7,5)		1,5 (0,3)	33,5 (6,7)
	1 (5)	Окружность или эллипс со смещением в III квадрант	2,75 (0,55)	42 (8,4)
	1,5 (7,5)		1,85 (0,37)	28 (5,6)

Проверка вспомогательных устройств. Настройка и проверка отдельных элементов реле сопротивления выполняется, если при основных проверках не удастся получить требуемые характеристики или после замены (ремонта) элементов. Производится при вынутых блоках диодов (нуль-индикаторов) и разомкнутых накладках $1H$, $2H$, $3H$, $4H$.

Проверка трансформаторов напряжения. На всех реле сопротивления устанавливаются требуемые углы максимальной чувствительности и максимальное число витков на трансформаторах $1TH$ (ДЗ-2) и TH (КРС-1), равное 95 виткам. На вход защиты поочередно для каждого реле подается переменное напряжение 100 В соответствующих фаз:

$$1PC — U_{AB}; 2PC — U_{BC}; 3PC — U_{CA}.$$

Напряжение на каждой из отпаяк соответствующего трансформатора измеряется вольтметром с высоким входным сопротивлением. Данные измерений с точностью 5% должны соответствовать расчетному значению

$$U_2 = U_1 N \frac{K'_U}{100}, \quad (2.9)$$

где U_1 — напряжение, подводимое к первичной обмотке трансформатора; K'_U — коэффициент трансформации трансформато-

ра 1ТН (ДЗ-2) или ТН (КРС-1), равный 2 и 2,5 соответственно при $\varphi_{м.ч} = 65^\circ$ и $\varphi_{м.ч} = 80^\circ$.

После проверки ТН переключатели уставок в цепях напряжения устанавливаются в положение, при котором сумма цифр у гнезд переключателя равна расчетному числу или на 5% меньше него.

Вторичная обмотка ТН состоит из двух обмоток, и недопустимо устанавливать оба штекера в гнезда одной обмотки (первая обмотка имеет маркировку гнезд «0», «5», «10», «15»). В этом положении обмотка замыкается накоротко и трансформатор при подаче напряжения может быть поврежден.

Проверка трансреакторов. При проверке нуль-индикаторы должны быть вынуты из своих гнезд, накладки 1Н и 2Н разомкнуты. При этом трансреакторы остаются нагруженными только на резисторы, обеспечивающие угол максимальной чувствительности.

На вход защиты поочередно для каждого реле подается соответствующий ток $1PC - I_{AB}$; $2PC - I_{BC}$; $3PC - I_{CA}$, равный номинальному или двойному номинальному току. Напряжения на резисторах измеряются вольтметром с высоким входным сопротивлением. Данные измерений с точностью $\pm 7\%$ должны соответствовать расчетным значениям:

$$\left. \begin{aligned} U &= 2IZ_{уст\min} \text{ при } \varphi_{м.ч} = 65^\circ; \\ U &= 2,5IZ_{уст\min} \text{ при } \varphi_{м.ч} = 80^\circ, \end{aligned} \right\} \quad (2.10)$$

где I — ток, подводимый к последовательно соединенным первичным обмоткам реле (ток на входе); $Z_{уст\min}$ — минимальная уставка по сопротивлению срабатывания.

Разница напряжений на резисторах рабочего и тормозного контура для каждого отдельного трансреактора не должна превышать 0,5 В.

Значение этих напряжений может быть изменено подбором резисторов или изменением воздушного зазора трансреактора. Заменять резисторы типа С2-29 (ПТМН) на МЛТ недопустимо, так как это может нарушить стабильность угла максимальной чувствительности.

Проверка настройки резонансных контуров подпитки комплекта ДЗ-2. При проверке платы нуль-индикаторов должны быть

сняты, накладки *1Н*, *2Н* и *3Н* разомкнуты. На вход защиты поочередно для каждого из реле подается переменное напряжение контура подпитки, равное 58 В (*1РС* — U_{CO} , *2РС* — U_{AO} , *3РС* — U_{BO}).

Напряжения на вторичных обмотках *2ТН* рабочего и тормозного контура измеряются вольтметром с высоким внутренним сопротивлением. Ориентировочное значение напряжения — 5,5—8,5 В. Разница напряжений на обмотках рабочего и тормозного контуров не должна превышать 0,2 В.

Сдвиг по фазе между напряжением, подводимым к контуру подпитки, и напряжением на вторичной обмотке *2ТР* должен быть $90 \pm 5^\circ$. Угол можно измерить прибором РЕТОМЕТР-М2 или другим устройством для измерения углов.

Измерение углов можно заменить проверкой распределения напряжения по элементам контура подпитки.

Измерения производятся вольтметром с большим внутренним сопротивлением. При этом напряжения на первичной обмотке трансреактора *2ТР* и конденсаторе *бС* должны быть равны между собой и составлять примерно 250—300 В. Регулировка настройки выполняется изменением зазора раздвижного магнитопровода трансреактора *2ТР* (индуктивного сопротивления) или изменением емкости конденсатора *бС*. Если на конденсаторе напряжение выше, можно добавить конденсатор 0,01—0,05 мкФ, 500 В параллельно установленному или уменьшить зазор *2ТР*. Если выше напряжение на обмотке *2ТР*, то можно увеличить воздушный зазор *2ТР* или заменить *бС* на конденсатор того же типа, но меньшей емкости. В панелях последних выпусков устанавливаются конденсаторы типа К73-17.

Проверка нуль-индикаторов. Платы с нуль-индикаторами (НИ) должны быть установлены во все реле сопротивления, накладки *1Н*, *2Н*, *3Н* РС — в положение б–в.

В защиту подается оперативный ток. На вывод б наклейки *3Н* через резистор 2,0 кОм МЛТ-0,5 подается напряжение +15 В. Напряжение +15 В снимается с клеммы 79 блока ДЗ-2 или клеммы 7 КРС-1.

Напряжения на контрольных точках платы НИ измеряются относительно «0» вывода блока питания. Напряжения должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Контролируемые точки	Напряжение, В	
	при отсутствии сигнала на входе НИ	при наличии сигнала на входе НИ
10У-10	+11,5 ÷ +14,5	-11,5 ÷ -14,5
20У-4	+0,2 ÷ +0,5	-0,2 ÷ -0,5
20У-10	-13,5 ÷ -16	+12 ÷ +14,5
2Ш-16	~0 ÷ 3	+25 ÷ +28

В соответствии с требованиями [14] проверка производится только при поиске неисправностей, так как возможно повреждение элементов при неосторожном обращении.

2.8. Настройка реле сопротивления комплекта КРС-1

Проверка ограничивающего действия диодов 6Д и 7Д. Цепи напряжения закорачиваются на входе защиты. Здесь и в дальнейшем при проверке одного из дистанционных реле комплектов КРС-1 и ДЗ-2 накладки ЗН всех остальных реле должны быть установлены в положение б-в.

В защитах II поколения накладка ЗН проверяемого реле устанавливается в положение б-в. Между точками а и в накладки ЗН включается вольтметр. Для проверки диодов реле сопротивления 1РС, 2РС, 3РС на вход защиты подаются поочередно токи I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} при плавном увеличении их до значения $5I_{НОМ}$, и кратковременно — до $10I_{НОМ}$.

Проверка диода 7Д производится при разомкнутой накладке 1Н, 6Д — при разомкнутой накладке 2Н. Напряжение на входе нуля индикатора должно быть не более 1 В. Ограничение напряжения должно наступить при токе на входе защиты не более $5I_{НОМ}$.

В защитах I поколения миллиамперметр подключается между выводами а и б накладки ЗН. В остальном проверка аналогична проверке защит II поколения. Ток не нормируется, но так как ток устойчивости 2 мА, измеренное значение тока должно быть существенно ниже.

Проверка токов срабатывания и возврата МЭР в полной

схеме. При проверке вместо миллиамперметра в схему включается микроамперметр, накладка *1Н* разобрана, *2Н* собрана. Определяется ток срабатывания МЭР при подъеме тока в его обмотке с нуля (подача тока и напряжения на вход защиты). В качестве индикатора срабатывания используется светодиод стенда, неоновая лампа комплекта ДЗ-2 или омметр.

Недопустимо пользоваться для индикации срабатывания МЭР пробниками с лампочками накаливания или контролировать срабатывание по работе реле 2РП (ЗРП, 4РП) в комплекте ДЗ-2, так как это может вызвать повреждение контактов реле. Эти же меры предосторожности нужно соблюдать и при снятии характеристик реле сопротивления.

Ток срабатывания МЭР должен быть в пределах 8—10 мкА. Возвращаться реле должно при снижении тока до нуля.

Далее нужно проверить четкость работы контактов МЭР. При снятой накладке *1Н* подачей тока на вход панели (*1РС — I_{АВ}*; *2РС — I_{ВС}*; *3РС — I_{СА}*) в МЭР устанавливается ток, равный 15 мкА. Ток на входе защиты фиксируется, устанавливается накладка *1Н* и изменяется полярность прибора. На вход защиты подается фиксированный ток и регулируемое напряжение (*1РС — U_{АВ}*; *2РС — U_{ВС}*; *3РС — U_{СА}*). При токе через МЭР, равном 40 мкА, по показаниям индикатора срабатывания контролируется четкость срабатывания и возврата при замыкании и размыкании накладки *1Н*.

Выравнивание комплексных сопротивлений рабочего и тормозного контуров на рабочих уставках (выравнивание контуров или определение «мертвой зоны»). Выравнивание комплексных сопротивлений контуров позволяет обеспечить в нуль-индикаторе незначительное преобладание тока от тормозного контура над током от рабочего контура при подаче тока и отсутствии напряжения. Благодаря этому образуется смещение характеристики реле сопротивления в I квадрант.

Реле имеет круговую характеристику, смещение в III квадрант (КРС-1) выводится, цепи напряжения закорачиваются. На трансформаторах напряжения и трансреакторах отпайки устанавливаются в соответствии с расчетом по выражению (2.8). Накладки *1Н* и *2Н* замыкаются. Прибор включается в рассечку накладки *3Н* (минус к выводу *a*).

В защитах I поколения микроамперметр с внутренним сопротивлением не более 200—250 Ом включается последовательно с МЭР между зажимами *a* и *б* накладки *ЗН*. При отсутствии прибора с малым внутренним сопротивлением можно использовать микроамперметр с сопротивлением 2000—3000 Ом и пределами 50—500 мкА. Прибор включается вместо МЭР между выводами *a* и *в* накладки *ЗН*. При этом он своим внутренним сопротивлением заменяет входное сопротивление МЭР.

В защитах II поколения накладка *ЗН* ставится в положение *б-в*, прибор сопротивлением не менее 1 кОм включается между зажимами *a-б*. Входное сопротивление нуль-индикатора очень велико, и при этом измеряется ток не через сам нуль-индикатор, а через шунтирующий резистор.

На вход защиты подается номинальный ток:

$$1PC - I_{AB}, 2PC - I_{BC}, 3PC - I_{CA}.$$

Ток в пределах 8—15 мкА регулируется резистором *13R*. Значение этого тока определяет смещение характеристики реле сопротивления в I квадрант на 1—2% $Z_{уст}$.

Настройка (проверка настройки) реле сопротивлений на заданную уставку по сопротивлениям. На реле вводятся эллиптичность (накладки *8Н* и *4Н*) и смещение (установкой накладки *1Н* в положение *a-б*), если они заданы уставками.

На защиту подается оперативный ток. На вход защиты подаются ток и напряжение двухфазного КЗ соответствующего сочетания фаз. Угол между ними равен заданному углу линии.

Значение тока обычно выбирается:

при $Z_{уст\min} = 1(5)$ Ом/фаза; $I = I_{ном} = 5(1)$ А;

при $Z_{уст\min} = 1,5(7,5)$ Ом/фаза; $I = I_{ном}/1,5 = 3(0,66)$ А, за исключением случаев, когда $Z_{уст}$ имеет большие значения, и для выставления уставки при заданных токах на реле пришлось бы подавать напряжение больше 110 В. Ток проверки должен быть не ниже тока точной работы, приведенного в табл. 2.4.

Сопротивление срабатывания РС, Ом, определяется по формуле:

$$Z_{cp} = \frac{U_{cp}}{2I_{cp}}, \quad (2.11)$$

где $U_{\text{ср}}$ — напряжение срабатывания РС, В; $I_{\text{ср}}$ — ток, подаваемый в реле при поиске срабатывания, А.

Следовательно, напряжение, при котором реле должно сработать на уставке, равно:

$$U_{\text{ср}} = 2I_{\text{ср}} Z_{\text{уст}}. \quad (2.12)$$

Плавная регулировка уставок реле сопротивления выполняется резистором $24R$. Если регулировкой резистора требуемую уставку получить не удастся, то нужно изменить число витков TN . После выставления требуемой уставки переменный резистор фиксируется контргайкой.

Для проверки коэффициента возврата реле напряжение сначала снижается на 10—20% ниже напряжения срабатывания, а затем повышается до размыкания контактов реле. Коэффициент возврата

$$K_{\text{вз}} = Z_{\text{вз}}/Z_{\text{ср}}.$$

Коэффициент возврата не должен превышать 1,1 для защит I поколения. У защиты II поколения он очень близок к 1.

Не следует принимать плавное погасание неоновой лампочки (светодиода) — индикатора срабатывания МЭР, за нечеткую работу контактов. Через лампочку заряжается конденсатор искрогасительного контура, включенного параллельно разомкнувшимся контактам.

Определение угла максимальной чувствительности. Угол максимальной чувствительности определяется методом «засечек». Условия проверки и значение тока — те же, что и при настройке уставки. На вход защиты подается напряжение, равное $(0,7—0,8)U_{\text{ср}}$. При изменении угла между подведенным напряжением и током определяется угол срабатывания при движении вектора напряжения по часовой стрелке и в обратную сторону. Угол максимальной чувствительности определяется по формуле

$$\varphi_{\text{м.ч}} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \quad (2.13)$$

где φ_1 — угол срабатывания при вращении рукоятки фазорегулятора по часовой стрелке; φ_2 — угол срабатывания при вращении рукоятки фазорегулятора против часовой стрелки.

Допустимое отклонение от заданного не более 5%.

После проверки или регулировки нужно проверить напряжение и сопротивление срабатывания реле при полученном $\varphi_{м.ч}$.

Проверка смещения характеристики реле в I квадрант (если не задано смещение в III квадрант). Условия проверки — те же, что и при регулировке уставки. Между током и напряжением устанавливается действительный $\varphi_{м.ч}$. Проверка выполняется снижением подводимого напряжения до нуля. Реле при этом должно отпасть. При плавном подъеме напряжения фиксируется его значение, при котором происходит срабатывание реле. Это напряжение соответствует сопротивлению смещения в I квадрант аналогично выражению (2.11).

Отношение

$$\frac{Z_{см}}{Z_{уст}} 100, \quad (2.14)$$

должно находиться в пределах 1—2%.

Проверка смещения характеристики реле в III квадрант (если это смещение задано). Условия проверки те же. Угол между напряжением и током, поданными в защиту, устанавливается равным $\varphi_{м.ч} + 180^\circ$. Плавным понижением напряжения определяется напряжение срабатывания и соответствующее ему сопротивление смещения. Отношение (2.14) должно соответствовать заданной уставке. Для плавной регулировки смещения можно использовать резистор $13R$, но нужно помнить, что при регулировке $13R$ изменяется и $Z_{сп}$ на рабочей уставке. Кроме того, нарушается ранее выполненное выравнивание комплексных сопротивлений контуров (важно лишь при заданном смещении в I квадрант), и при отказе от смещения в III квадрант настройку нужно будет повторить.

Снятие зависимости $Z=f(\varphi)$ (угловая характеристика) и определение коэффициента сжатия эллипса (эксцентриситет). Проверка выполняется при тех же условиях. Характеристика снимается при изменении угла между током и напряжением от 0 до 360° степенями через 30° . Вблизи угла, равного $\varphi_{м.ч}$, степени можно делать меньше. При каждом значении угла напряжение снижается до срабатывания реле. Сопротивление срабатывания определяется по выражению (2.11).

По снятым точкам в комплексной плоскости строится характеристика $Z_{cp} = f(\varphi)$ и определяются длины малой и большой полуосей. Эллиптичность (коэффициент сжатия эллипса) определяется как отношение этих осей

$$\varepsilon = \frac{a}{b}, \quad (2.15)$$

где a — длина малой полуоси; b — длина большой полуоси.

Круговая и эллиптическая характеристики приведены на рис. 2.11.

Коэффициент сжатия эллипса должен соответствовать заданному с точностью $\pm 10\%$.

Аналитический расчет эллиптичности довольно громоздок и неудобен, в связи с этим традиционно применяется графический метод расчета.

Снятие зависимости $Z = f(I)$ (характеристика точной работы). Проверка выполняется при тех же условиях. Характеристика снимается при угле между током и напряжением, равном заданному углу настройки, или при угле $\varphi_{м.ч.}$, если угол настройки не задан. Напряжение и сопротивление срабатывания реле проверяются при различных токах. Ток точной работы — это ток, при котором сопротивление срабатывания реле отклоняется от проверенного при номинальном токе не более чем на 10%. В сторону повышения тока характеристика снимается до напряжения 100 В, в сторону пони-

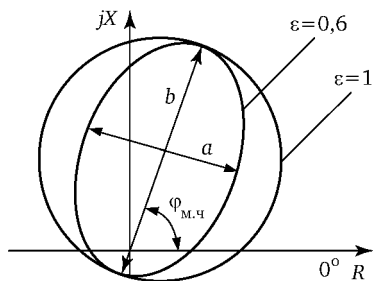


Рис. 2.11. Круговая и эллиптическая характеристики реле сопротивления при различных коэффициентах сжатия эллипса

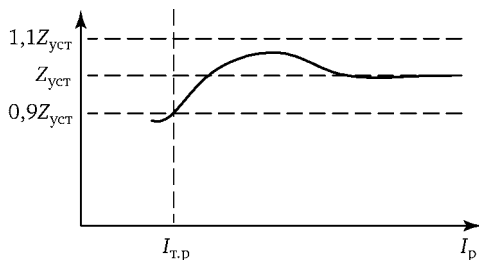


Рис. 2.12. Характеристика точной работы РС

жения — до получения тока точной работы. Он должен быть не менее чем в 1,3 раза ниже минимального тока КЗ в конце защищаемой линии и не выше значения, приведенного в табл. 2.4. Пример характеристики приведен на рис. 2.12.

2.9. Настройка реле сопротивления комплекта ДЗ-2

Проверка ограничивающего действия диодов 6Д и 7Д выполняется аналогично проверке комплекта КРС-1.

Настройка (проверка настройки) реле сопротивления на заданную уставку по сопротивлению срабатывания при заданном ф_л. Проверка выполняется аналогично проверке комплекта КРС-1, но дополнительно подается напряжение подпитки от третьей фазы. Для реле 1РС напряжением подпитки является U_{C0} , для 2РС — U_{A0} , для 3РС — U_{B0} . Для подачи напряжения подпитки на испытательном стенде У5053 нужно включить тумблер фазы С0 (S29). Кроме того, в комплекте ДЗ-2 одно реле сопротивления контролирует сопротивление I и II зон. Переключение уставок с I на II зону производится с помощью реле 1ПП. При подтянутом якоре 1ПП реле включено на уставки I зоны, при отпущенном — на уставки II зоны.

Выравнивание сопротивлений рабочего и тормозного контуров. Методика настройки при подаче тока аналогична методике настройки КРС-1. В зависимости от уставки Z_{\min} проверка производится при токах, приведенных в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Параметр	Значение параметра при номинальном токе, А					
	5			1		
$Z_{уст\ min}$, Ом	0,25	0,5	1,0	1,25	2,5	5,0
Ток проверки самохода, А	20	10	5	4	2	1

Если заданный ток трехфазного КЗ на шинах меньше расчетного тока проверки, то настройка ведется при заданном токе. Допустимые пределы тормозного тока 8—15 мкА.

Настройка схемы сравнения от контура подпитки производится на уставке I зоны и уточняется на уставке II зоны.

К контуру подпитки проверяемого реле подводится напряжение, равное 58 В:

$$1PC — U_{CO}; 2PC — U_{AO}; 3PC — U_{BO},$$

при этом основные цепи напряжения ($1PC — U_{AB}$, $2PC — U_{BC}$, $3PC — U_{CA}$) этого реле должны быть закорочены, токовые цепи — разомкнуты.

Тормозной ток должен находиться в пределах 0—10 мкА. Если не удастся установить тормозной ток в соответствии с требованиями обеих проверок, нужно вновь проверить настройку $1TP$, $2TP$ и $1TH$, проверить сопротивления резисторов $14R$, $15R$.

После регулировки уставок необходимо повторно проверить выравнивание контуров, затем повторно проверить настройку реле сопротивления на заданную уставку.

Определение угла максимальной чувствительности и проверка смещения характеристики реле в I квадрант. Эта проверка выполняется аналогично проверке КРС-1. На реле кроме тока и напряжения двухфазного КЗ подается напряжение подпитки от третьей фазы.

Проверка смещения выполняется так же, как и для КРС-1. Напряжение подпитки от третьей фазы снято.

Определение угла максимальной чувствительности в режиме реле направления мощности выполняется для облегчения последующих проверок направленности реле.

Цепи основного напряжения ($1PC — U_{AB}$; $2PC — U_{BC}$; $3PC — U_{CA}$) закорачиваются, в защиту подается номинальный ток при имитации двухфазного КЗ и соответствующее напряжение подпитки, равное 58 В ($1PC — U_{CO}$; $2PC — U_{AO}$; $3PC — U_{BO}$).

Определяются углы между током и напряжением подпитки, при которых РС срабатывает, и строится линия нулевых моментов в комплексной плоскости. Линия нулевых моментов состоит из двух векторов, исходящих из начала координат комплексной плоскости и делящих комплексную плоскость на зону срабатывания и зону торможения. Векторы расположены под углами, соответствующими углам срабатывания РС. Зона срабатывания должна составлять примерно 180° .

Среднее арифметическое из двух углов срабатывания представ-

ляет собой угол максимальной чувствительности в режиме реле направления мощности.

Так как углы отсчитываются от вектора напряжения подпитки, который опережает вектор основного напряжения на 90° , в режиме реле направления мощности

$$\varphi_{\text{м.ч рм}} = \varphi_{\text{м.ч}} + 90^\circ.$$

Отклонение $\varphi_{\text{м.ч рм}}$ от расчетного более чем на 10° может указывать на некачественную настройку контура подпитки, но оно не является нормируемой величиной.

Снятие зависимости $Z_{\text{ср}} = f(\varphi)$. Проверка выполняется аналогично проверке КРС-1. Характеристика снимается при поданном напряжении подпитки. При построении характеристики для угла, равного $\varphi_{\text{м.ч}}$, наносятся две точки: уставка и смещение в I квадрант при отключенном напряжении подпитки.

Снятие зависимости $Z_{\text{ср}} = f(I)$ (характеристика точной работы). Проверка выполняется так же и для КРС-1. Характеристика снимается для I зоны при поданном напряжении на контур подпитки.

2.10. Проверка токовых реле УРОВ типа РТ-40/Р

Проверка зависимости напряжения на вторичной обмотке трансформатора реле от тока в первичной обмотке с удвоенным числом витков (характеристика намагничивания промежуточного насыщающегося трансформатора). Проверка производится при разомкнутой вторичной обмотке и подаче тока в первичную обмотку с удвоенным числом витков (перемычка 5–7). Ток изменяется в диапазоне от 0,02 А до номинального значения. Контролируются ток и напряжение на первичной обмотке. Напряжение измеряется вольтметром с большим внутренним сопротивлением.

Проверка полярности и соотношения витков обмоток трансформатора.

1. Первичные обмотки собраны последовательно. Обмотка с двойным числом витков включена встречно по отношению к двум другим обмоткам. В разомкнутую накладку вторичной обмотки

включается миллиамперметр и измеряется ток небаланса при $5I_{\text{ном}}$ на входе реле. Тока в обмотке быть не должно.

2. Первичные обмотки собраны последовательно, полярность одинакова. Измеряется ток срабатывания. Ток срабатывания в 4 раза меньше, чем ток срабатывания при включенной одной обмотке с меньшим числом витков (перемычка 2–4).

Проверка реле на рабочей уставке производится при подаче тока в первичную обмотку с меньшим числом витков. Проверяется ток срабатывания и ток возврата. Ток срабатывания должен соответствовать паспортным данным, которые указываются на табличке реле. Коэффициент возврата должен быть не менее 0,7.

Проверка взаимодействия реле защиты выполняется принудительным срабатыванием реле от руки при напряжении оперативного постоянного тока $0,8U_{\text{ном}}$. В комплекте ДЗ-2, кроме срабатывания реле, необходимо проверить удерживание реле 1РП от обмотки 1РПу при срабатывании 4РП и 3РП (раздельно) и удерживание реле 4РП контактом 4РП/2.

Комплексная проверка дистанционной защиты при имитации различных видов повреждений. Имитация двухфазных КЗ в зоне производится поочередно для сочетаний фаз АВ, ВС, СА. Термин «в зоне» в данном случае не совсем точен, так как одна из проверок ($1,1Z_{\text{III}}$) соответствует КЗ за пределами защищаемой линии. Точнее было бы сказать «КЗ в направлении защищаемой линии», но оставим приведенный термин как общепринятый.

Восстанавливаются все цепи защиты, проверяется правильность установки всех перемычек на панели и внутри реле. Перемычки ЗН в цепи МЭР или нуль-индикаторов реле, соответствующих проверяемому сочетанию фаз, устанавливаются в положение а–б, на остальных реле — б–в. Производится измерение и настройка времени действия защиты при имитации двухфазного КЗ при заданном угле максимальной чувствительности и поданном напряжении подпитки.

Измерения производятся при подведении на вход защиты токов и напряжений, соответствующих сопротивлениям, приведенным в табл. 2.7. Ток для проверки подается того же значения, при котором регулировались уставки реле, но не менее двукратного значения тока точной работы проверяемой ступени.

Для измерения времени срабатывания защиты секундомер запускается при подаче в защиту токов и напряжений аварийного режима и останавливается замыкающими контактами выходного реле, действующими на отключение. Контакты должны быть отключены от остальной схемы. Если I ступень введена без выдержки времени, время срабатывания защиты должно быть не более 85 мс, на линиях с разрядниками (в качестве выходного используется выносное реле ЗРП) — не менее 100 мс. Время срабатывания последующих ступеней, а также I ступени с выдержкой времени должны соответствовать уставкам. Допустимые отклонения $\pm 0,1$ с.

Трехфазное КЗ в начале линии имитируется снижением напряжения в трех фазах и одновременной подачей тока в сочетании фаз, соответствующем проверяемому реле. При использовании стенда У5053 трехфазное КЗ имитируется переводом тумблера S31 в положение «З-ф. КЗ». Время срабатывания защиты должно соответствовать I зоне.

Если I зона выполнена с выдержкой времени, защита при этой проверке не срабатывает. Как правило, это компенсируется работой междуфазной токовой отсечки. В тех случаях, когда необходима работа именно дистанционной защиты, можно выполнить шунтирование резистора $13R$ на одном из реле сопротивления свободным контактом реле ЗРП. Этим обеспечивается смещение характеристики РС в III квадрант, что вызывает срабатывание реле сопротивления без цепей напряжения. Такое решение применяется в течение нескольких лет на объектах ОАО «Кубаньэнерго».

Одновременно выполняется проверка времени замкнутого состояния контактов выходного реле. Это время должно быть 40 мс и более при токе, равном 1,5 максимального значения при КЗ в начале линии. Если время меньше 40 мс или реле вообще не успевает срабатывать, необходимо выполнить следующие мероприятия:

а) уменьшить тормозной ток в реле сопротивления до минимально возможного;

б) уменьшить уставку в цепях тока $Z_{уст}$, если это возможно по условию выполнения заданных уставок с последующей перепроверкой реле сопротивления I зоны защиты;

в) исключить выдержку времени на выходном реле.

Проверка поведения защиты при двухфазном КЗ в начале линии производится для определения правильности включения контура подпитки. При работе со стендом У5053 тумблер «S29» «фазы С0» устанавливается в положение «Включено». Ток устанавливается равным максимальному току КЗ на шинах. Напряжение на поврежденных фазах снижается до нуля. Защита должна сработать с выдержкой времени I зоны.

Проверка поведения защиты при КЗ вне зоны действия защиты. Проверка при *трехфазном КЗ на шинах* выполняется аналогично проверке *трехфазного КЗ в начале линии*. Защита должна сработать с выдержкой времени III зоны, если задана ее смещение в III квадрант, и не срабатывать, если смещение не задано.

Имитация двухфазного КЗ «за спиной» выполняется поочередной подачей толчком токов на входы АВ, ВС, СА в диапазоне от нуля до максимального тока двухфазного КЗ при $\varphi = \varphi_{м.ч} + 180^\circ$ и одновременным снижением напряжения поврежденных фаз от 100 до 0 В. При подаче сопротивления больше сопротивления смещения III зоны защита работать не должна. При меньшем значении защита должна работать с выдержкой времени III зоны. Если смещение III зоны в III квадрант не задано, защита срабатывать не должна.

Указанные проверки приведены в табл. 2.7.

Проверка поведения защиты при близких трехфазных КЗ вне зоны действия защиты в тупиковом режиме линии выполняется имитацией трехфазного КЗ при разомкнутых токовых цепях панели. Защита срабатывать не должна.

Проверка поведения защиты при подаче и снятии напряжения переменного тока выполняется отключением автоматического выключателя питания цепей напряжения. Защита срабатывать не должна.

Дополнительно к проверкам, предусмотренным формой протокола (рассмотрены выше), рекомендуем измерить токи срабатывания реле сопротивления при разомкнутых цепях напряжения и сравнить их с максимальными токами нагрузки данного присоединения. Эта проверка позволяет оценить возможность ложной работы защиты при отключении автоматического выключателя во вторичных цепях трансформаторов напряжения и пуске блокировки при качаниях.

Таблица 2.7

Вид КЗ	Z	φ	Срабатывает с выдержкой времени
Двухфазное в зоне	$0,5Z_I$	$\varphi_{м.ч}$	I зоны
	$0,9Z_I$		I зоны
	$1,1Z_I$		II зоны
	$0,9Z_{II}$		II зоны
	$1,1Z_{II}$		III зоны
	$0,9Z_{III}$		III зоны
	$1,1Z_{III}$		Не срабатывает
Трехфазное в начале линии	0		I зоны
Двухфазное в начале линии	0	$\varphi_{м.ч} + 180^\circ$	I зоны
Трехфазное «за спиной»	0		III зоны*
Двухфазное «за спиной»	0		III зоны*
	$0,5Z_{смIII}$		III зоны*
	$1,1Z_{смIII}$	Не срабатывает	

* Если задано смещение III зоны в III квадрант.

Комплексная проверка защиты от замыкания на землю аналогична комплексной проверке дистанционной защиты.

Измеряется время срабатывания при поданном напряжении $3U_0$ и токах $1,3I_{уст}$ каждой из ступеней. Токи больших значений должны подаваться кратковременно. Так как реле направления мощности в общем случае термически неустойчиво, напряжение $3U_0$ подается через замыкающие контакты $K4$ блока $K503$ во избежание длительной подачи напряжения 100 В. Каждая ступень проверяется с учетом направленности.

Проверка времени действия токовой отсечки. При токе, равном $0,9I_{уст}$, токовые реле не должны срабатывать. Измеряется время срабатывания при $1,3I_{уст}$. Ток подается в фазы А и С. Если для проверки необходимо использовать ток большего значения, то он подается кратковременно.

Проверка защиты рабочим током и напряжением выполняется после завершения всех подготовительных операций. Проверяется положение накладок и перемычек на всех устройствах защиты. Кожухи комплектов аппаратов должны быть надеты и надежно

закреплены. Действие защиты установлено «на сигнал». На защиту подается оперативный ток. Вставлены все испытательные блоки.

Исправность токовых цепей проверяется измерением вторичных токов нагрузки в фазах и токов небаланса в нулевом проводе.

Правильность подведения цепей напряжения проверяется измерением напряжения между различными фазами вторичных цепей ТН на клеммнике панели. При номинальном первичном напряжении они должны соответствовать значениям, приведенным ниже:

Вектор	AB	BC	CA	AO	BO	CO	BH	HI	AH
U, В	100	100	100	58	58	58	1-3	100	100
Вектор	CH	AI	CI	OH	AФ	СФ	ОФ	HФ	ФВ
U, В	100	195	142	58	195	195	158	100	100

Если фаза Φ в панель не заведена, можно обойтись без измерения напряжений с ее участием, но при этом повышается вероятность ошибки.

По измеренным данным строится диаграмма векторов напряжений (потенциальная диаграмма). На рис. 2.13 приведена диаграмма напряжений при правильной сборке цепей.

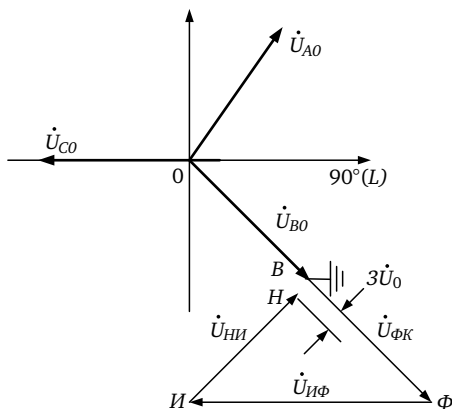


Рис. 2.13. Векторная диаграмма цепей напряжения

Следует обратить особое внимание на проверку правильной маркировки выводов H , I и K разомкнутого треугольника. Необходимо проверить на сборке выводов, от какой фазы трансформатора напряжения приходит заземленный конец цепи $3U_0$. Ошибочная маркировка и установка заземления в цепи $3U_0$ приводят к неправильному включению направленных защит и к ее неправильному действию при КЗ в защищаемой сети. Напряжение вывода K относительно земли должно быть близко к нулю, а вывода H — напряжение небаланса 0,3—3 В. Отсутствие напряжения небаланса указывает на обрыв или закорачивание цепей. Если эти напряжения соизмеримы из-за наведенных напряжений между точкой заземления вторичных обмоток в шкафу ТН и корпусом панели (напряжение наводки между землей и заземленной жилой изменяется при переключении пределов прибора с малым внутренним сопротивлением), проверка производится следующим способом.

На клеммнике панели отсоединяется жила кабеля H в сторону ТН. Между I и K включается резистор сопротивлением 50—100 Ом. При правильных обозначениях на жилах кабеля на клеммнике панели в шкафу ТН в цепях с маркировкой K и I должен протекать ток 1—2 А, а в цепях с маркировкой H ток должен отсутствовать.

Более наглядный, но и более сложный метод — исключение напряжения одной фазы непосредственно на ТН. Трансформатор напряжения выводится из работы, фаза A исключается из схемы и заземляется, на две другие фазы подается рабочее напряжение. Между цепями K и H появляется напряжение 100 В. Этот способ, довольно опасен, сложен и может применяться только на вновь вводимых небольших подстанциях, где нет других устройств, на которые может повлиять ненормальная схема включения ТН.

Не забывайте о пределах термической устойчивости реле мощности!

2.11. Проверка блокировки при неисправностях в цепях напряжения

Проверка тока небаланса в нормальном режиме. При вставленных рабочих крышках испытательных блоков цепей напряжения измеряется ток в обмотке реле $1PH$. Миллиамперметр подключен в рассечку накладки $7H$. Ток небаланса $I_{нб}$ в нормальном режиме не должен превышать 0,3 мА (для защит I поколения) или одной трети тока возврата реле (для защит II поколения). При бóльших значениях $I_{нб}$ выполняется его регулировка регулировочным резистором $R37$.

Проверка чувствительности устройства блокировки при обрывах в цепях напряжения. При поочередном отключении фаз напряжения: $A, B, C, O, H, И, ABC, НКИ$ — оценивается надежность действия блокировки сравнением тока в реле $1PH$ (накладка $7H$) для каждого из отключений с током срабатывания этого реле.

Коэффициент надежности определяется из выражения:

$$k_{над} = \frac{I_p}{I_{ср}}, \quad (2.16)$$

где I_p — ток в реле; $I_{ср}$ — ток срабатывания реле.

Нормальным значением считается $k_{над} > 4$.

Проверка правильности включения устройства блокировки имитацией однофазного КЗ выполняется исключением одной и той же фазы в цепях звезды и разомкнутого треугольника трансформатора напряжения.

Для проверки нужно отключить U_A на входе защиты и вывод U_A защиты соединить с U_0 . Вместо U_n на вход панели подается U_n на клеммнике в соответствии с рис. 2.14,а или на испытательных блоках (рис. 2.14,б).

Ток небаланса в обмотке реле не должен превышать значений, приведенных выше.

После восстановления цепей напряжения нужно проверить ток небаланса и замкнуть накладку $7H$.

Проверка по приведенной методике справедлива только в том случае, если вектор напряжения $U_{B(K)}$ — Φ расположен в одном направлении с вектором U_{BO} , $U_{\Phi-И}$ — с U_{CO} , $U_{И-Н}$ — с U_{AO} . В других слу-

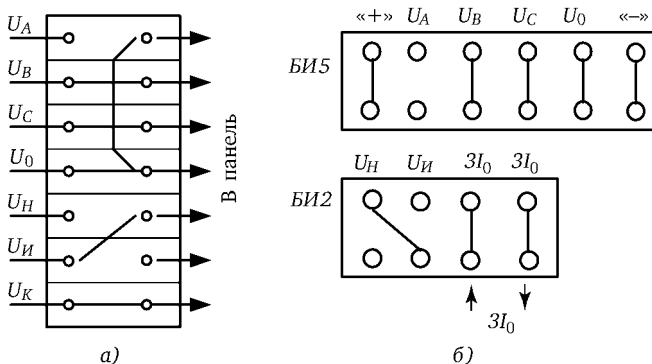


Рис. 2.14. Имитация однофазного КЗ на фазе А

чаях эта методика проверки изменится. Общий принцип метода заключается в исключении вектора напряжения, соответствующего одной и той же фазе в цепях звезды и треугольника.

2.12. Проверка фильтра тока обратной последовательности КРБ-126

При *прямом чередовании фаз* токов измеряется ток небаланса в рабочей обмотке реле *1РТ (КР1)* (в накладе *4Н* или *5Х1*). Ток небаланса при максимальной нагрузке не должен превышать ток возврата поляризованного реле. При измерении тока небаланса якорь реле *ЗРП (КЗ)* заклинен в подтянутом состоянии. Значение тока небаланса при максимальной нагрузке определяется расчетным путем:

$$I_{\text{нб max}} = \frac{I_{\text{н max}}}{I_{\text{н}}} I_{\text{нб}} \quad (2.17)$$

где $I_{\text{н}}$ — ток, подводимый к реле (ток нагрузки), А; $I_{\text{нб}}$ — измеренный ток небаланса, мА; $I_{\text{н max}}$ — заданный ток максимальной нагрузки, А.

Если ток небаланса больше допустимого значения, необходимо после повторной, тщательной проверки симметрии токов нагрузки

в фазах резисторами $R7$ и $R10$ произвести регулировку фильтра на минимум тока небаланса.

Ток нагрузки может содержать заметную составляющую обратной последовательности, при этом ток небаланса может выйти за допустимые пределы. В таком случае ток обратной последовательности определяется по методу симметричных составляющих и его измеренное значение подставляется в выражение (2.17) в качестве тока нагрузки.

При обратном чередовании фаз токов на входе защиты (на испытательном блоке нужно поменять местами фазы A и C в соответствии с рис. 2.15) измеряется ток небаланса. Ток в реле должен быть равным:

$$I_p = \frac{I_n}{I_{уст.I2}} I_{cp}, \quad (2.18)$$

где I_p — измеренный ток в реле, мА; I_n — ток нагрузки, А; $I_{уст.I2}$ — ток уставки по I_2 , А; I_{cp} — ток срабатывания КР, мА.

Проверка правильности включения реле направления мощности нулевой последовательности. При проверках во избежание ошибок заземленный вывод цепей напряжения не должен отсоединяться от реле.

Напряжение небаланса разомкнутого треугольника находится, как правило, в диапазоне 0,3—3 В. При отсутствии напряжения небаланса следует проверить целостность цепи от реле до выводов разомкнутого треугольника и убедиться в правильности подключения цепей к разомкнутому треугольнику, а также в отсутствии КЗ и второй заземленной точки в этих цепях.

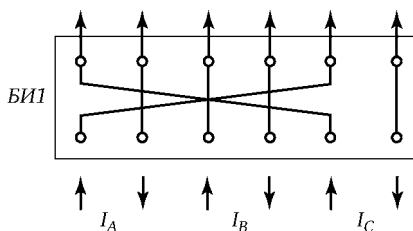


Рис. 2.15. Подача тока в панель с обратным чередованием фаз

При имитации однофазного КЗ фиксируется состояние контактов разрешающего и блокирующего РМ. Для этого:

- в нулевой провод защиты подаются поочередно токи фаз A , B , C ;
- в цепи напряжения $3U_0$ (фаза H) подается фаза I (испытательное напряжение) с помощью испытательных блоков или через клеммник.

Более удобна работа с токами на клеммнике панели, так как при операциях одновременно двумя испытательными блоками велика вероятность размыкания токовых цепей.

Подача токов в нулевой провод на клеммнике панели выполняется в соответствии с рис. 2.16.

При проверке нужно контролировать неизменность нагрузки по сравнению с моментом снятия векторных диаграмм.

По результатам предварительной настройки РМ строится линия изменения знака момента и определяются зона срабатывания и зона заклинивания для каждого реле. На построенные рисунки наносится векторная диаграмма токов и оценивается правильность работы реле. Если вектор подводимого тока расположен в зоне работы реле, то реле должно сработать, если вне зоны — реле срабатывать не должно. Поведение блокирующего реле противоположно разрешающему, т.е. его угол максимальной чувствительности сдвинут на 180° .

Обычно разрешающее РМ расположено в комплекте, но допустимо изменять направленность реле, если это оговорено уставка-

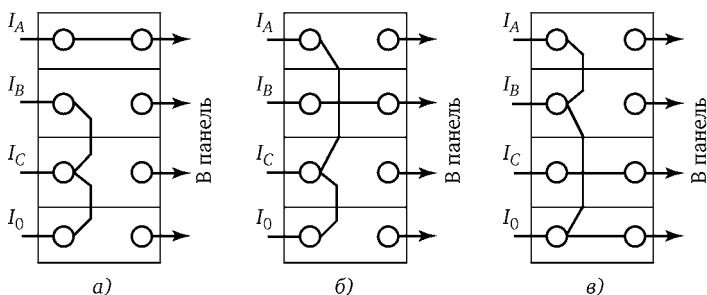


Рис. 2.16. Подача тока с клеммника панели для проверки правильности включения реле мощности:

a — КЗ на фазе A ; b — КЗ на фазе B ; c — КЗ на фазе C

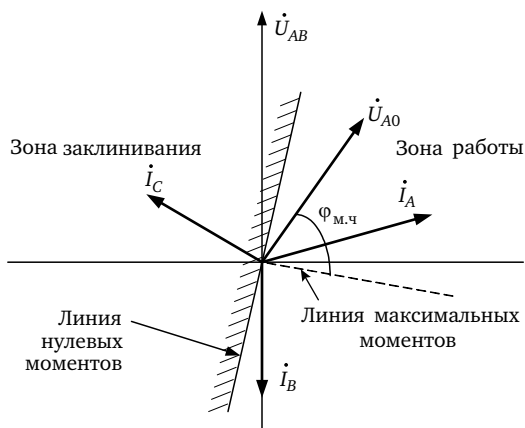


Рис. 2.17. Диаграмма проверки разрешающего реле направления мощности под нагрузкой

ми. Разрешающее реле должно срабатывать при направлении тока фазы имитируемого КЗ от шин в линию.

На рис. 2.17 приведен пример определения зоны работы разрешающего реле.

Проверка правильности включения реле сопротивления выполняется только для I зоны одного РС (как правило, 1РС комплекта ДЗ-2). Остальные сфазированы между собой на предыдущих этапах наладки. Проверка производится путем перевода реле сопротивления в режим реле направления мощности.

На защиту подается оперативный ток. Накладка ЗН проверяемого реле устанавливается в положение а-б, между зажимами а-в включается микроамперметр. Накладки ЗН других реле сопротивления устанавливаются в положение б-в. Проверка производится с помощью испытательных блоков с набранными переключками.

В токовые цепи подается ток нагрузки в нормальном сочетании фаз. Реле сопротивления переводится в режим органа направления мощности закорачиванием в сторону панели основных цепей напряжения проверяемого реле. В контур подпитки поочередно подаются напряжения U_{AO} , U_{BO} , U_{CO} . Две последние операции выполняются установкой блоков с переключками, набранными по рис. 2.18. Угол максимальной чувствительности для реле 1РС отсчитывается

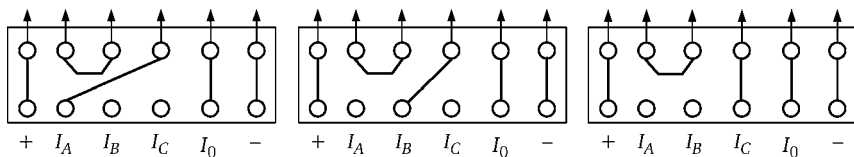


Рис. 2.18. Набор перемычек на испытательных блоках для проверки правильности направления IPC ДЗ-2

между током I_{AB} и подаваемым напряжением. Отсчет угла ведется от вектора тока против часовой стрелки. Фиксируется поведение реле по току в расщепке накладки $3H$ и срабатыванию выходного реле PC .

На основании векторной диаграммы цепей тока и напряжения на входе защиты строятся зоны срабатывания реле и предполагаемое поведение реле сравнивается с действительным.

На рис. 2.19 приведен пример определения зоны работы реле сопротивления.

Активная и реактивная энергия направлены от шин в линию. Ориентировочные углы токов в фазах, измеренные прибором ВАФ-85 (углы относительно вектора напряжения \dot{U}_{AB}): $I_A = 35^\circ (L)$; $I_B = 155^\circ (L)$; $I_C = 85^\circ (C)$.

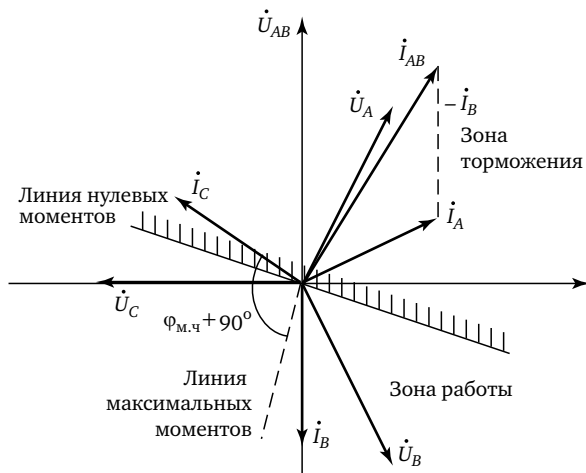


Рис. 2.19. Диаграмма проверки реле сопротивления ДЗ-2 под нагрузкой

Реле срабатывает при подаче в контур подпитки напряжений U_{BO} и U_{CO} , и не срабатывает при подаче напряжения U_{AO} .

Типовая инструкция [1] рекомендует строить диаграммы с отсчетом углов от вектора напряжения. В этом случае отсчет нужно вести по часовой стрелке и строить три диаграммы (для напряжений U_{AO} , U_{BO} , U_{CO}). Этот способ более нагляден, но и более трудоемок. Результат в обоих случаях получается одинаковым.

При включении 1-го и 2-го комплексов защиты на разные группы трансформаторов тока следует произвести дополнительно проверку для одного реле сопротивления КРС. Проверка направленности в этом случае производится переводом накладки $10H$ в положение б–в. Реле сопротивления переходит в режим, близкий к органу направления мощности (точнее, в режим реле сопротивления с уставкой, существенно превышающей сопротивление нагрузки).

После завершения работ по ориентировке реле сопротивления необходимо подать нормальное сочетание напряжений и токов и проверить наличие тормозного тока в рассечке накладок $3H$ всех реле, после чего установить накладки $3H$ в положение а–б.

Дополнительные сведения о проверках дистанционных защит приведены в [6] (защита является ближайшим аналогом защит ПЗ-2/2 и ПЗ-2/1). Классической можно считать литературу, посвященную как описанию, так и методике проверки защиты ЭПЗ-1636 [17].

Программа проверки панели ЭПЗ-1636

3.1. Назначение программы

Программа предназначена для автоматической проверки основных электрических параметров панели ЭПЗ-1636. В состав программы входят подпрограммы, соответствующие отдельным блокам защиты: ДЗ-2, КРС-1, КРБ-126 и др. Некоторые из этих подпрограмм могут вызываться из главного меню программного обеспечения испытательной системы РЕТОМ-51.

Программа исключает недопустимые действия со стороны персонала — кнопки управления блокируются в режимах, при которых они не должны быть доступными. Другие кнопки при неправильных действиях вызывают запрос на подтверждение. Например, при выходе из программы, если результаты испытаний не были сохранены, программа напоминает об этом и предлагает их сохранить.

Программа обеспечивает:

- удобство и наглядность проверки;
- графическое представление характеристик $Z(\varphi)$, $Z(I)$, $u(I)$, $u(Z)$;
- автоматическую распечатку и объективность протокола;
- подсказки и помощь (включая схему подключения);
- возможность анализа деталей характеристик (например, поведение характеристики реле сопротивления I ступени ДЗ-2 вблизи нуля);
- возможность проведения ранее недоступных проверок (например, прямой проверки уставок КРБ-126 по U_2 , I_2);

- возможность проверки отдельных реле и комплектов того же типа или выполняющих те же функции, что и реле, входящие в состав панели ЭПЗ-1636, т.е. программа имеет не только специализированное, но и общее назначение.

Система РЕТОМ выдает протокол в электронной форме или на бумажном носителе. Такие проверки, как проверка состояния механической части, проверка изоляции, проверка блоков питания, проверка под нагрузкой, системой не проводятся, так как они не автоматизируются и должны проводиться вручную. Но формой протокола они предусмотрены и могут быть внесены в него после распечатки на бумаге. Имеется возможность внести эти и другие проверки в электронный вариант протокола при помощи текстового редактора.

До начала работы с устройством РЕТОМ необходимо организовать систему хранения архива результатов проверки (протоколов). Создать архив можно, объединив в каталоги протоколы по присоединениям либо по другой удобной для пользователя системе (например, по годам проверки).

В некоторых случаях стандартную форму протокола требуется изменить (защита с магнитоэлектрическими реле вместо нуля-индикаторов, дополнительная ступень защиты от замыканий на землю и т.п.). Формы и содержание протоколов редактируются так же, как и текстовые файлы помощи. Перед редактированием желательно создать резервную копию протокола.

При необходимости выполнения дополнительных проверок, не входящих в программу «ЭПЗ-1636», или при уточнении некоторых замеров можно выполнить их в модуле «Ручное управление источниками тока и напряжения» или в другом модуле.

3.2. Общие сведения о работе программы

Программа имеет дружественный интерфейс (под операционной системой Windows): имеется возможность перемещать окна, минимизировать, восстанавливать их размер. Объекты управления (кнопки, меню) аналогичны объектам Windows, что облегчает настройку программы и выполнение испытаний.

В части документации программа имеет открытую архитектуру, т.е. можно изменять (редактировать) HTML-файлы шаблона «*Протокол*» (кроме редактируемых полей) и «*Помощь*», вместе с приведенными в нём схемами подключения РЕТОМ-51 к панели.

В каждом блоке проверки (ДЗ-2, КРС-1 и др.), обычно в окне «*Условия проверки*» есть флаг «*Проверки производить без сообщений*». Если он не взведен, то перед началом испытаний будет автоматически вызвана схема подключения аппаратуры для исключения ошибок подключения РЕТОМ к панели и проверка начнется с выдачи указаний о необходимых действиях со стороны проверяющего.

Программа позволяет работать так же, как и с привычными установками У5053, управляя в отдельно взятый момент времени только одной выдаваемой величиной (фазным, линейным током или напряжением, углом сдвига фаз). При работе в этой программе при выполнении проверок испытательной установкой РЕТОМ-51 по сравнению с У5053 имеются дополнительные возможности:

- выдача симметричного трехфазного тока или напряжения прямой или обратной последовательности с регулированием значения и фазы;
- измерение времени в режиме миллисекундомера;
- регулирование частоты выдаваемых параметров в диапазоне от 0,2 до 500 Гц;
- подключение для поочередного контроля или для проверки очередности срабатывания до восьми контактов;
- использование встроенного мультиметра для измерения тока или напряжения внешней цепи;
- использование нескольких вариантов синхронизации: с сетью; друг с другом, т.е. синхронную выдачу токов и напряжений, выдаваемых двумя или тремя приборами, работающими от одного компьютера; GPS — для очень удаленных друг от друга тестовых систем, например расположенных по двум концам линии.

При работе в программе «Ручное управление источниками тока и напряжения» необходимо соблюдать осторожность. Непроизвольный щелчок «мышью» в поле диаграммы изменяет параметры тока и напряжения на выходе прибора. При включенном «рубильнике», указатель «мыши» оставлять в поле диаграммы опасно!

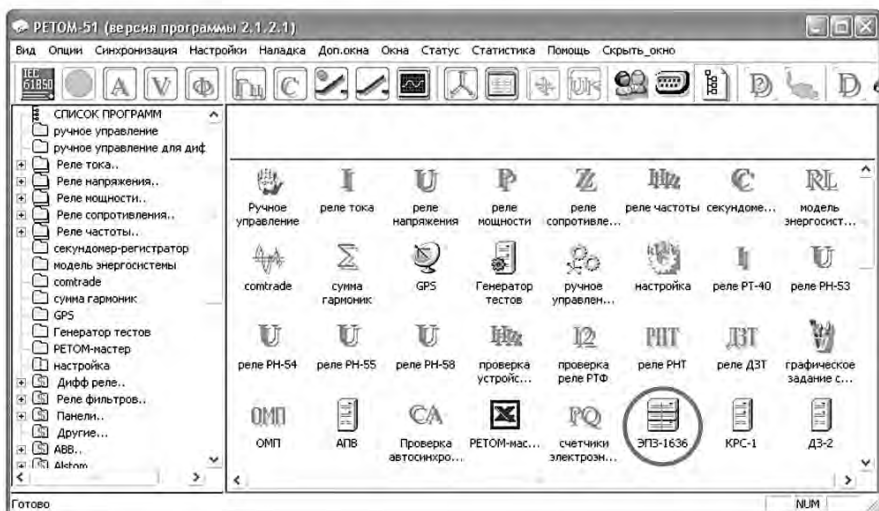


Рис. 3.1. Главное меню программы управления РЕТОМ-51

В этой программе возможна имитация различных видов КЗ с ручной установкой векторной диаграммы, но для этой цели лучше использовать специальные программы, в которых заложена выдача различных видов КЗ.

Программа построена таким образом, что окно программы представляет собой стандартное Windows-окно.

Принципы управления источниками тока и напряжения в программе «Ручное управление источниками тока и напряжения» выполнены интуитивно понятно и не требуют специального описания.

Для запуска специальной программы проверки ЭПЗ-1636 необходимо вначале загрузить программу «Реле-Томограф», а потом из предложенного меню выбрать иконку «ЭПЗ-1636» (рис. 3.1).

3.3. Главное окно программы. Параметры панели

После запуска появляется главное окно программного модуля ЭПЗ-1636. В левой части окна расположен список пунктов «Параметры панели и типы проверок» (рис. 3.2). При выборе требуемого

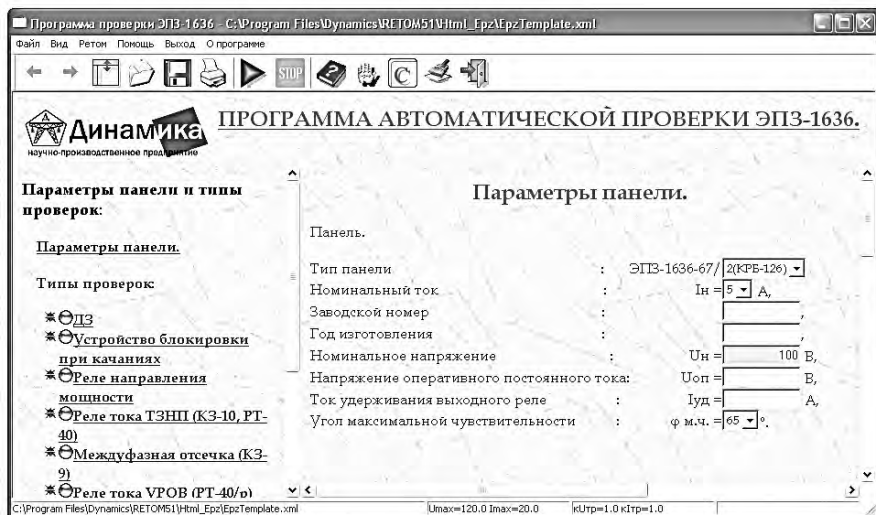


Рис. 3.2. Внешний вид программы проверки ЭПЗ-1636

пункта в левой части в правой части появляется соответствующее окно.

Проверка начинается с задания параметров панели. Параметры панели, в основном, необходимы для протокола. Программа использует только несколько параметров: номинальный ток, номинальное напряжение и угол максимальной чувствительности. Они необходимы для правильной настройки процедуры проверки и определения основных параметров по погрешностям.

При проверке дистанционной части панели ЭПЗ-1636 используются модули проверки комплекта ДЗ-2 и КРС-1; при проверке устройства блокировки при качаниях — КРБ-125 или КРБ-126; при проверке реле мощности — РБМ-177/178; при проверке реле УРОВ — РТ-40/р. Все эти модули самостоятельные, их вызывает основной модуль ЭПЗ-1636. Модули могут использоваться и по отдельности, но тогда не получится итоговый протокол, так как модули в этом случае будут формировать свои протоколы, а общий протокол придется формировать в текстовом редакторе, что не очень удобно. Все остальные проверки находятся в основном модуле.

3.3.1. Назначение кнопок панели инструментов

В верхней части программы имеется панель инструментов. В виде иконок представлены некоторые функции меню, требующие оперативного выполнения (рис. 3.3).

Основные функции:

- сохранение результатов работы в архиве;
- загрузка старых данных из архива;
- печать протокола;
- старт/стоп проведения проверки;
- очистка протокола от предыдущих результатов работы;
- вызов файла помощи;
- выход из модуля в основную программу;

Дополнительные функции:

- движение вверх/вниз по вложенности вызываемых окон;
- расширение левой стороны за счет правой и возврат к основному режиму отображения;
- оперативный вызов модуля «*Ручное управление источниками тока и напряжения*»;
- оперативный вызов модуля «*Секундомер*».

Возможно появление других дополнительных функций.

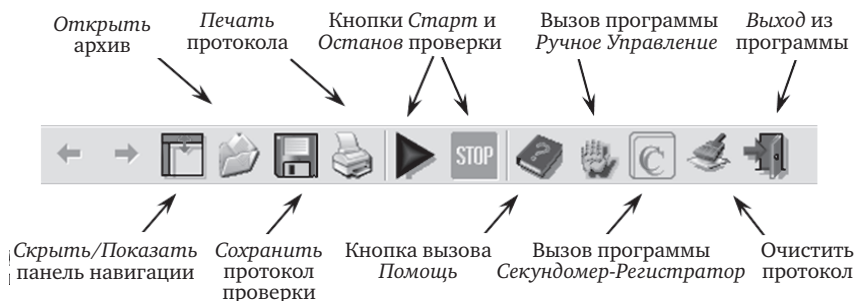


Рис. 3.3. Панель инструментов

3.3.2. Строка меню

В верхней части окна расположено также основное меню модуля. Оно предназначено прежде всего для управления файлами архива и протокола, изменения внешнего вида модуля и повторяет функции иконок. Основные функции меню показаны на рис. 3.4.

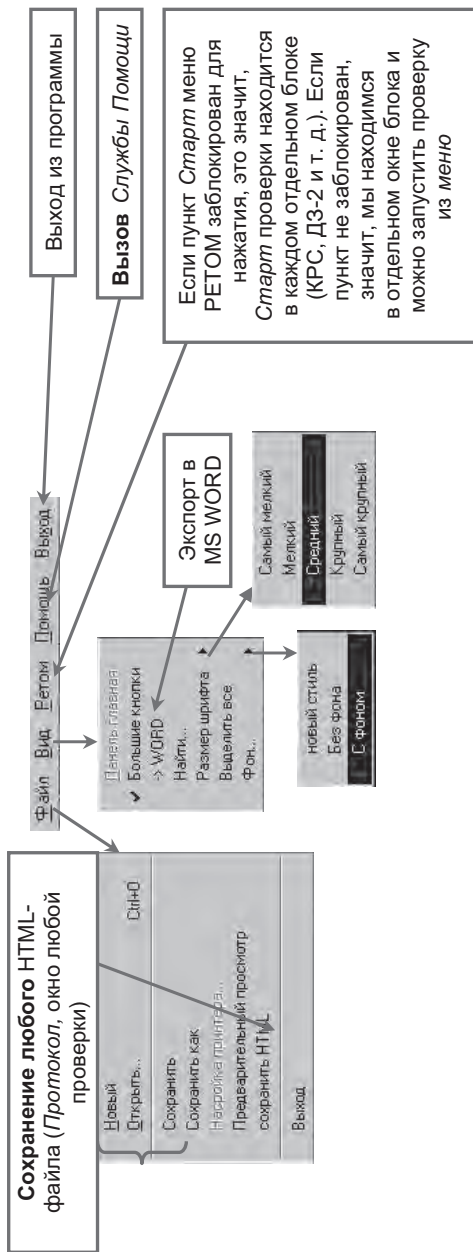


Рис. 3.4. Назначение пунктов строки меню

3.4. Проверка комплекта ДЗ-2

После ввода основных параметров панели входят в пункт ДЗ (дистанционная защита). В левой части появляются два подпункта: ДЗ-2 и КРС-1. Загружаем модуль ДЗ-2. По внешнему виду, меню и иконкам он похож на основной модуль.

Программный модуль ДЗ-2 предназначен для проверки РС двух первых ступеней ДЗ и устройства блокировки при неисправности цепей напряжения (БНН) комплекта ДЗ-2 — КРБ-12.

Программа позволяет в автоматическом режиме найти и проверить следующие параметры:

- уставки $Z_{уст}$ РС обеих ступеней ДЗ;
- сопротивления рабочего и тормозного контуров РС обеих ступеней ДЗ и осуществить их выравнивание;
- угол максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч}$ обеих ступеней ДЗ;
- смещение в I квадрант характеристики РС I ступени ДЗ;
- угол максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч}$ РС I ступени ДЗ в режиме реле направления мощности;
- характеристику $Z(\varphi)$ РС обеих ступеней ДЗ;
- ток точной работы $I_{т.р}$ РС обеих ступеней ДЗ;
- время срабатывания.

3.4.1. Проверка реле сопротивления

Первый шаг — необходимо задать все уставки и режимы работы ДЗ-2. Для этого входим в окно «*Параметры блока*». В открывшейся таблице в правой части экрана задают все требуемые параметры (рис 3.5).

Основными являются уставки по сопротивлению, углу, току и времени работы по ступеням. Остальные параметры также желательно ввести. В противном случае некоторые результаты работы будут не очень точны.

3.4.2. Выбор условий проверок РС

Второй шаг — необходимо задать условия проверки. Для этого в левой части выбирают поле «РС» и «Условия проверок». В правой части экрана появляется окно задания условий (рис. 3.6).

Окно разделено на три части: для I и II ступеней и для комплекс-

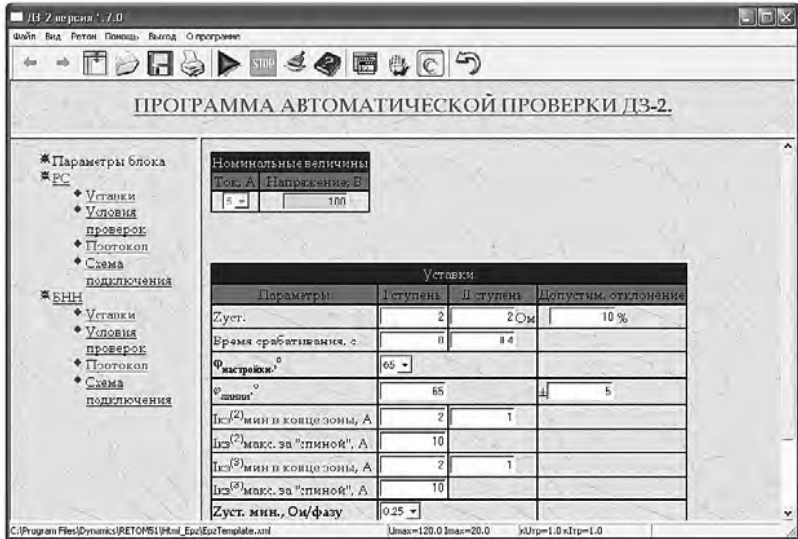


Рис. 3.5 Внешний вид окна задания уставок ДЗ-2

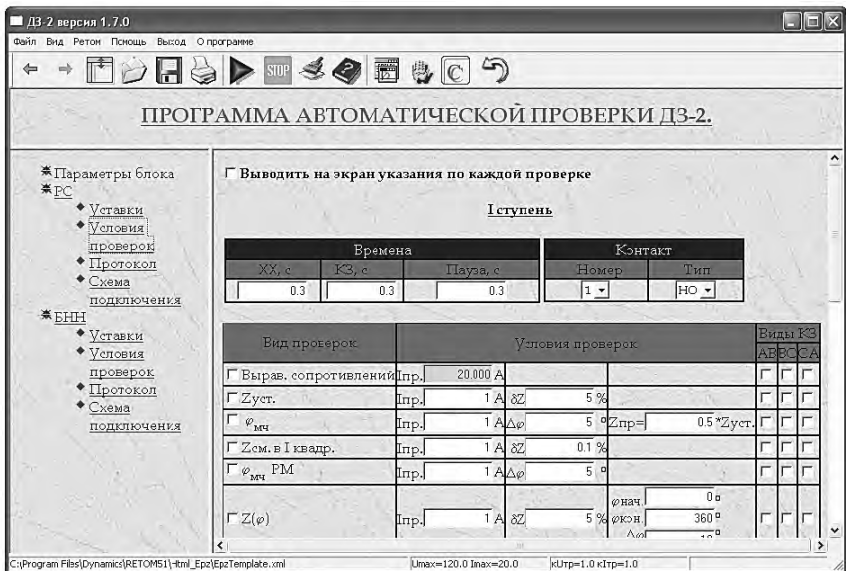


Рис. 3.6 Окно задания условий проверок РС

ной их проверки. В каждой части задается временная диаграмма, таблица «Времена», номер опрашиваемого дискретного входа — «Контакт», виды и сами условия проверок.

3.4.3. Подключение

Третий шаг — подключение. Он может быть и самым первым, но перед пуском автоматической проверки необходимо убедиться в правильности подключения. Схема подключения может меняться в зависимости от нахождения блока ДЗ-2 — в составе панели или отдельно от нее. Эти варианты схем подключения показаны на рис. 3.7.

При подключении по схеме на рис. 3.7,а необходимо снять рабочие крышки испытательных блоков *БИ1* и *БИ2* и установить штекеры контрольные (ШК) с выводами, закороченными со стороны ТТ.

Проверку характеристик РС можно проводить через контакт выходного реле первого комплекса (на схеме подключения — *4РП*) или через контакт выходного органа РС *АВ*, *ВС*, *СА I* и *II* зон ДЗ.

Перед началом проверки РС необходимо разомкнуть перемычку *7Н* для исключения возможности блокирования РС от БНН.

Затем на панель подают оперативный ток.

При проверке РС ДЗ-2 по I зоне якорь реле *1РП* заклинивают в подтянутом положении, а по II зоне — в отпавшем.

При работе через контакт выходного реле первого комплекса для исключения влияния блокировки при качаниях якорь реле *КЗ* в КРБ-126 (КРБ-125) заклинивают в отпавшем положении.

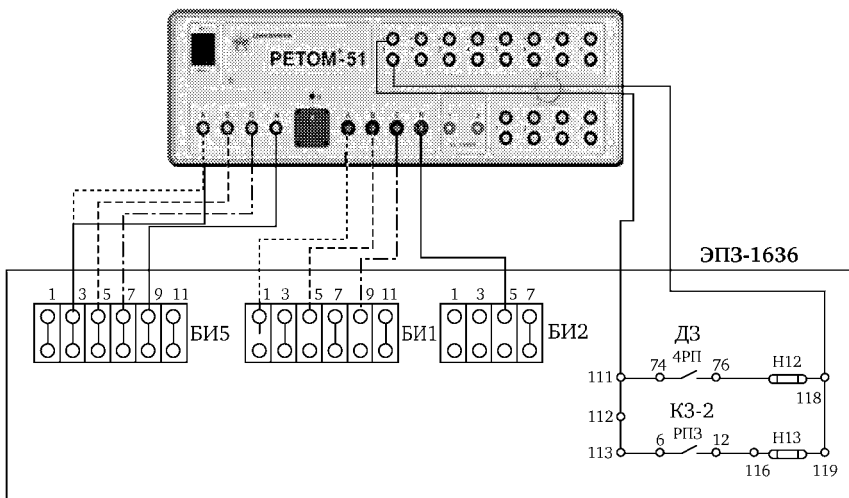
3.4.4. Пуск проверки и ее результаты

Для запуска проверки необходимо возвратиться в окно «Условия проверки» или перейти в окно «Протокол» и нажать иконку «Старт» (зеленый треугольник в панели инструментов).

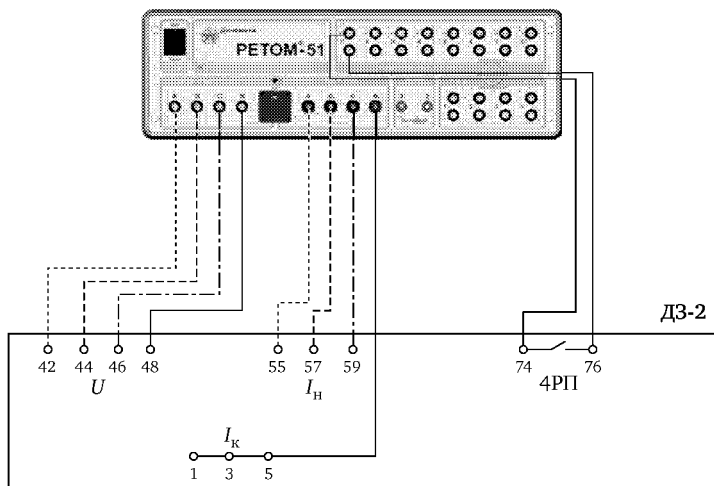
Проверка проводится в объеме и по порядку, отмеченным в условиях.

Результаты появляются в окне «Протокол». Заполняются соответствующие таблицы и рисуются графики.

Если проверка запускается повторно, то предыдущие результаты заменяются новыми. Поэтому, если они необходимы, то рекомендуется сохранять их в архиве.



а)



б)

Рис. 3.7. Схема подключения при проверке РС:
 а — ДЗ-2 в составе панели ЭПЗ-1636; б — ДЗ-2, как самостоятельный комплект

3.4.5. Алгоритмы проверки РС

1. Определение сопротивления уставки $Z_{уст}$. Данная проверка проводится на угле линии $\varphi_{л}$, заданном окне «Уставки». Значение тока проверки задается в окне «Условия проверок». Поиск точки сопротивления срабатывания осуществляется путем последовательного уменьшения напряжения при неизменном токе, начиная со значения:

$$Z_T = 1,2Z_{уст} \quad (3.1)$$

(где Z_T — текущее значение сопротивления выдаваемое на РС; $Z_{уст}$ — значение сопротивления, заданное в окне «Уставки»), и до нуля.

Поиск делится на две части: «грубое» определение срабатывания и уточнение. При «грубом» проходе напряжение меняется большим, 10%-ным, шагом:

$$\Delta Z_T = 1,2Z_{уст}/10. \quad (3.2)$$

Если произошло срабатывание, то осуществляется возврат на предыдущий шаг, при этом обязательно необходимо выйти из зоны срабатывания РС.

Вычисляется шаг для уточнения как функция текущего значения и заданного процента точности измерения, так называемый расчётный шаг:

$$\Delta Z_{рас} = f(Z_T, \text{Точность по } Z). \quad (3.3)$$

После этого и производится повторный поиск срабатывания с шагом $\Delta Z_{рас}$. Данный алгоритм позволяет найти уставку РС за минимальное время, при этом обеспечивается необходимая точность.

2. Выравнивание сопротивлений рабочего и тормозного контуров. Задача выравнивания – балансировка сопротивлений рабочего и тормозного контуров. Их необходимо сбалансировать так, чтобы при подаче в эти контуры равных ЭДС либо только от тока, либо только от напряжения подпитки реле сопротивления не срабатывало и ток в нуль-индикаторе (НИ) был всегда направлен в сторону торможения.

Наличие только тока возможно при трехфазных КЗ ($K^{(3)}$) на шинах подстанции или близких $K^{(3)}$ за спиной защиты, а наличие

только напряжения подпитки возможно при двухфазных КЗ ($K^{(2)}$) на шинах подстанции за спиной защиты в тупиковом режиме работы линии.

Балансировка проводится после настройки уставок, так как резисторы в цепях отпаек *ТН1* влияют на сопротивление тормозного контура. По этой же причине балансировка проводится для обоих (I и II) ступеней отдельно.

Для проверки балансировки необходимо включить микроамперметр в рассечку *a–б* разомкнутой накладки *ЗН (ХВЗ)* (накладка устанавливается в положении *б–в*). По нему контролируется значение тока через нуль-индикатор. Балансировка проводится резистором *R13*, который находится в рабочем контуре.

Вначале устанавливается рабочий ток через НИ от напряжения подпитки. Для этого подается напряжение подпитки 58 В, линейное напряжения повреждённых фаз и ток КЗ равны нулю. Резистором *R13* устанавливается ток через НИ в диапазоне 5—20 мкА. Потом устанавливается тормозной ток через НИ от тока КЗ. Для этого при нулевом напряжении подаётся ток двухфазного КЗ (табл. 3.1). Ток проверки зависит от номинального тока панели и минимальной уставки Z_{\min} .

Таблица 3.1

Номинальный ток, А	Z_{\min} , Ом	Ток проверки, А
5	1	5
	0,5	10
	0,25	20
1	5	1
	2,5	2
	1,25	4

Резистором *R13* устанавливается ток через НИ:

- 8—15 мкА для РС I ступени;
- 5—20 мкА для РС II ступени.

3. Определение угла максимальной чувствительности $\varphi_{\text{м.ч}}$.
Используется общепринятый метод — нахождение двух точек пересечения окружности заданного радиуса Z_T и с центром в начале координат и характеристики срабатывания реле сопротивления —

точки 1 и 2 (рис. 3.8). Для расчета $\varphi_{м.ч}$ используются углы φ_1 и φ_2 . Для корректного измерения $\varphi_{м.ч}$ необходимо выполнить одно условия — годограф движения Z_T должен пересекать характеристику срабатывания под углом, близким к 90° . Для этого задается значение Z_T в пределах $(0,5 \div 0,7) Z_{уст}$. В противном случае на измерении $\varphi_{м.ч}$ будет сказываться область вибрации на краю зоны характеристики срабатывания реле сопротивления.

В программе используется вектор Z_T (текущий), который рассчитывается как:

$$Z_T = K_1 Z_{уст}, \quad (3.4)$$

где K_1 — это коэффициент Z , который задается вместе с током проверки в окне «Условия проверок».

Проверка начинается с угла $\varphi_{нач} = \varphi_L + 180^\circ$ (φ_L — угол линии). Вначале вектор Z_T вращается против часовой стрелки относительно начала координат, и, контролируя вхождение в зону срабатывания, программа находит первую точку — φ_1 . Потом, при вращении вектора Z_T по часовой стрелке, она находит вторую точку — φ_2 . Угол изменяется вначале с шагом $\Delta\varphi \cdot 10$, где $\Delta\varphi$ — погрешность по углу (задается в окне «Условия проверок»). А потом для точного определения угла срабатывания реле используется шаг $\Delta\varphi$, т.е. программа, после первого вхождения в область срабатывания РС, возвращает вектор Z_T на шаг назад и выходит из зоны работы РС. Далее она уменьшает шаг до $\Delta\varphi$ и входит второй раз в область работы РС.

По полученным данным программа определяет угол максимальной чувствительности по формуле

$$\varphi_{м.ч} = (\varphi_1 + \varphi_2) / 2, \quad (3.5)$$

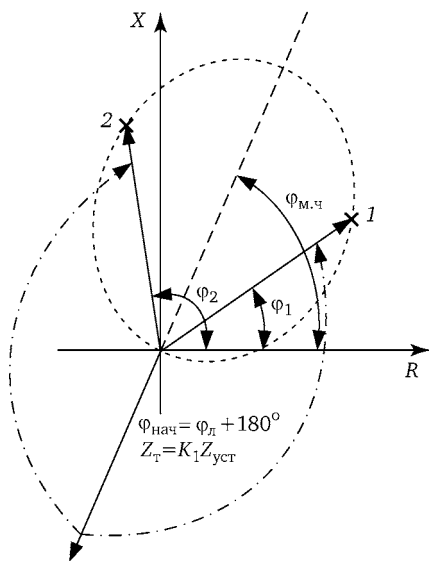


Рис. 3.8. Графическое представление алгоритма определения $\varphi_{м.ч}$

вносит этот результат в протокол, где сравнивает его с заданным углом линии с учетом допустимого отклонения.

4. Построение характеристики $Z(\varphi)$. Характеристика срабатывания реле сопротивления снимается для обеих ступеней ДЗ-2 и, по желанию, для трех видов двухфазных КЗ — АВ, ВС, СА.

Если при снятии характеристики II ступени используется контакт реле 4РП, то во временных параметрах проверки («Времена») время КЗ необходимо задать больше времени срабатывания II ступени на 0,1—0,2 с.

Поиск точек срабатывания выполняется на каждом луче в диапазоне от $\varphi_{\text{нач}}$ до $\varphi_{\text{кон}}$ с шагом $\Delta\varphi$. На каждом угле производится поиск точек сверху вниз (к нулю). Поиск снизу вверх (от нуля) применяется для нахождения второй точки, если характеристика смещена в I квадрант.

Поиск $Z_{\text{ср}}$ выполняется по алгоритму поиска $Z_{\text{уст}}$, описанному в п. 3.4.5,1.

Поиск первой точки начинается на угле $\varphi_{\text{нач}}$ со значения сопротивления, рассчитанного по формуле (3.1), и идёт с 10%-ным шагом, определенным в (3.2), а потом уточняется по (3.3). На следующем угле при сохранении данного алгоритма меняются только начальные условия. Вместо $Z_{\text{уст}}$ используется значение $Z_{\text{ср}}$, найденное на предыдущем угле. Это позволяет несколько ускорить процесс поиска срабатывания путем уменьшения количества пустых проверок. Снятие характеристики заканчивается нахождением последней точки на луче $\varphi_{\text{кон}}$.

5. Определение тока точной работы $I_{\text{т.р}}$. При данной проверке находится минимальное значение тока, при котором РС еще работает, т.е. значения $Z_{\text{ср}}$ и $Z_{\text{уст}}$ различаются не более чем на 10%.

В этой проверке снимается график зависимость сопротивления срабатывания $Z_{\text{ср}}$ от тока. Значение тока (виды КЗ выбираются в окне «Условия проверок») меняется от $I_{\text{нач}}$ до $I_{\text{кон}}$. Шаг в процессе работы изменяется. Вначале он большой — ΔI (задается в окне «Условия проверок»), потом для уточнения берется в 10 раз меньше. Угол между током и напряжением равен углу линии $\varphi_{\text{л}}$. На каждом шаге по току находится $Z_{\text{ср}}$. Проверка проводится до тех пор, пока найденное значение $Z_{\text{ср}}$ не станет отличаться от уставки более чем на 10%. После этого происходит возвращение на предыдущее значение тока,

уменьшается шаг и проводится уточненный поиск. Этот ток называется током точной работы $I_{т.р}$ и заносится в протокол.

6. Определение смещения характеристики РС I ступени в I квадрант. Проверка выполняется только для РС I ступени. При заданном токе проверки на угле линии φ_d проводится поиск точки срабатывания $Z_{ср}$ изменением Z от нуля в сторону увеличения. Для того чтобы РС не срабатывало по контуру памяти при $Z=0$, из импульса проверки исключён режим холостого хода (ХХ); а, для того чтобы РС не срабатывало от напряжения поляризующей фазы, это напряжение устанавливается равным нулю, при этом контур подпитки не работает.

Поиск точки $Z_{ср}$ осуществляется по алгоритму, описанному в п. 3.4.5,1.

7. Определение $\varphi_{м.ч}$ I ступени РС в режиме реле направления мощности. Проверка проводится только для РС I ступени. Для перевода реле сопротивления в режим реле направления мощности снимается собственное напряжение комплекта, а подаётся только напряжение подпитки (например, для фаз АВ это: $U_{AB}=0$ и $U_{CO}=58$ В). При этом в реле происходит сравнение по модулю сигналов $U+kIZ$ и $U-kIZ$.

Для поиска $\varphi_{м.ч}$ в этом режиме меняется угол между током КЗ и напряжением подпитки. Находятся два угла срабатывания φ_1 и φ_2 и по формуле (3.5) вычисляется $\varphi_{м.ч}$.

В протокол проверки записывается угол между собственным напряжением комплекта и током. Визуально, на плоскости Z в окне программы, положение текущего вектора изменяется по окружности с радиусом, равным $Z_{уст}/2$ (по умолчанию).

3.5. Проверка блокировки при неисправности цепей напряжения

Во-первых, необходимо задать уставки блокировки при неисправности цепей напряжения (БНН). Для этого в левой части окна выбирают пункт «БНН» и «Уставки». На рис. 3.9 показан внешний вид правой части окна для задания уставок БНН.

В основном необходимо задать параметры во втором столбце

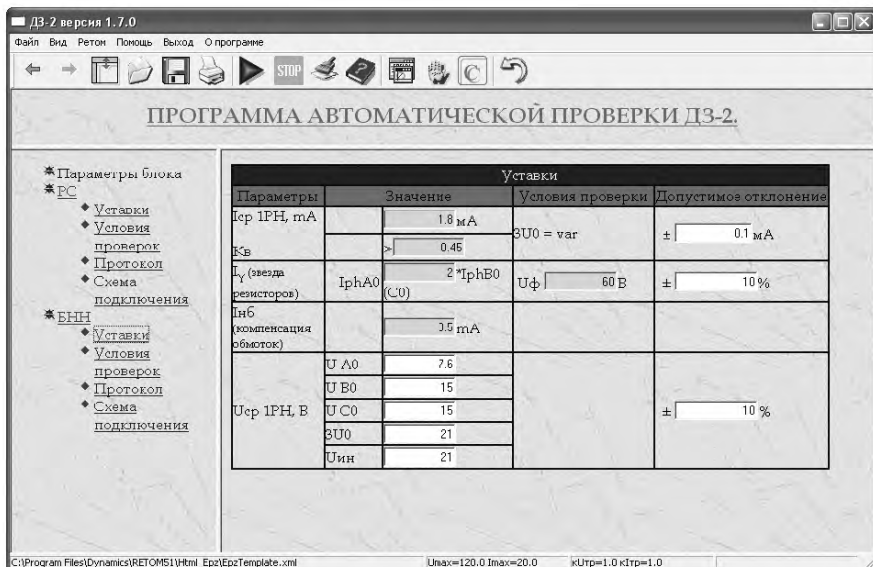


Рис. 3.9. Правая часть окна для задания уставок БНН

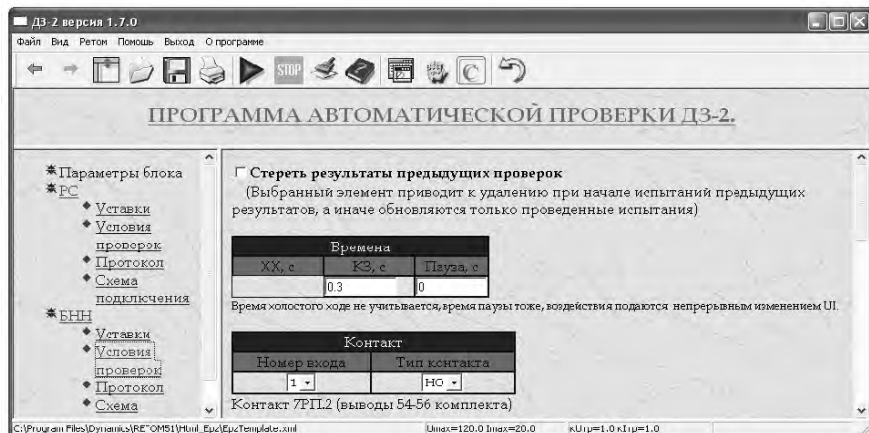


Рис. 3.10. Первая часть окна условий проверки БНН

«Значения». В других столбцах параметры установлены по умолчанию и менять их нежелательно.

Во-вторых, необходимо задать условия проверки. Для этого вы-

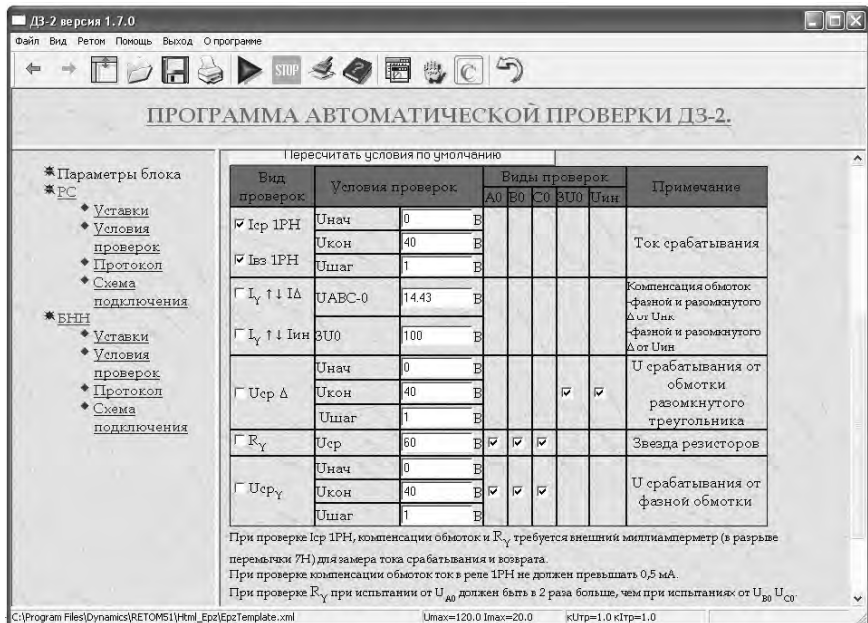


Рис. 3.11. Вторая часть условий проверки БНН

бирают пункт «БНН» и «Условия проверок». Он состоит из двух частей (рис. 3.10 и 3.11).

В первой части задается временная характеристика импульса воздействия, а во второй — диапазоны работы. Длительность времени КЗ при проверке устанавливается не менее 0,2 с.

При этом если уставки заданы правильно, то их можно и не задавать. Достаточно выбрать пункт «Пересчитать условия по умолчанию», и все параметры будут заданы. При необходимости можно их скорректировать, но это уже тонкая настройка программы, требующая глубоких знаний принципов работы БНН. При отсутствии таких знаний можно ошибиться в параметрах, и выполненные измерения будут неточные. Для возврата в исходное состояние можно нажать ту же кнопку или загрузить предыдущий сохраненный архив.

В-третьих, необходимо собрать схему проверки. Для просмотра схемы выбирают пункт «БНН» и «Схема проверок». Для разных

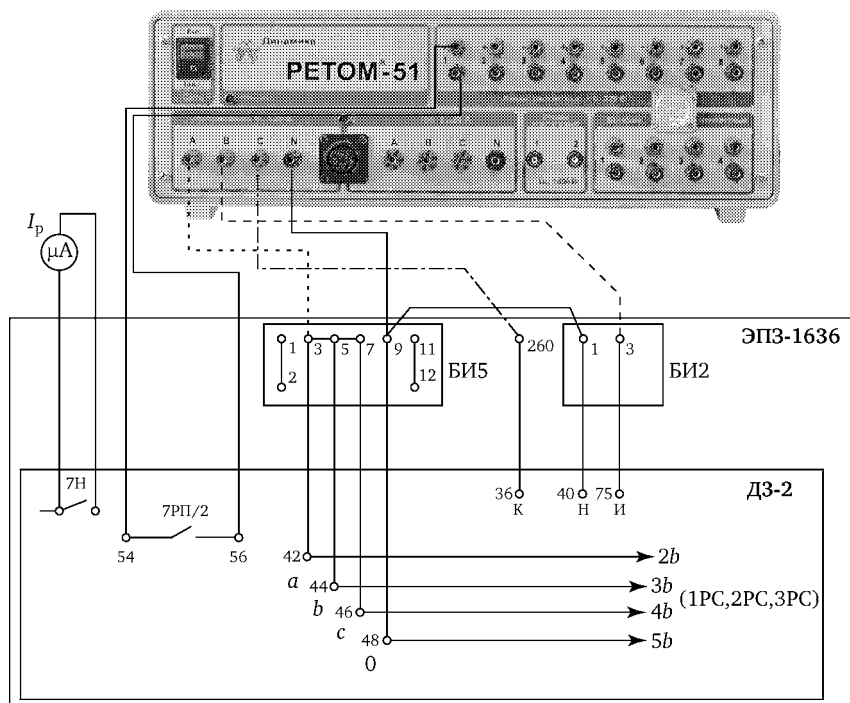


Рис. 3.12. Схема подключения 1 в составе ЭПЗ-1636

проверок предлагается два варианта подключения к прибору (рис. 3.12—3.15). Первый вариант (см. рис. 3.12 и 3.13) — для проверки блока в составе панели, второй (см. рис. 3.14 и 3.15) — только для блока КРБ-12.

По схеме подключения 1 (см. рис. 3.12 и 3.14) проверяются и настраиваются: реле $1PH$, компенсация обмоток и напряжение срабатывания. Для остальных проверок используется схема подключения 2 (см. рис. 3.13 и 3.15).

Для работы по схеме 1 необходимо разомкнуть перемычку $7H$ и в её разрыв вставить миллиамперметр постоянного тока с верхним пределом 10 мА. На БИ5 устанавливают перемычки:

1-2, 11-12 — питание 1-го комплекса оперативным током;

3-5-7 — объединение фазных обмоток БНН, к ним подключается выход U_A устройства РЕТОМ.

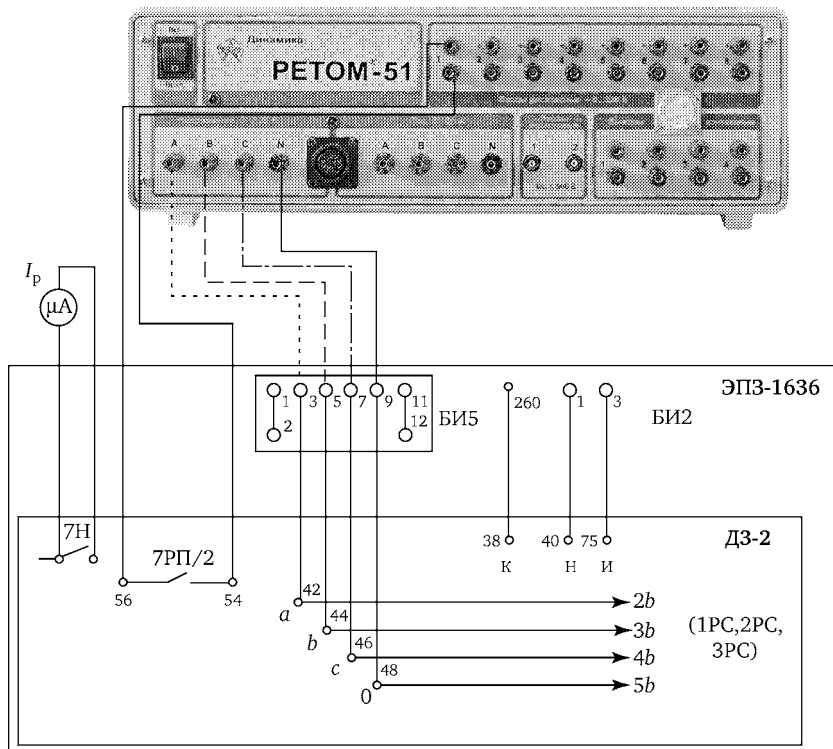


Рис. 3.13. Схема подключения 2 в составе ЭПЗ-1636

Выход U_B устройства PETOM подводят к БИ2.3; выход U_C — к клемме X260, выход U_N — к БИ2.1 («Н»), устанавливают переключку между БИ5.9 и БИ2.1.

Затем на панель подают оперативное питание.

Для работы по схеме 2 необходимо разомкнуть переключку 7Н и в её разрыв вставить миллиамперметр постоянного тока с верхним пределом 5—10 мА. Устанавливают переключки:

- «+» — 38, «-» — 41 — питание оперативным током (=220В);
- 42, 44, 46 — объединить фазные входы обмотки «звезды» и подключить к клемме U_A ;
- 40 и 48 — объединить и подключить к клемме U_N ;
- 75 — вход И обмотки треугольника подключить к клемме U_B ;
- 38 — вход К обмотки треугольника подключить к клемме U_C .

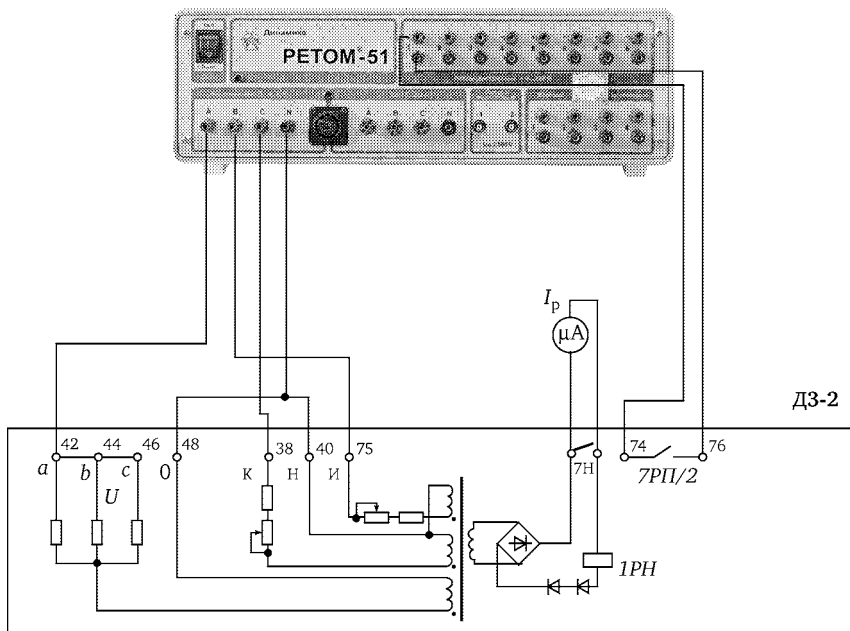


Рис. 3.14. Схема подключения 1 при проверке только КРБ-12

3.5.1. Алгоритмы проверки БНН

1. Проверка настройки реле 1РН (схема подключения 1, см. рис. 3.12 и 3.14). Так как миллиамперметра в приборе РЕТОМ-51 нет, то эта проверка выполняется в полуавтоматическом режиме.

Напряжение U_B увеличивается до срабатывания реле 1РН от обмотки, подключённой к выводам И–Н разомкнутого треугольника. После срабатывания реле появляется окно, в котором предлагается ввести ток срабатывания I_p реле 1РН, измеренный миллиамперметром, включённым в разрыв перемычки 7Н. Затем напряжение плавно снижается до напряжения возврата реле. При возврате реле записывается ток возврата.

В протокол программа вносит автоматически подсчитанный по введённым данным коэффициент возврата K_{B3} .

2. Проверка компенсации фазных обмоток обмотками Н–К и И–Н (схема подключения 1, см. рис. 3.14). При проверке ком-

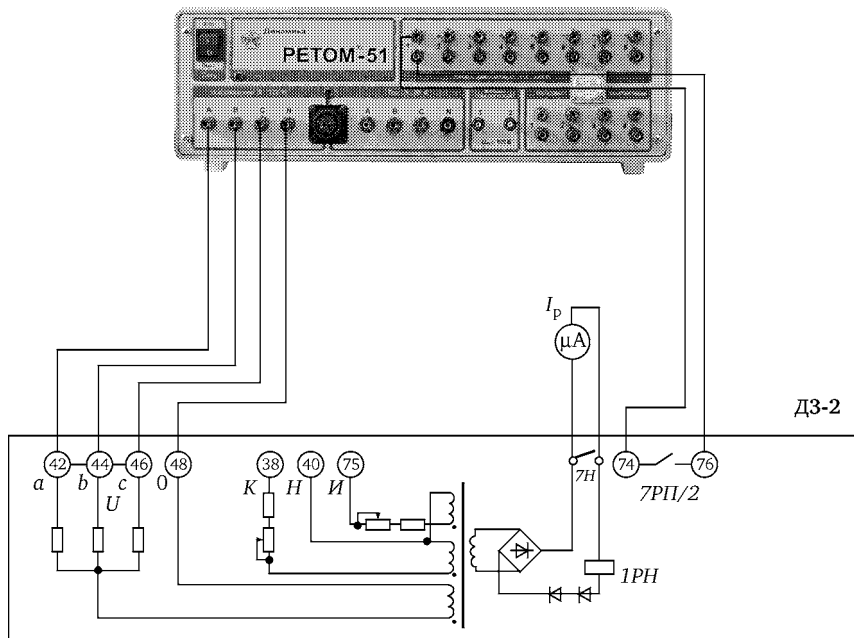


Рис. 3.15. Схема проверки 2 при проверке только КРБ-12

пенсации по каналам $I-H$ и $H-K$ на выходе U_A прибора РЕТОМ, подсоединённым ко входам А, В и С БНН, программа выдает напряжение $100/(4\sqrt{3}) = 14,43$ В. Проверка проводится последовательно, вначале канал $I-H$, потом $H-K$.

Для проверки канала $I-H$ с выхода U_B прибора РЕТОМ подается напряжение 100 В и в противофазе к U_A (-100 В).

Контролируется ток I_p в реле $1PH$, который не должен превышать 0,5 мА (задаётся в окне «Уставки»).

Далее проверяется компенсация по каналу $H-K$. Проверка аналогична предыдущему пункту, только напряжение 100 В подается с выхода U_C (при этом $U_B = 0$).

3. Проверка напряжения срабатывания от обмоток разомкнутого треугольника (схема подключения 1). Миллиамперметр и управление фазой А в данной проверке не используются. Программа определяет напряжение срабатывания реле $1PH$, по каналу $I-H$ при подаче напряжения U_B , а по каналу $K-H$ — при подаче

напряжения U_C . Контроль срабатывания осуществляется по переключению контакта 7РП/2.

4. Проверка исправности ветвей звезды резисторов (схема подключения 2, см. рис. 3.13 и 3.15). Последовательно подаются три фазных напряжения (U_A, U_B, U_C), равные 60 В. Ток в обмотке реле 1РН при испытании от U_{A0} должен быть в 2 раза больше, чем при испытаниях от U_{B0} или U_{C0} .

После испытаний от одного фазного напряжения программа останавливается (напряжение подано) и ждёт ввода значения измеренного тока I_p . Затем программа переходит на другое напряжение и опять ждёт ввода значения измеренного тока. И так для трех напряжений.

5. Проверка напряжения срабатывания от фазной обмотки (схема подключения 2). Программа определяет напряжение срабатывания реле 1РН по замыканию контакта 7РП/2 при поочередной подаче напряжения U_A прибора РЕТОМ на цепь А0, U_B — на цепь В0 и U_C — на цепь С0.

3.6. Проверка КРС-1

Программный модуль в основном аналогичен модулю проверки ДЗ-2 и предназначен для проверки реле сопротивления в блоке КРС-1, установленном в дистанционной защите второго комплекта, отличается только количеством имеющихся ступеней (одна ступень) и отсутствием БНН.

Программа обеспечивает пользователю возможность проверки основных характеристик комплекта за 1—3 ч. Программа позволяет в автоматическом режиме найти и проверить следующие параметры устройства:

- сопротивление уставки $Z_{уст}$;
- сопротивления рабочего и тормозного контуров и осуществить их выравнивание;
- угол максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч}$;
- сопротивление смещения в III квадрант $Z_{см}$;
- эксцентриситет ε ;

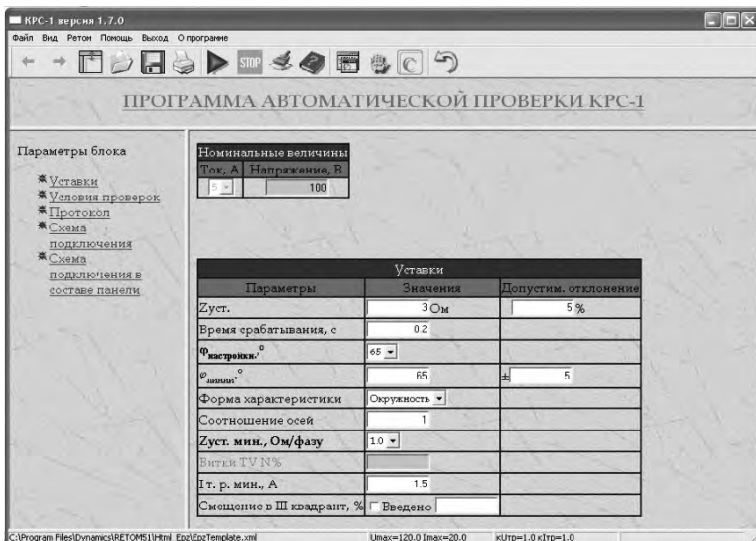


Рис. 3.16. Таблица задания уставок КРС-1

- характеристику $Z(\varphi)$;
- ток точной работы $I_{т.р.}$.

3.6.1. Проверка реле сопротивления

Первый шаг — задают все уставки и режимы работы КРС-1. Для этого вызывают модуль КРС-1 и пункт меню «Уставки». В открывшейся таблице задают все требуемые параметры (рис. 3.16).

Основными являются: уставка по сопротивлению, углу, току и время работы. Остальные также желательно ввести. В противном случае некоторые результаты работы будут не очень точны.

3.6.2. Задание условий проверок РС

Второй шаг — задают условия проверки. Для этого в левой части выбирают поле «Условия проверок». В правой части экрана появляется окно задания условий (рис. 3.17).

В верхней части задаются временная диаграмма — таблица «Времена» и номер опрашиваемого дискретного входа «Контакт», во второй таблице — виды и условия проверок.

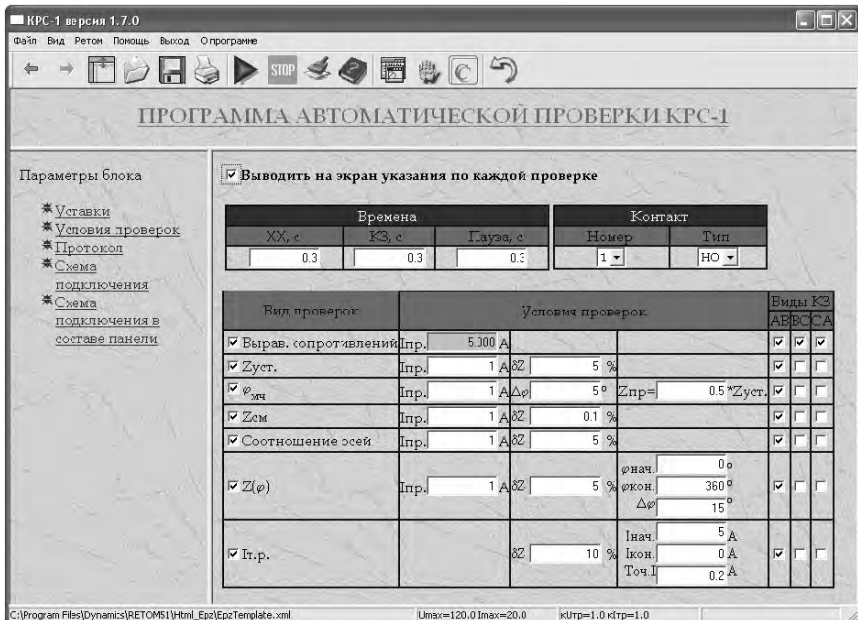


Рис. 3.17. Окно задания условий и объёма проверок KPC-1

Внизу таблицы имеется флажок выбора режима перехода между проверками. Если он не стоит, то программа по завершению каждой проверки при выбранных видах аварии будет останавливаться и давать соответствующее сообщение. Для продолжения работы необходимо нажать кнопку «Далее» в окне сообщения. Это удобно при изучении работы программы и контроля выполнения операций проверки.

Если этот флажок установлен, то программа выполняет все выбранные проверки друг за другом без остановки, что ускоряет выполнение всей работы, но проследить за всеми операциями почти невозможно. Рекомендуется не устанавливать этот флажок в начале работы, чтобы проверить правильность настройки программы и подключения. При этом проверку лучше проводить на одном виде аварии, например АВ. Если все нормально, то можно установить его для уменьшения времени работы на других видах аварии.

3.6.3. Подключение

Третий шаг — подключение. Проверяют правильность схемы проверки. Схема подключения может меняться в зависимости от места нахождения блока КРС-1 — в составе панели или отдельно от нее. Эти варианты схем подключения показаны на рис. 3.18.

3.6.4. Алгоритмы проверок

Алгоритмы проведения следующих проверок:

- определение сопротивления уставки $Z_{уст}$;
- определение угла максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч}$;
- снятие характеристики $Z(\varphi)$;
- определение тока точной работы $I_{т.р}$

выполняются так же, как в модуле ДЗ-2 (см. п. 3.4.5).

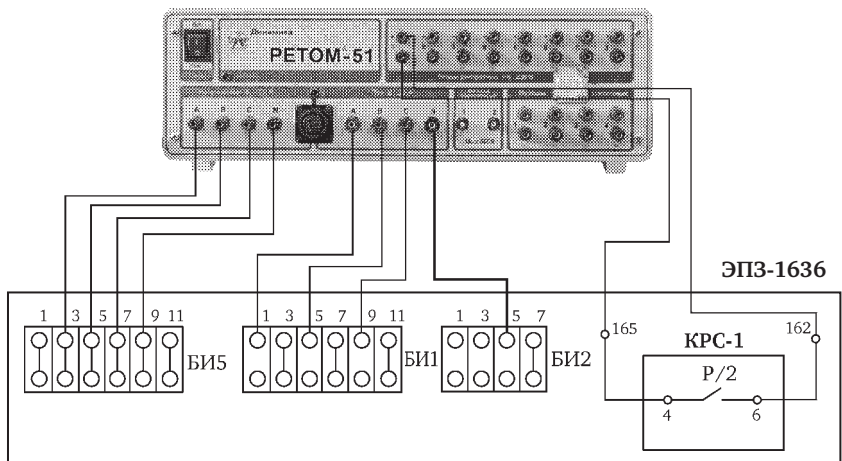
1. Выравнивание сопротивлений. Задача выравнивания — балансировка сопротивлений рабочего и тормозного контуров. Задача проверки и способ его выполнения такие же, как у ДЗ-2, только с небольшими отличиями (см. 3.4.5,2).

Если для КРС-1 задано смещение в III квадрант, то проверка по данному пункту не обязательна, но полезна для выявления неисправностей элементов реле. Тогда перед началом балансировки КРС-1 необходимо убрать смещение в III квадрант, для чего накладка $1H$ ($XB1$) ставится в положение $б-в$ (без смещения), накладка переключателя эллиптичности $8H$ ($XB8$) ставится в положение 1 (круговая характеристика).

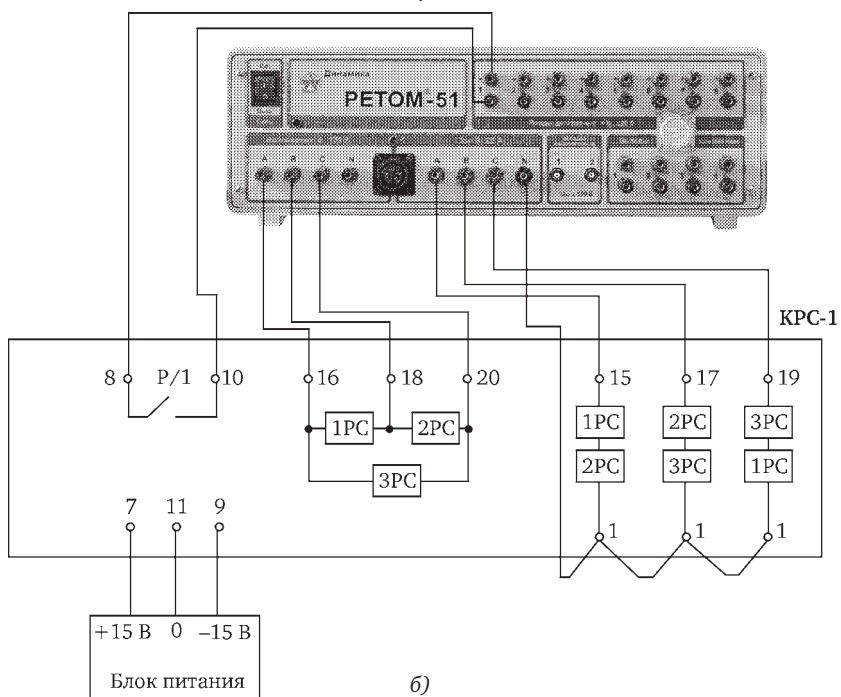
После проверки накладка $XB1$ ставится в положение $а-б$, тем самым в тормозной контур вводится дополнительный резистор $R14$ для ослабления этого контура и создания нормируемого смещения в III квадрант.

Балансировка производится после настройки уставок, так как резисторы в цепях отпаек $ТН1$ влияют на сопротивление тормозного контура. Для проверки балансировки включают микроамперметр в рассечку $а-б$ разомкнутой накладкой $3H$ ($XB3$) (ставится в положении $б-в$). Балансировка производится резистором $R13$ в рабочем контуре.

На реле подаётся ток двухфазного КЗ, значение которого зависит от минимальной уставки Z_{min} в цепях датчика тока и номинального тока реле (табл. 3.2).



а)



б)

Рис. 3.18. Схема подключения КРС-1:
 а — в составе панели ЭПЗ-1636; б — как самостоятельное устройство

Таблица 3.2

Номинальный ток, А	Z_{\min} , Ом	Ток проверки, А
5	1 1,5	5
1	5 7,5	1

Резистором $R13$ устанавливается тормозной ток через $НИ$, равный 8—15 мкА.

2. Определение сопротивления смещения «за спину» $Z_{см}$. Эта проверка выполняется аналогично поиску уставки, но в противофазе к углу линии — $\varphi_L + 180^\circ$.

3. Определение эксцентриситета. Вначале на угле φ_L проводится поиск $Z_{уст}$, это будет верхней точкой срабатывания $Z_{верх}$ (рис. 3.19). Стрелками показано направление движения Z_T при поиске точек срабатывания.

Потом проводится поиск второй, нижней, точки $Z_{низ}$. Она может быть или в начале координат ($Z_{низ} = 0$), или в I квадранте ($Z_{низ} = Z_{см}$), или, как на рис. 3.19, в III квадранте «за спиной» ($Z_{низ} = -Z_{см}$).

Если есть смещение в I квадрант, то поиск $Z_{ср}$ проводится так же, как поиск $Z_{верх}$ на угле φ_L , но движение идет по лучу снизу, т.е. от нуля.

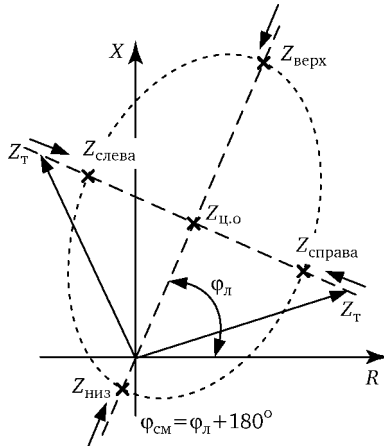


Рис. 3.19. Графическое представление алгоритма поиска эксцентриситета

Если есть смещение в III квадрант, то поиск $Z_{\text{ср}}$ проводится на угле $\varphi_{\text{л}} + 180^\circ$.

Найдя две точки $Z_{\text{верх}}$ и $Z_{\text{низ}}$ программа рассчитывает центр окружности

$$Z_{\text{ц.о}} = (Z_{\text{верх}} - Z_{\text{низ}}) / 2. \quad (3.6)$$

После этого определяется линия, перпендикулярная углу $\varphi_{\text{л}}$ и проходящая через $Z_{\text{ц.о}}$. На этой линии проводится поиск точек срабатывания справа — $Z_{\text{справа}}$ и слева — $Z_{\text{слева}}$.

В *Протокол* вносится значение эксцентриситета ε , как отношение осей эллипса:

$$\varepsilon = |(Z_{\text{справа}} - Z_{\text{слева}})| / |(Z_{\text{верх}} - Z_{\text{низ}})|. \quad (3.7)$$

3.7. Проверка блокировки при качаниях КРБ-126

Этот программный модуль может работать как самостоятельно, так и вызываться из программы проверки панели ЭПЗ-1636. В последнем случае некоторые параметры эта программа получает от основной программы, и свои результаты работы возвращает для формирования итогового протокола.

Программа даёт возможность в автоматическом режиме проверить основные характеристики устройства в течение 1—3 ч. Она предназначена для проверки следующих параметров КРБ-126:

- уставки срабатывания по току обратной последовательности $I_{2\text{ср}}$ разными методами подачи токов (тока обратной последовательности I_2 , междуфазных и фазных токов КЗ);
- коэффициента возврата $K_{\text{вз}}$;
- погрешности уставки $I_{2\text{ср}}$ при отклонении частоты;
- загробления уставки $I_{2\text{ср}}$ при наличии тока 5-й гармоники;
- коэффициента торможения $K_{\text{т}}$ уставки $I_{2\text{ср}}$ от тока фазы А;
- уставки по току нулевой последовательности $I_{0\text{ср}}$;
- комплексного тока срабатывания $I_{\text{к.ср}}$ при всех рабочих уставках устройства блокировки;
- уставки реле напряжения $K4$;
- времени фиксации пуска;
- времени ввода блокировки в работу.

3.7.1. Задание уставок

Первый шаг — задание всех уставок и режимов работы. Для этого вызывают модуль КРБ-126 и пункт меню «Уставки». В открывшейся таблице задают все требуемые параметры (рис. 3.20). В специальном столбце таблицы — «Условия проверок» — представлены параметры по умолчанию. Изменять их нежелательно, необходимо только проверить, чтобы они были заполнены, так как эти данные используются при выполнении некоторых проверок.

Другой столбец — «Допустимые отклонения» — также заполнен параметрами «по умолчанию». В эти поля позволяет вводить другие значения, но сильно их изменять нежелательно, так как это тоже сказывается на качестве измерения. Чем больше значение, тем быстрее выполняется проверка, но менее точно, и наоборот, чем меньше параметр, тем проверка точнее, но время работы сильно увеличивается. Вводить отклонение меньше 1% неразумно, так как это предел работы самого прибора.

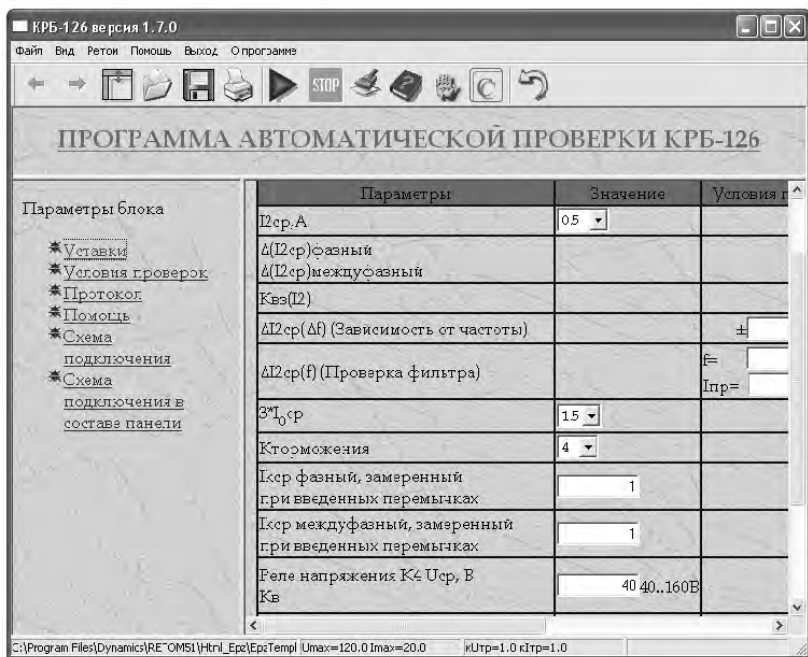


Рис. 3.20. Внешний вид окна задания уставок

3.7.2. Задание условий проверок РС

Второй шаг — задание условий проверки. Для этого в левой части окна выбирают поле «Условия проверок». В правой части экрана появляется окно задания условий. Верхняя часть окна показана на рис. 3.21, а нижняя — на рис. 3.22.

В верхней части задаются основные режимы работы. Первый флажок позволяет автоматически полностью очистить протокол от результатов предыдущей работы. Если флажок не установлен, замене подвергаются только те параметры, которые получают новые значения. Это позволяет проводить проверку при помощи нескольких пусков.

Для ускорения работы можно установить флажок в поле «Проверка без повторных сообщений».

Третий флажок — самый ответственный. Он полностью переключает режим проверки. Если его не установить, то порядок и ал-

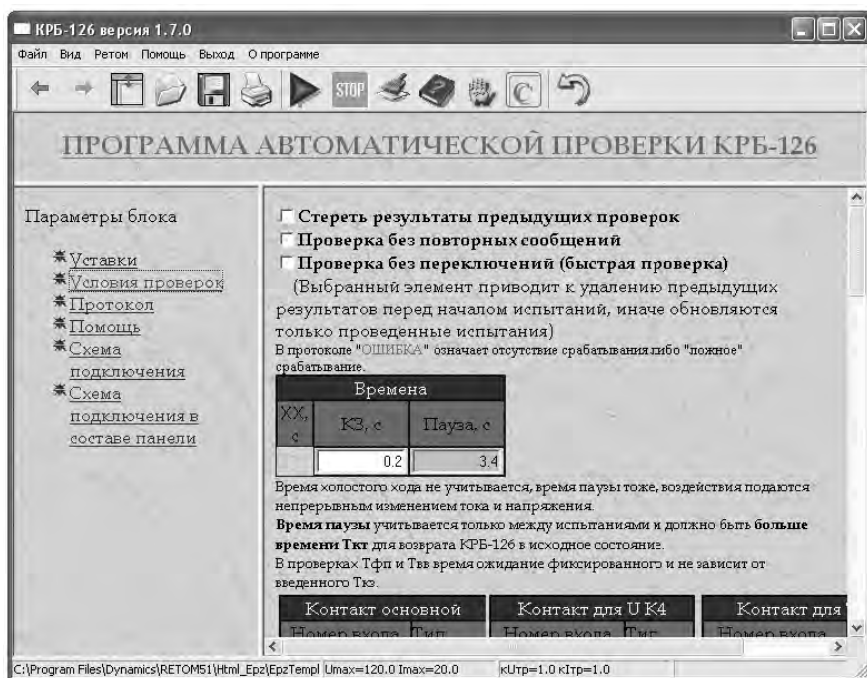


Рис. 3.21. Задание времени КЗ и номеров дискретных входов

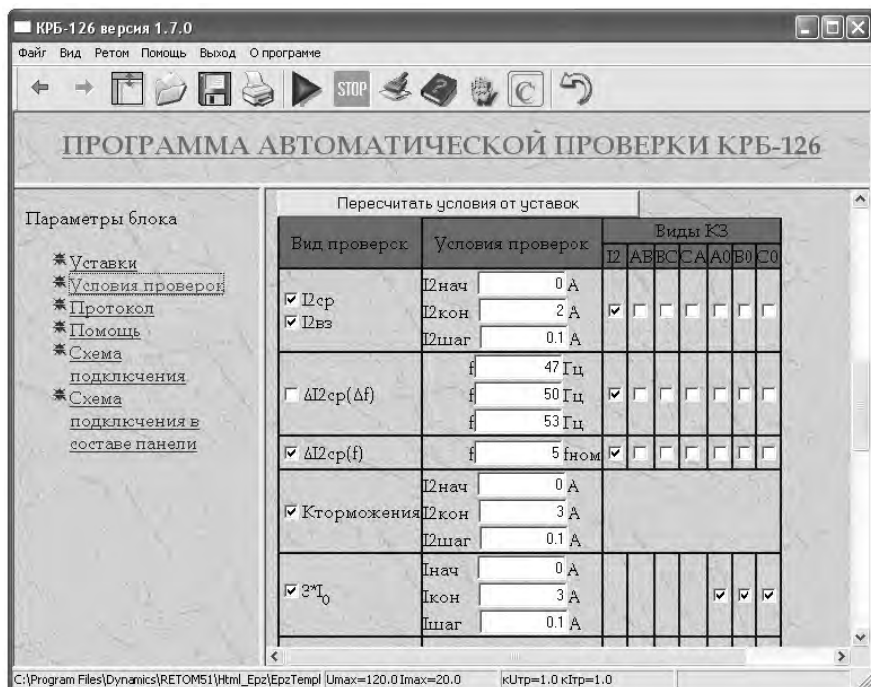


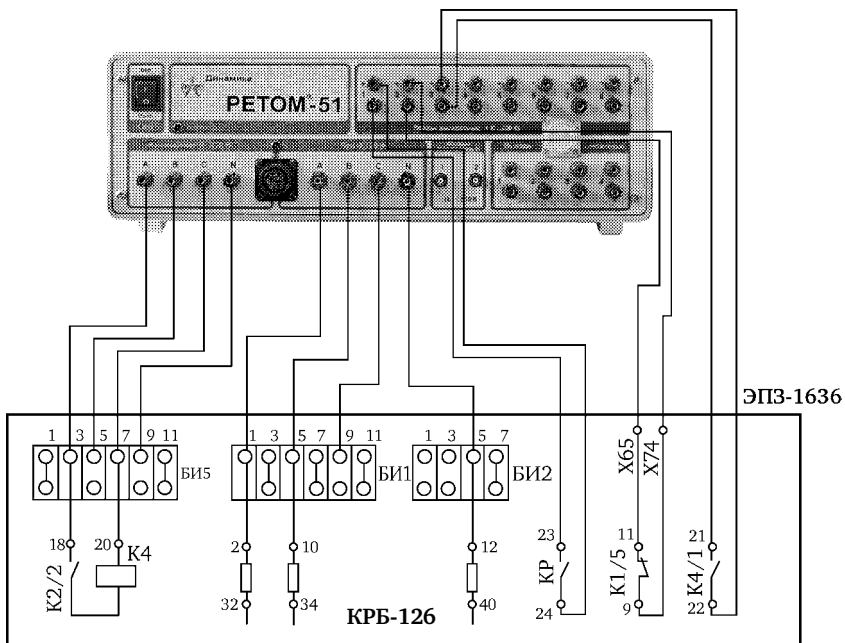
Рис. 3.22. задания условий проверки

горитм работы будут соответствовать имеющимся рекомендациям, если установить, то проверка будет выполняться в соответствии с её функциональным назначением. Это так называемая быстрая проверка (описана далее).

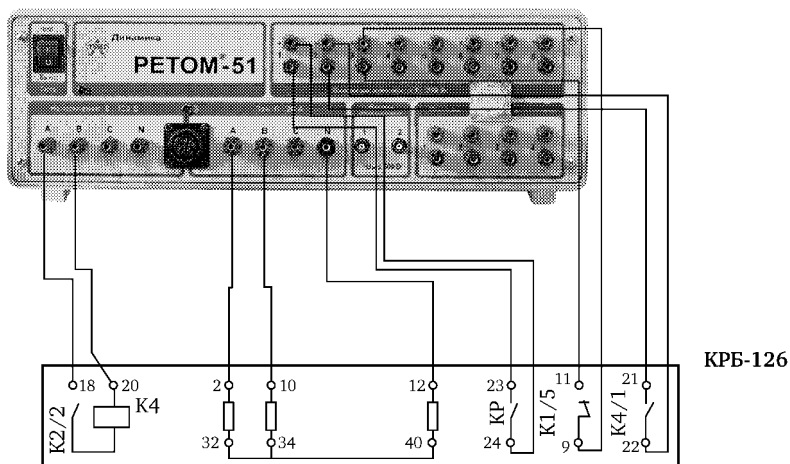
Задавая параметры временной диаграммы, надо пользоваться комментариями к ним. Так как время холостого хода в программе не используется, то его не задают. Время паузы предназначено только для возврата реле после его срабатывания и должно быть больше времени срабатывания реле $KT T_{KT}$ как минимум на 0,5 с.

Для полноценной автоматической проверки необходимо подключить все рекомендуемые программой контакты проверяемого реле.

В основной таблице (рис. 3.22) необходимо задать виды проверок и типы аварий, при которых они проводятся.



а)



б)

Рис. 3.23. Схема подключения КРБ-126:
а — в составе панели; б — как самостоятельное устройство

В колонке «Условия проверок» данные можно не вводить. Достаточно нажать на кнопку «Пересчитать условия от уставок». Эти данные автоматически рассчитаются программой из параметров, заданных в окне «Уставки» (см. рис. 3.20). В то же время некоторые параметры можно уточнить, что может ускорить выполнение работы по проверкам.

Следует обратить особое внимание на текст, поясняющий выполняемые проверки (более подробно см. п. 3.7.4).

3.7.3. Подключение

Третий шаг — подключение. Необходимо убедиться в правильности схемы проверки. Программа предлагает две схемы подключения: в составе панели или отдельно от нее (рис. 3.23).

3.7.4. Алгоритмы поиска параметров

Общие указания:

- при измерении тока срабатывания необходимо заклинить якорь реле КЗ в подтянутом положении, а при проверке тока возврата — в отпущенном;
- если КРБ-126 проверяется как самостоятельное устройство, то при проведении проверок фазным методом (подача тока в контур фаза — нуль) необходимо замкнуть неиспользуемый при данной проверке канал тока I_C на нулевую клемму в приборе РЕТОМ-51 (-41М). Если КРБ-126 проверяется в составе панели ЭПЗ-1636, этого делать не следует: токовые цепи подключены через БИ и полностью собраны.

1. Проверка уставки по I_{2cp} .

При проверке I_2 требуется внешний миллиамперметр для измерения тока срабатывания и возврата поляризованного реле. Миллиамперметр устанавливается в цепь накладки Н4, которая для этого размыкается. Измерения проводятся по одному разу для срабатывания и возврата. Для ввода данных программа останавливает работу и выдает окно с предложением ввести измеренные параметры. Необходимо ввести данные и продолжить выполнение работы.

Порядок работы:

- вывести цепи $3I_0$ — установить перемычку 38–40 вместо 36–38;

- исключить влияние торможения от тока I_A — разомкнуть накладку $H2$;
- подключить миллиамперметр — разомкнуть накладку $H4$;
- заклинить якорь реле $K3$ в подтянутом положении;
- запустить программу и выполнять предлагаемые ей действия;
- при поиске тока возврата заклинить якорь реле $K3$ в отпавшем положении.

Проверку можно проводить либо по контакту реле KP , либо по контакту $K1/5$. Если для проверки используется размыкающий контакт реле $K1$, в окне для типа контакта надо выбрать замыкающий контакт, так как реле $K1$ в дежурном режиме подтянуто, и подать питание на устройство.

Если в проверке входит измерение коэффициента возврата, то необходимо использовать только контакт реле KP .

Алгоритм расчета I_{2cp} может быть разный, в зависимости от выбранного метода проверки — прямого и/или междуфазного. Прямой метод предполагает проводить измерения именно по I_2 , т.е. программа, используя трехфазную систему прибора, подает и изменяет именно значение I_2 , в отличие от междуфазного метода, который был ориентирован на однофазный источник тока и проводит проверки косвенным способом. Междуфазный метод ввели в программу как дань традиции и для удовлетворения требованиям старых методик. Для выбора соответствующего метода необходимо установить флажки в колонке «Виды проверок»: для прямого — в I_2 , а для междуфазного — в любые другие (AB , BC и т.д.)

При проверке прямым методом прибор выдает симметричную систему токов обратной последовательности. Напряжение равно нулю. Ток меняется от минимального значения до срабатывания. Шаг его изменения меняется в процессе работы: вначале крупный, в 10 раз больше заданного значения, до первого срабатывания, потом мелкий, значение которого задано в условиях проверки. Длительность каждого шага задается временем $K3$.

При проверке междуфазным методом программа увеличивает ток в соответствующей фазе (например, ток I_{AB} — имитация режима металлического междуфазного КЗ AB) до тока срабатывания

фиксирует это значение, например $I_{AB\text{cp}}$, и вычисляет ток срабатывания по I_2 :

$$I_{2\text{cp}} = I_{AB\text{cp}} / \sqrt{3}. \quad (3.8)$$

Испытания проводят для токов I_{AB} , I_{BC} и I_{CA} . Расхождения между $I_{2\text{cp}}$ для тока I_{AB} и двух других не должно превышать $\Delta(I_{2\text{cp}})_{\text{мф}}$ (из окна «Уставки»). По умолчанию это значение равно $\pm 3,5\%$.

Проверку по фазам проводят аналогично, но подают фазный ток, например I_{A0} , а ток I_2 вычисляют формуле

$$I_{2\text{cp}} = I_{A0\text{cp}} / 3. \quad (3.9)$$

Испытания проводят для токов I_{A0} , I_{B0} и I_{C0} и результаты сравнивают между собой. Допустимое расхождение токов $I_{2\text{cp}}$ по разным фазам также не должно превышать $\pm 3,5\%$, а разница между фазными и междуфазными проверками должна быть не более $\pm 6\%$.

Во время работы при переходе от одной фазы к другой программа выдерживает время паузы, которое должно быть больше времени срабатывания реле КТ. Это замечание относится и к последующим пунктам проверки.

Измеренное значение $I_{2\text{cp}}$ сравнивают с $I_{2\text{уст}}$ и вычисляют процент отклонения.

2. Проверка коэффициента возврата $K_{\text{вз}}$. При включении в список проверки коэффициента возврата появляется необходимость в измерении тока возврата $I_{2\text{вз}}$. Алгоритм проверки $I_{2\text{cp}}$ меняется. После нахождения $I_{2\text{cp}}$ программа останавливается и предлагает «Зафиксировать реле КЗ в отпавшем положении».

После выполнения этого действия и повторного нажатия на кнопку «Пуск», программа сначала увеличивает ток в 1,2 раза, а потом плавно его снижает, ожидая возврат контакта КР. Определив ток возврата, программа рассчитывает коэффициент возврата

$$K_{\text{вз}} = I_{2\text{вз}} / I_{2\text{cp}} \quad (3.9)$$

и просит измерить ток возврата, протекающий через поляризованное реле (миллиамперметр, подключенный к Н4), и ввести его в соответствующее поле.

Перед переходом к следующей проверке программа обнуляет

ток, предлагает снять фиксацию с реле $K3$ и выжидает паузу перед переходом к следующей проверке.

Выполнение действий оператора с реле $K3$ программа не проверяет. Если они будут не выполнены, то $K_{вз}$ будет другим, значительно меньшим, и при сравнении с допустимым $K_{вз}$ в протоколе запишется «Ошибка».

3. Проверка дополнительной погрешности I_{2cp} при отклонении частоты.

Порядок работы:

- вывести цепи $3I_0$ — установить переключку 38–40 вместо 36–38;
- исключить влияние торможения от тока I_A — разомкнуть накладку $H2$;
- зафиксировать реле $K3$ в подтянутом положении;
- запустить программу и выполнить предлагаемые ей действия.

Программа вначале находит I_2 на частоте 50 Гц, а затем на частотах 47 и 53 Гц. Эти параметры заданы в окне «Условия проверок». Возможно выполнение проверки на других частотах, только задать их необходимо заранее.

Вычисляется отклонение и сравнивается с допустимым значением, которое задается в окне «Уставки».

4. Проверка увеличения уставки I_{2cp} от тока 5-й гармоники. Порядок работы аналогичен предыдущему пункту, только проверку проводят на частоте 250 Гц.

Ток срабатывания на частоте 250 Гц должен быть больше, чем на частоте 50 Гц. Коэффициент закругления на пятой гармонике

$$K_5 = I_{2cp\ 250} / I_{2cp\ 50}, \quad (3.10)$$

где $I_{2cp\ 250}$ — ток срабатывания по I_2 на 5-й гармонике; $I_{2cp\ 50}$ — ток срабатывания по I_2 на 1-й гармонике.

Коэффициент K_5 должен быть больше или равен значению, указанному в окне «Уставки» (по умолчанию не менее чем в 4 раза).

5. Проверка коэффициента торможения K_t . После пуска вводят торможение накладкой $H2$, измеряют ток срабатывания без торможения I_{2cp} . Затем вводят торможение накладкой $H2$, измеряют ток срабатывания с торможением $I_{2cp.t}$.

В обоих случаях проверка проводится симметричной системой

тока обратной последовательности I_2 . Срабатывание контролируется при помощи реле KP .

Таким образом, проверка проводится прямым методом, когда одновременно с увеличением тока I_2 увеличивается тормозной ток в фазе А. Таким образом ток торможения I_T — это ток в фазе А, и при срабатывании ток $I_{2cp.t}$ равен I_A .

С учетом выше сказанного коэффициент торможения рассчитывается по формуле

$$K_T = \left(\frac{I_{2cp.t} - I_{2cp}}{I_{2cp.t}} \right) \cdot \left(\frac{I_{2уст\ min}}{I_{2уст}} \right) 100, \quad (3.11)$$

где I_{2cp} — ток срабатывания без торможения; $I_{2cp.t}$ — ток срабатывания с торможением; $I_{2уст\ min}$ и $I_{2уст}$ — значения из окна «Уставки».

6. Проверка уставки по $3I_0$. Перед проверкой необходимо вывести из работы цепи ФТОП (накладкой $H1$), цепи торможения (накладкой $H2$), ввести цепи $3I_0$ (установить перемычку 38–36 вместо 40–38), проверить заданный в окне «Условия проверок» диапазон поиска и шаг изменения тока.

Проверка проводится имитацией выбранного режима однофазного КЗ ($A0$, $B0$ или $C0$) по обычному для проверки тока срабатывания алгоритму (без определения коэффициента возврата).

После окончания проверки выдаётся сообщение «Восстановите все накладки».

7. Проверка комплексного тока срабатывания $I_{k.cp}$. Перед началом проверки восстанавливают все наклейки и выставляют заданные уставки по I_2 , $3I_0$, K_T .

Необходимо проверить наличие в окне «Уставки» параметров $I_{k.cp}$, полученных в предыдущих проверках. Если работа выполняется впервые, то вводится 0.

Выбирают условия проверки — имитацией однофазного КЗ⁽¹⁾ $A0$, $B0$, $C0$ и/или двухфазного КЗ⁽²⁾ AB , BC и CA .

Поиск проводится по обычному для проверки тока срабатывания алгоритму. Программа находит ток $I_{k.cp}$ и сравнивает его с током, полученным при предыдущей проверке (задано в окне «Уставки»). Значения не должны различаться более чем на 12%.

Если по сравнению с предыдущей проверкой какая-либо уставка была изменена (сравнить с данными в окне «Уставки») или данная

проверка первая, то сравнение с предыдущей проверкой не проводится, а результат запоминается для последующей проверки.

8. Проверка уставки реле напряжения К4. Для проверки используется замыкающий контакт реле К4/1. Во время этой проверки ток равен 0. Перед проверкой необходимо подать питание = 220 В.

Так как реле К2 при наличии напряжения питания подтянуто, то обмотка К4 подсоединена к цепям фаз А и С трансформатора напряжения. Поиск напряжения срабатывания проводят по обычному алгоритму. Диапазон изменения и шаг при проверке берут из окна «Проверка» (изменяется только напряжение U_{AC}), а допустимую погрешность — из окна «Уставки».

9. Проверка времени фиксации пуска $T_{ф.п}$ заключается в определении минимального времени существования тока I_2 , необходимого для пуска блокировки. При проверке используется контакт К1/5. Пред проверкой необходимо подать питание = 220 В.

Для нахождения этого времени ток подается короткими импульсами. Длительность импульса постепенно увеличивается от T_{\min} до T_{\max} (см. редактируемые поля в окне «Условия проверок», по умолчанию от 5 до 10 мс) с заданным шагом (по умолчанию 1 мс).

В качестве $T_{ф.п}$ принимается первое значение длительности импульса, при котором возвращается реле К1. Время фиксации пуска должно быть не более 8 мс.

В проверке ток имитирует режим одно- или двухфазных КЗ (по выбору). Значение тока устанавливается в редактируемом окне программы, по умолчанию оно в 2 раза больше $I_{к.ср}$.

10. Проверка времени ввода в работу блокируемых ступеней защиты $T_{вв}$. Для проверки используется контакт К1/5. Перед проверкой необходимо подать питание = 220 В.

Во время этой проверки программа подаёт импульс трехфазного тока обратной последовательности и ожидает размыкания контакта реле К1, измеряя длительность его замкнутого состояния $T_{вв}$. Значение тока равно $3I_{уст}$, а длительность импульса (по умолчанию) 1 с.

Время ввода $T_{вв}$ в работу блокируемых ступеней ДЗ-2 должно быть в пределах 0,48—0,6 с при установленной перемычке 25–27 или 0,32—0,4 с — при снятой.

3.8. Быстрая проверка КРБ-126

3.8.1. Общее описание режима быстрой проверки

В программе «Проверка панели ЭПЗ-1636» и в отдельной программе «Проверка КРБ-126» помимо проверки блока КРБ-126 по методике ОРГРЭС предлагается быстрая проверка. В этом режиме устройство проверяется как «чёрный ящик», который должен выполнять определенный набор функций. Так как в этом случае работа проводится без внутренних переключений в устройстве, то это существенно уменьшает время проверки. Устройство КРБ-126 во время работы не разбирают и проверяют в течение 7–10 мин. Качество проверки повышается.

Программа позволяет в автоматическом режиме проверить следующие параметры устройства:

- уставку срабатывания по току обратной последовательности I_{2cp} ;
- коэффициент возврата $K_{вз}$;
- погрешность уставки при отклонении частоты;
- заглубление уставки от токов 5-й гармоники;
- коэффициент торможения K_t от тока фазы А;
- уставку по току нулевой последовательности $3I_{0cp}$;
- уставку срабатывания реле минимального напряжения $K4$;
- комплексный ток срабатывания $I_{к,ср}$ при всех рабочих уставках;
- время фиксации пуска $T_{ф.п}$;
- время ввода блокировки в работу $T_{вв}$;
- время возврата реле $K1$.

Дополнительно задавать уставки для этого режима проверки не надо. Программный модуль использует те же исходные параметры, заданные в окне «Уставки».

3.8.2. Задание параметров быстрой проверки

Для выбора этого режима необходимо в окне «Условия проверок» поставить флажок в строке «Проверка без переключений». Окно при этом немного изменит свое содержание (рис. 3.24).

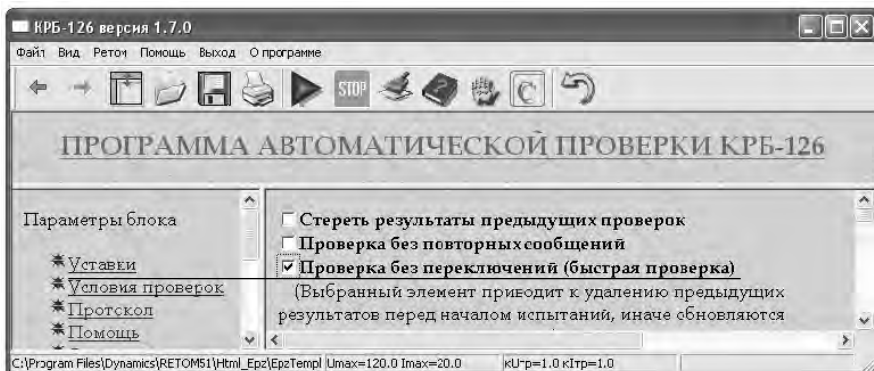


Рис. 3.24. Выбор быстрой проверки

3.8.3. Схема проверки

Так как этот вариант проверки предназначен для комплексной проверки работы устройства блокировки, то и схем проверки предлагается две: основная — для ее диагностики в составе панели (рис. 3.25); вторая — для проверки отдельного блока перед установкой его в панель (рис. 3.26).

3.8.4. Алгоритмы проверки

Общее указание. На панель должно быть подано питание $=220$ В. Контроль работы блокировки при проверке тока срабатывания и возврата проводят по контакту KP (тип НО).

Ток во время проверки можно выдавать ступенчато и непрерывно ($T_{\text{п}} = 0$) с заданным временем ожидания на каждой ступени ($T_{\text{КЗ}}$), или импульсно с временем паузы $T_{\text{п}}$. Выбор варианта работы осуществляется заданием времени паузы.

Контроль работы блокировки при проверке времени фиксации пуска и времени ввода в работу проводят по контакту $K1/5$ типа НО (клеммы 9–11 блока КРБ-126 или Х65 и Х74 клеммника панели).

Контроль работы блокировки при проверке времени возврата (отбоя) проводят по двум контактам — $K1/5$ и $K3/4$ типов НЗ (клеммы 26–28 блока КРБ-126 или Х83 и Х84 клеммника панели).

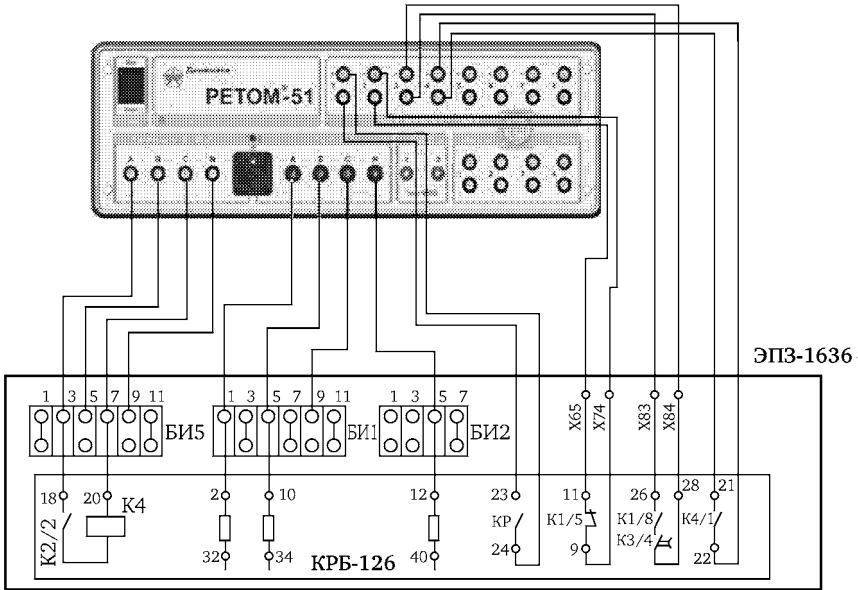


Рис. 3.25. Схема подключения для быстрой проверки в составе панели

1. Проверка уставки по I_{2cp} и $I_{2вз}$ без участия I_0 и торможения от I_A . При поиске тока срабатывания по обратной последовательности без дополнительных факторов влияния необходимо, чтобы $3I_0 = 0$ и $I_A = 0$. Это достигается подачей на фазы B и C токов одинаковой амплитуды в противофазе (рис. 3.27).

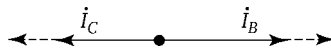


Рис. 3.27. Векторы тока при поиске срабатывания только по току обратной последовательности

При этом ток в обеих фазах увеличивается по модулю симметрично. Ток срабатывания по обратной последовательности

$$I_{2cp} = \frac{I_{B(C)}}{\sqrt{3}}. \quad (3.12)$$

Ток возврата $I_{2вз}$ определяется только после определения срабатывания. При этом ток вначале повышается, чтобы обеспечить

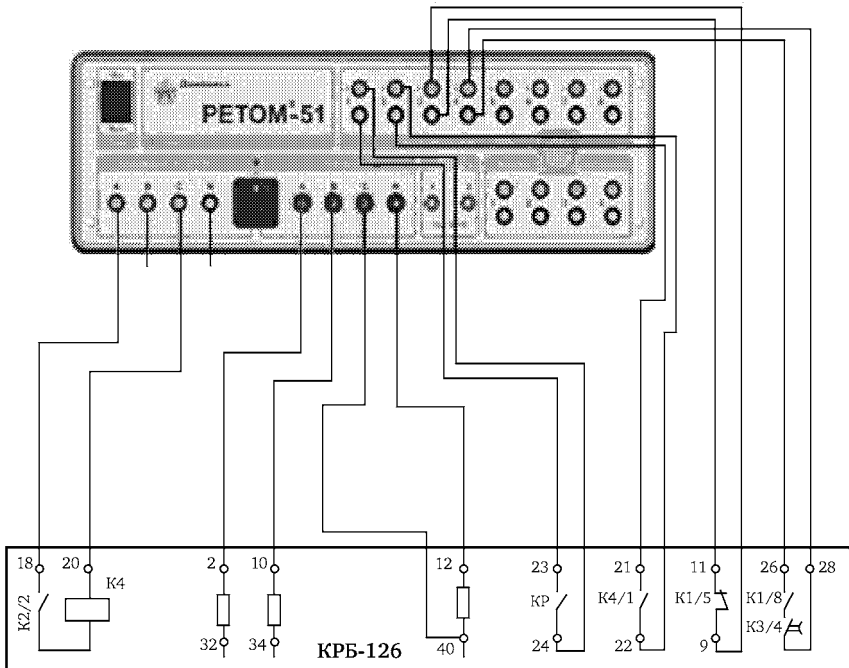


Рис. 3.26. Схема подключения отдельного блока для быстрой проверки

устойчивое срабатывание, а потом плавно уменьшается до возврата контакта KP . Время паузы обнуляется.

2. Проверка уставки $3I_{0cp}$ без участия I_2 и торможения от I_A . При поиске тока срабатывания по току нулевой последовательности без дополнительных факторов влияния необходимо, чтобы $I_2 = 0$ и $I_A = 0$. Для этого на фазы B и C подают токи, равные по модулю, но сдвинутые по фазе относительно друг друга на 60° (рис. 3.28).

При этом токи в обеих фазах увеличиваются пропорционально до момента срабатывания защиты. Угол между ними не меняется в течение всей проверки. Ток срабатывания по нулевой последовательности

$$3I_{0cp} = \sqrt{3}I_{B(C)}. \quad (3.13)$$

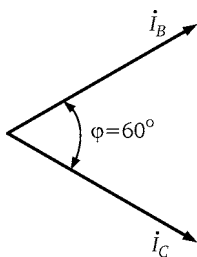


Рис. 3.28. Векторы тока при поиске срабатывания только по току нулевой последовательности

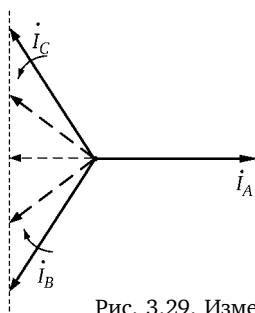


Рис. 3.29. Изменения векторов тока при определении K_T

Ток возврата $3I_{0вз}$ определяют аналогично вышеописанному. После определения тока срабатывания оба тока плавно уменьшаются до возврата контакта КР.

3. Проверка коэффициента торможения K_T тока $I_{2ср}$ от тормозного тока $I_T = I_A$. В программе предусмотрено специальное поле для задания значения тормозного тока, по умолчанию он устанавливается равным 15 А (т.е. $I_T = I_A$).

В процессе проведения проверки необходимо соблюсти условие отсутствия тока нулевой последовательности. Для этого подаётся ток прямой последовательности максимального значения, которое РЕТОМ-51 способен выдавать по каждой фазе ($I_{max} = 36$ А). Рассчитывается прямая, соединяющая концы векторов фаз I_B и I_C . Затем токи I_B и I_C изменяются таким образом, чтобы появился и увеличился ток I_2 , при этом ток $3I_0$ остается равным нулю. Для этого концы векторов фаз I_B и I_C двигаются вдоль рассчитанной прямой, тогда их сумма остается постоянной и равной I_A , но обратной по знаку (рис. 3.29). Таким образом, прямая последовательность токов переводится в обратную (на каждом шаге уменьшаем на ΔI составляющую прямой последовательности и соответственно увеличиваем на ΔI обратную). Нулевая последовательность при этом не возникает.

Ток срабатывания с торможением вычисляют по формуле

$$I_{2ср.т} = \frac{I_A}{2} \pm \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{I_B^2 - \left(\frac{I_A}{2}\right)^2}. \quad (3.14)$$

Знак «-» в этой формуле соответствует $180^\circ < \varphi_B < 240^\circ$ (φ_B — фаза тока I_B), поскольку для этих углов амплитуды векторов уменьшаются, а знак «+» соответствует $120^\circ < \varphi_B < 180^\circ$, поскольку для этих углов амплитуды векторов увеличиваются.

Коэффициент торможения K_T рассчитывается по формуле

$$K_T = \frac{I_{2\text{ср.т}} - I_{2\text{ср}}}{I_T} \cdot \frac{I_{2\text{уст min}}}{I_{2\text{уст}}} \cdot 100, \quad (3.15)$$

где $I_{2\text{ср}}$ — ток срабатывания без торможения; $I_{2\text{ср.т}}$ — ток срабатывания с торможением; I_T — тормозной ток, равный току фазы А; $I_{2\text{уст}}$ — выставленная уставка КРБ-126; $I_{2\text{уст min}}$ — минимальная уставка КРБ-126, для исполнения 5 А равна 0,5.

4. Проверка дополнительной погрешности $I_{2\text{ср}}$ при отклонении частоты выполняется аналогично п. 3.8.4,1, только вначале при частоте 50 Гц, а затем на частотах 47 и 53 Гц.

Погрешность сравнивается с допустимым значением, заданным в окне «Уставки».

5. Проверка заглубления уставки $I_{2\text{ср}}$ от токов 5-й гармоники выполняется аналогично п. 3.8.4,1 только на частоте 250 Гц.

Ток срабатывания должен увеличиться (заглубление) в число раз, не менее значения, указанного в окне «Уставки» (по умолчанию — не менее чем в 4 раза).

6. Проверка $I_{\text{к.ср}}$ при всех рабочих уставках устройства блокировки. Программа проверяет ток $I_{\text{к.ср}}$ так же, как описано п. 3.7.4,7 при всех заданных видах КЗ и сравнивает его с $I_{\text{к.ср}}$, полученным при предыдущей проверке. Эти токи не должны отличаться более чем на 12%.

7. Проверка уставки реле минимального напряжения К4 выполняется по алгоритму, аналогичному п. 3.7.4,8.

8. Проверка времени фиксации пуска $T_{\text{ф.п}}$ выполняется по алгоритму, аналогичному п. 3.7.4,9.

Время фиксации пуска должно быть не более 0,008 с, при трехкратном токе обратной последовательности на входе ФТОП по отношению к току уставки.

9. Проверка времени ввода в работу $T_{\text{вв}}$ блокируемых ступеней защиты и времени вывода блокировки. Для проверки используется контакт К1/5.

Во время проверки программа подаёт на панель импульс трехфазного тока обратной последовательности $3I_{2уст}$. Выдача тока производится до повторного срабатывания блокировки. Программа ожидает размыкания контакта реле $K1$ (первый цикл), измеряет длительность его замкнутого состояния $T_{вв}$. Время ввода в работу блокируемых ступеней ДЗ-2 должно быть в пределах 0,32—0,4 с или 0,48—0,6 с (если стоит переключатель 23–25) .

Предусмотрено специальное поле, которое определяет время ввода, т.е. положение переключателя 23–25.

Для проверки времени вывода блокировки используются контакты $K1/5$ и $K3/4$. Время одновременности работы этих контактов — это время вывода реле KT $T_{КТ}$. Время импульса должно быть меньше заданного в уставках времени вывода (от 1 до 20 с).

Дополнительно можно измерить время возврата реле $K1$ (менее 0,008 с) и одновременность срабатывания KP и $K1/5$.

3.9. Проверка блокировки при качаниях КРБ-125

Программа обеспечивает пользователю возможность полной проверки основных характеристик устройства в течение нескольких часов. Программа позволяет в автоматическом режиме проверить следующие параметры устройства:

- уставку срабатывания по $U_{2ср}$. Предлагаются разные методы его измерения: прямой — с помощью напряжения обратной последовательности U_2 , и междуфазный — путем имитации междуфазных аварий;

- коэффициент возврата $K_{вз}$;
- погрешность уставки по $U_{2ср}$ при отклонении частоты;
- уставку $3I_{0ср}$;
- уставку реле напряжения $K4$;
- напряжение срабатывания блокировки $U_{к.ср}$ при всех рабочих уставках;

- время фиксации пуска $T_{ф.п}$;
- время ввода в работу блокируемых ступеней защиты $T_{вв}$.

3.9.1. Задание уставок

Первый шаг — задание типов блокировки, используемой в панели. Для этого в окне параметры панели необходимо выбрать тип панели с учетом используемой блокировки (рис. 3.30).

Для этого используется выпадающий список возможных вариантов: первый вариант — это КРБ-125, второй — КРБ-126. В нашем случае необходимо установить первый вариант.

Далее в левой части этого же окна (см. рис. 3.2) выбирают пункт «Устройство блокировки при качаниях». Загружается модуль проверки КРБ-125. Необходимо ввести все уставки в колонке «Значения» (рис. 3.31). Остальные уставки можно не вводить, они будут иметь параметры по умолчанию.

3.9.2. Задание условий проверки

Второй шаг — задание параметров проверки. Порядок и их количество мало отличаются от описанного выше. Главное — задать

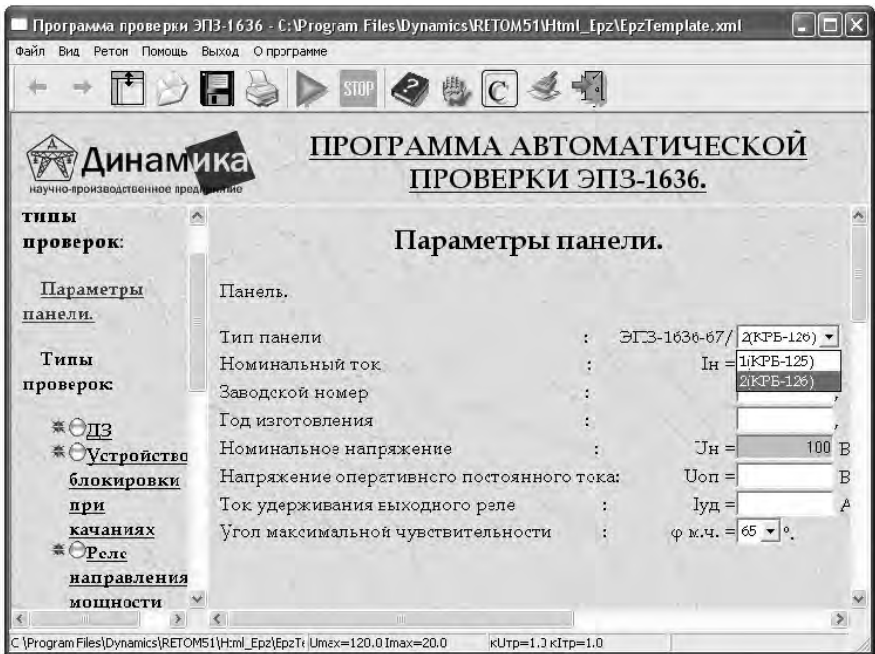


Рис. 3.30. Выбор типа блокировки

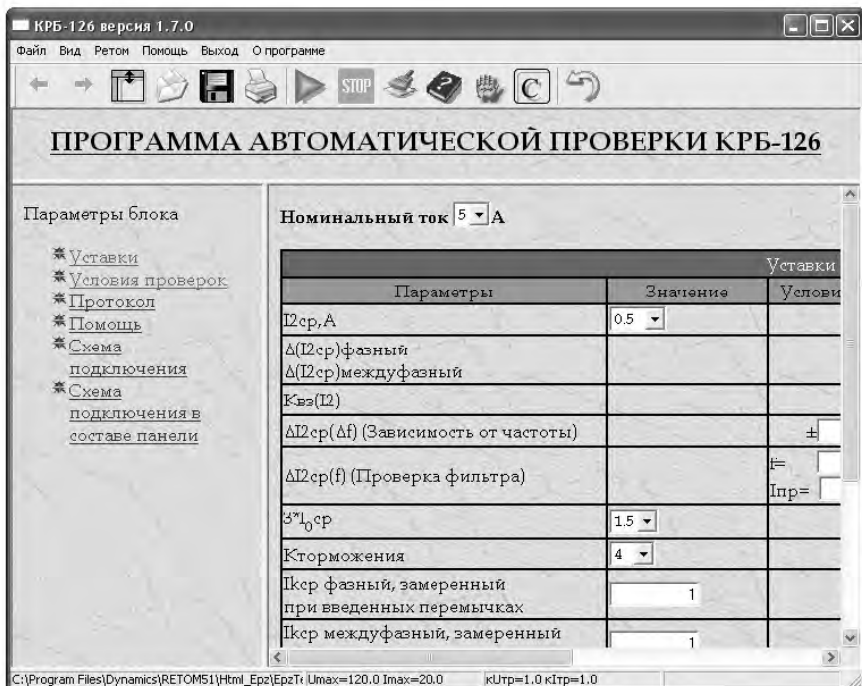


Рис. 3.31. Задания уставок блокировки

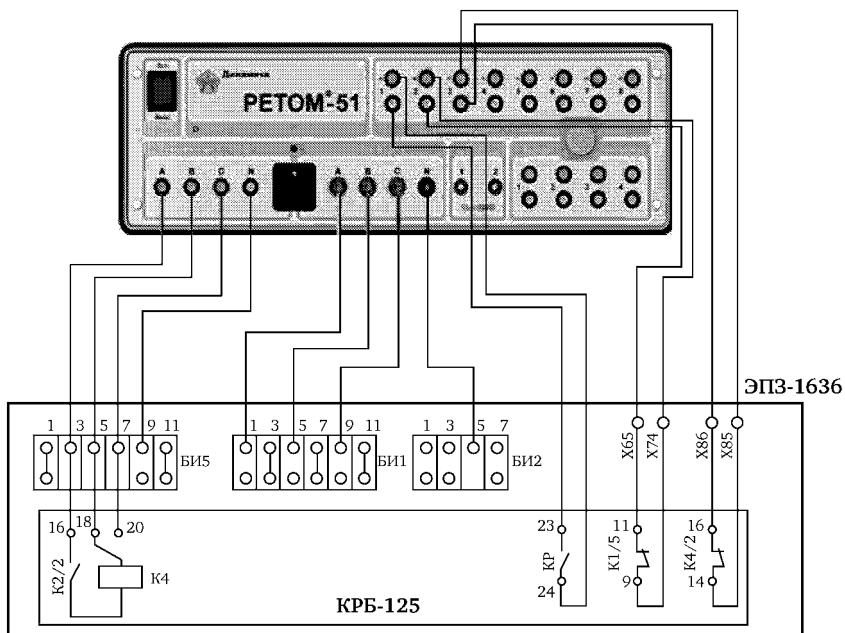
времени, контакты и нажать на кнопку. «Пересчитать условия проверки», чтобы эти условия соответствовали заданным уставкам.

3.9.3. Подключение

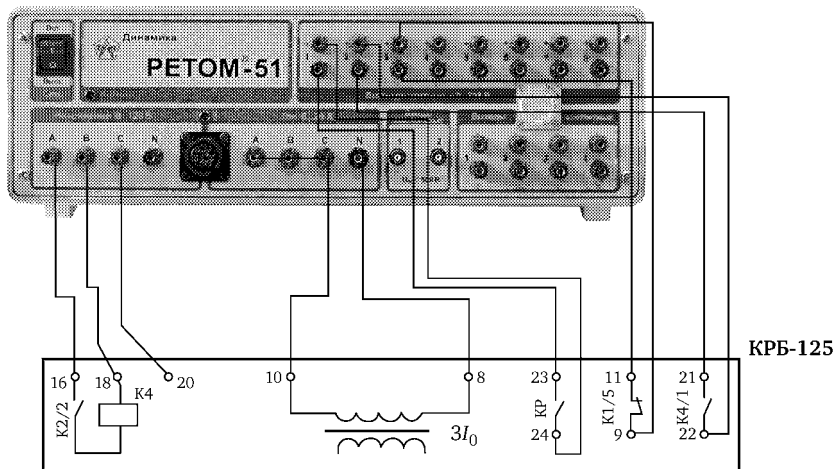
Третий шаг — подключение. Необходимо проверить правильность схемы проверки. Схема подключения может меняться в зависимости от способа подключения: в составе панели или отдельно от нее (рис. 3.32).

3.9.4. Алгоритмы проверки

При проверке напряжения срабатывания необходимо зафиксировать реле КЗ в подтянутом положении, а при проверке напряжения возврата — в отпавшем положении.



а)



б)

Рис. 3.32. Схема подключения КРБ-125:
а — в составе панели; б — как самостоятельное устройство

1. Проверка уставки по U_{2cp} . Для исключения влияния тока нулевой последовательности на процесс измерения срабатывания по U_2 необходимо вывести цепи $3I_0$ из работы. Для этого необходимо переставить переключку из положения 6–8 в положение 8–10.

Токовые каналы при этой проверке не используются.

Проверка может проводиться либо по контакту реле KP , либо по контакту $K1/5$. Рекомендуется использовать реле KP , так как в этом случае можно проверить и коэффициент возврата. Реле $K1$ для проверки последнего не подходит.

Если для проверки использовать нормально замкнутый контакт реле $K1$, то тип контакта надо выбрать НЗ, так как реле $K1$ в дежурном режиме подтянуто, и обязательно подать питание на устройство.

Алгоритм расчета U_{2cp} может быть разный, в зависимости от выбранного метода проверки. Параметры проверки (минимальное и максимальное значения напряжения, шаг изменения напряжения $\Delta U_{2шаг}$) задаются в рабочем окне «Условия проверки», а длительность подачи напряжения — в окне «Времена».

При проверке прямым методом используется симметричная система напряжений обратной последовательности, т.е. подают именно U_2 и измеряют именно U_{2cp} , которое и сравнивают с $U_{уст}$.

При проверке междуфазным методом на симметричную систему напряжений прямой последовательности U_1 накладывается напряжение выбранного вида аварии — $U_{кз}$. По мере уменьшения $U_{кз}$ происходит увеличение U_2 , а напряжение U_1 уменьшается. Векторы фазных напряжений, участвующих в аварии, двигаются вдоль прямой, соединяющей концы этих векторов при $U_2 = 0$, для сохранения баланса $U_2 + U_1 = 0$, т.е. U_0 остается равным нулю (рис. 3.33).

Например, вначале подается симметричное трехфазное напряжение U_1 с фазными значениями напряжений, равными $100/\sqrt{3}$ В, далее — напряже-

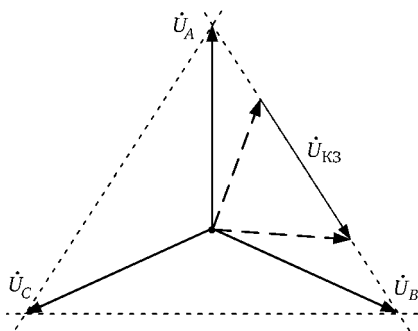


Рис. 3.33. Графическое представление междуфазного метода

ние короткого замыкания U_{K3} . При аварии типа АВ — это линейное напряжение U_{AB} , которое начинает уменьшаться с шагом $\Delta U = \Delta U_{2\text{шаг}} \cdot 2\sqrt{3}$, при этом напряжение U_2 возрастает на $\Delta U_{2\text{шаг}}$ с каждым шагом проверки. Программа уменьшает междуфазное напряжение до напряжения срабатывания $U_{K3\text{ ср}}$. Напряжение срабатывания по обратной последовательности рассчитывают по формуле

$$U_{2\text{ср}} = [(100 - U_{K3\text{ ср}}) / 2] / \sqrt{3} \quad (3.16)$$

и сравнивают его с уставкой.

Испытания проводят для всех выбранных вариантов аварии. Расхождения значений $U_{2\text{ср}}$ для напряжения U_{AB} , U_{BC} и U_{CA} не должны превышать значения $\Delta(U_{2\text{ср}})_{\text{мф}}$ заданного в окне «Уставки». По умолчанию это значение равно $\pm 3,5\%$.

Во время проверки междуфазным методом программа при переходе от одного вида аварии к другому выдерживает время, которое больше времени срабатывания реле KT . Это замечание относится также и к подобным последующим пунктам проверки.

2. Проверка коэффициента возврата $K_{вз}$. Для расчета коэффициента возврата необходимы два значения напряжения — срабатывания и возврата, т.е. для расчета $K_{вз}$ необходимо измерить напряжение возврата $U_{2вз}$. Для этого после нахождения напряжения срабатывания $U_{2\text{ср}}$ программа не меняет напряжение и выдаёт сообщение: «Зафиксировать реле РПЗ в отпавшем положении».

После выполнения этого действия оператором и повторного нажатия кнопки «Пуск», программа плавно уменьшает напряжение U_2 до возврата реле KP , фиксирует значение напряжения возврата $U_{2вз}$. Коэффициент $K_{вз}$ рассчитывают по формуле

$$K_{вз} = U_{2вз} / U_{2\text{ср}} \quad (3.17)$$

Выполнение действий оператора с реле РПЗ программой не проверяется. Если они будут не выполнены, то $K_{вз}$ будет определен иной, меньший, и при сравнении с допустимым $K_{вз}$ в протоколе запишется «Ошибка».

Во время нахождения напряжения срабатывания и возврата программа может попросить измерить ток срабатывания и возврата у поляризованного реле.

3. Проверка дополнительной погрешности $U_{2\text{ср}}$ при отклонении частоты проводится при заданных уставках по U_2 прямым или междуфазным методом вначале на частоте 50 Гц, а затем при частотах 47 и 53 Гц. Погрешность сравнивается с допустимой из окна «Уставки».

4. Проверка уставки по $3I_0$. Предварительно выдаётся сообщение: «Вывести из работы ФНОП, для чего снять перемычку 32–34. ввести в работу ФТНП: разомкнуть перемычку 8–10 и установить 6–8».

Проверка проводится имитацией выбранного режима однофазного КЗ (А0, В0 или С0) в диапазоне и с шагом проверки токов, заданными в окне проверки, по обычному для проверки токов срабатывания алгоритму без определения коэффициента возврата.

После окончания проверки выдаётся сообщение: «Восстановите все накладки!»

5. Проверка $U_{\text{ср}}$ при всех рабочих уставках блокировки (по U_2 , $3I_0$) осуществляется междуфазным методом. Сравнение проводится со значением $U_{\text{ср}}$, полученным при предыдущей проверке. Значения не должны различаться более чем на 12%.

Если по сравнению с предыдущей проверкой какая-либо уставка была изменена (сравнить с данными в окне «Уставки») или данная проверка — первая, то сравнение с предыдущей проверкой не проводится, а результат запоминается для последующей проверки.

6. Проверка уставки реле напряжения К4. Должно быть подано питание = 220 В.

Для проверки используется размыкающий контакт реле К4.

Так как реле К2 находится в сработанном положении, то обмотка К4 подсоединена к цепям напряжения по фазам А и В. Поиск напряжения срабатывания реле К4 проводится путем плавного увеличения напряжения.

7. Проверка времени фиксации пуска $T_{\text{ф.п}}$ проводится аналогично п. 3.7.4,9, только вместо тока I_2 подается напряжение U_2 .

8. Проверка времени ввода в работу блокируемых ступеней защиты $T_{\text{вв}}$ проводится аналогично п. 3.7.4,10 только вместо тока подается импульс трехфазного напряжения обратной последовательности.

3.10. Проверка реле направления мощности

Программный модуль предназначен для проверки реле направления мощности (РНМ) 1-го и 2-го комплексов, установленных в панель ЭПЗ-1636. Предусмотрена проверка как электромеханических реле типа РБМ-177, РБМ-178, так и электронных реле типа РМ-12.

Программа обеспечивает возможность в течение нескольких десятков минут в автоматическом режиме выполнить проверку этих реле по следующим параметрам:

- отсутствие самохода от тока и напряжения;
- угол максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч}$;
- напряжение срабатывания и возврата;
- мощность срабатывания и возврата;
- отсутствие ложного срабатывания при сбросе обратной мощности $S_{обр}$;
- отсутствие вибрации контактов;
- время срабатывания и возврата;
- время переориентации;
- вольт-амперная характеристика реле (для РМ-12).

3.10.1. Задание уставок

Первый шаг — задание всех полей в окне «Уставки» (рис. 3.34).

3.10.2. Задание условий проверки

Второй шаг — заполнение полей в окне «Условия проверок» (рис. 3.35).

Ниже полей «Временные параметры» находится таблица задания условий проверки. В ней выбираются нужные проверки и задаются необходимые условия проверки отдельно для каждого из комплексов.

Если в окне «Уставки» для 1-го и/или 2-го комплексов выбрано реле РМ-12, то ниже появляется таблица с результатами и графики снятия вольт-амперной характеристики реле (рис. 3.36).

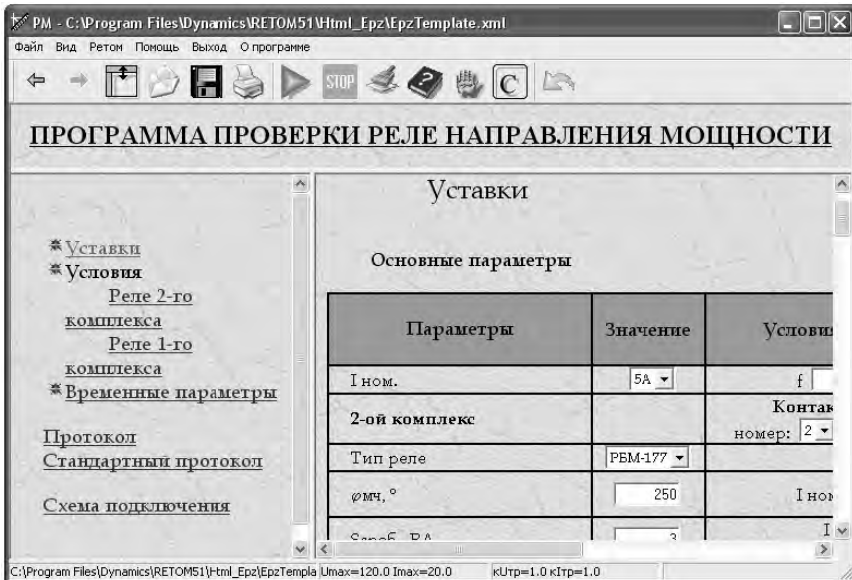


Рис. 3.34. Окно «Уставки» РМ

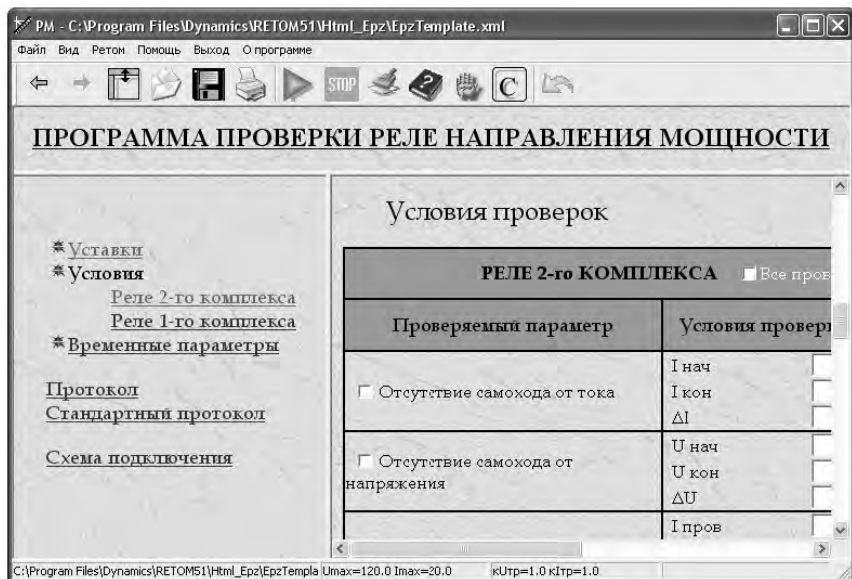


Рис. 3.35 Окно «Условия проверки» РМ

Вольт-амперная характеристика 2-го комплекса

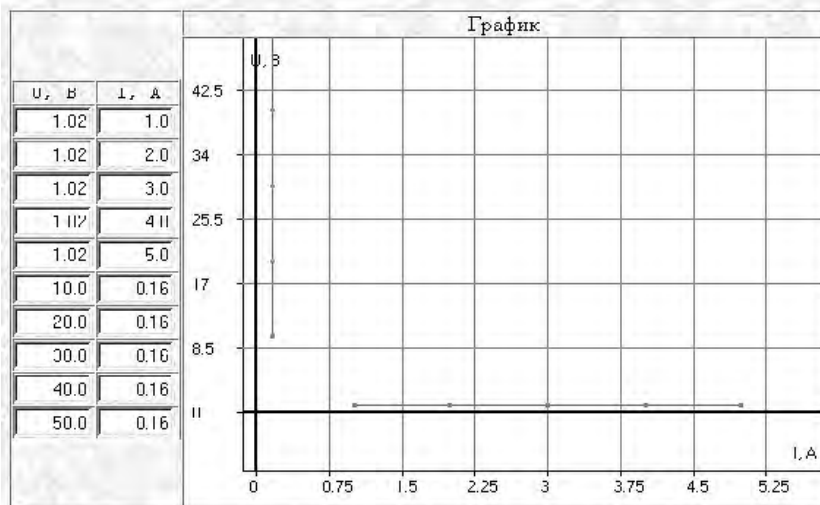


Рис. 3.36. Внешний вид окна для снятия вольт-амперной характеристики РМ

3.10.3. Подключение

Третий шаг — подключение. Необходимо проверить правильность схемы проверки. Схема подключения может меняться в зависимости от типа проверяемого реле и способа его подключения: в составе панели или отдельно от нее. Эти варианты схем подключения показаны на рис. 3.37—3.39.

Схема подключения РНМ к РЕТОМ составе панели ЭПЗ-1636 приведена на рис. 3.37.

Если при проверке РНМ через испытательные блоки (БИ) РЕТОМ выдает сообщение «Обрыв (перегрузка) цепей тока», то для уменьшения сопротивления в цепях тока при проверке реле 2-го комплекса рекомендуется вывести из работы (зашунтировать) токовые цепи 1-го комплекса, сняв крышки *БИ1* и *БИ2*, и соответственно, при проверке реле 1-го комплекса вывести из работы (зашунтировать) токовые цепи 2-го комплекса, сняв крышки *БИ3* и *БИ4*.

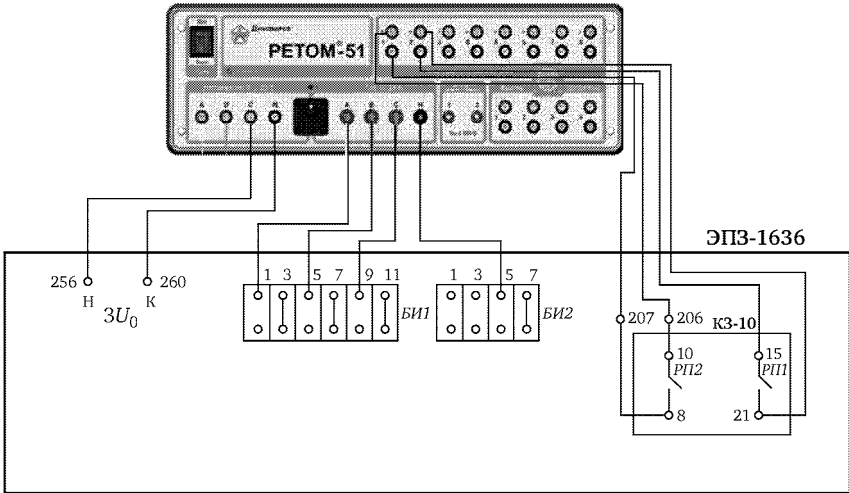


Рис. 3.37. Подключение к РНМ в составе панели

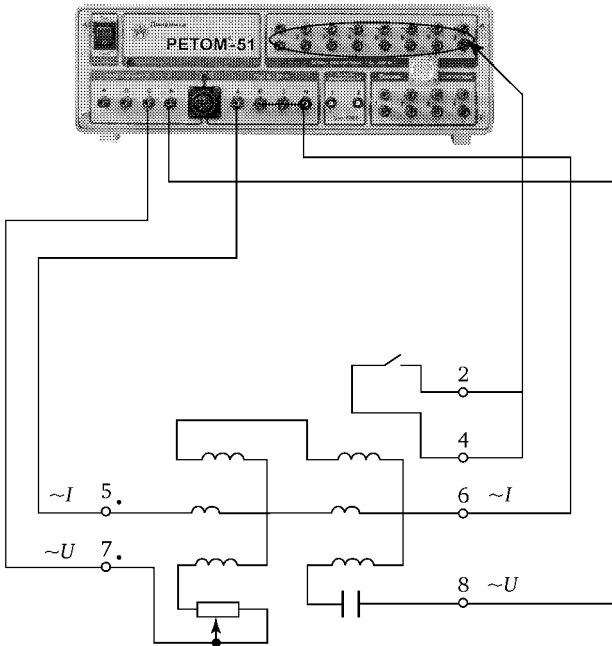


Рис. 3.38. Подключение к РБМ-177 и РБМ-178, как к отдельному блоку

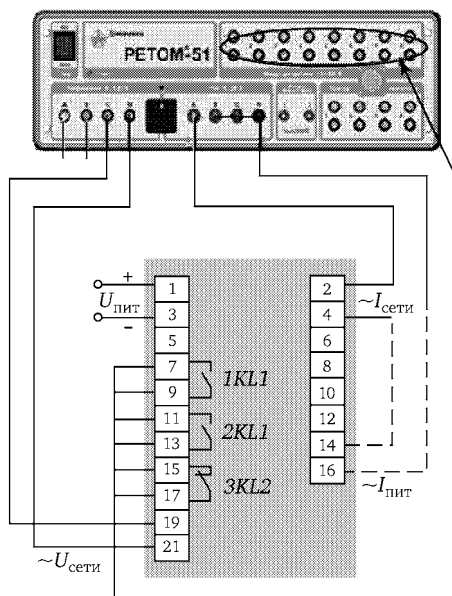


Рис. 3.39. Подключение к РМ-12 как к отдельному блоку

При проверке панели одноамперного исполнения из-за большого сопротивления токовых цепей в нулевом проводе РНМ рекомендуется проверять, подключая токовые цепи РЕТОМ непосредственно к токовой обмотке РНМ («крокодилами»). Для определения срабатывания РНМ программа использует контакты реле-повторителей РП1 (2-го комплекса) и РП2 (1-го комплекса), поэтому проверку проводят при поданном на панель оперативном питании.

Схема для подключения РЕТОМ к реле РНМ типов РБМ-177, -178 показана на рис. 3.38, а типа РМ-12 — на рис. 3.39.

3.10.4. Алгоритмы проверки

Условия проверки по каждому из проверяемых реле направления мощности могут быть различными. Параметры проверки, выставляемые в редактируемых окнах по умолчанию, при проверке связаны с параметрами, задаваемыми в окне «Уставки».

При проверке РЕТОМ выдает испытательное напряжение с канала U_C , испытательный ток — с канала I_A . Каналы напряжения U_A

и U_B используются, если это необходимо, только для питания реле постоянным или переменным напряжением.

1. Проверка отсутствия самохода от тока. При проверке подается только ток в диапазоне от $I_{\text{нач}}$ до $I_{\text{кон}}$ с заданным шагом и выдерживается время КЗ на каждом шаге. Напряжение равно нулю.

Контролируется отсутствие срабатывания реле.

2. Проверка отсутствия самохода от напряжения. При проверке подается только напряжение в диапазоне от $U_{\text{нач}}$ до $U_{\text{кон}}$ с заданным шагом и выдерживается время КЗ на каждом шаге. Ток равен нулю.

Контролируется отсутствие срабатывания реле.

3. Проверка угла максимальной чувствительности $\varphi_{\text{м.ч}}$ проводится по умолчанию при заданном токе и напряжении (как правило, $I_{\text{ном}}$ и $U_{\text{ном}}$). Метод проверки аналогичен соответствующему методу для реле сопротивления. Проверка начинается с угла между напряжением и током, равного $\varphi_{\text{м.ч}} + 180^\circ$. Угол между током и напряжением изменяется с шагом $4\Delta\varphi$ (грубо) по часовой стрелке. После нахождения угла срабатывания боковая сторона характеристики уточняется с заданным шагом $\Delta\varphi$ по углу. Затем направление изменения угла меняется (против часовой стрелки) и аналогично находится вторая боковая сторона характеристики. Вычисляется угол максимальной чувствительности реле. Допустимая зона действия реле не задана в технических данных и оценивается самим пользователем. Во всех случаях зона не должна превышать 180° .

4. Проверка напряжения и мощности срабатывания и возврата. Проверка $U_{\text{ср}}$ и $S_{\text{ср}}$, а также коэффициента возврата $K_{\text{вз}}$ по напряжению проводится путём изменения напряжения U от 0 до 100 В с заданным шагом на угле $\varphi_{\text{м.ч}}$ при заданном токе проверки $I_{\text{пр}}$ (как правило, $I_{\text{пр}} = I_{\text{ном}}$). Вычисляется мощность срабатывания $S_{\text{ср}}$. Для проверки $U_{\text{вз}}$ и $S_{\text{вз}}$ напряжение, при котором переключается контакт реле, удваивается для исключения дребезга (контакт реле поджимается) и далее начинает уменьшаться с заданным шагом. Определяется $U_{\text{вз}}$, вычисляется $S_{\text{вз}}$.

Коэффициент возврата по напряжению не сверяется с заданным, но вносится в протокол.

5. Проверка поведения реле при сбросе обратной мощности проводится в случае, если реле используется в направленной

ступени, срабатывающей без выдержки времени. Сбрасываемая мощность $S_{\text{обр}}$ задаётся диспетчерской службой как максимальная мощность КЗ «за спиной» (задаётся в окне «Уставки»). Проверка проводится на угле $\varphi_{\text{м.ч}} + 180^\circ$ при заданном токе скачком от начальной до конечной мощности. Реле не должно срабатывать.

6. Проверка отсутствия вибрации контактов проводится автоматически при $\varphi = \varphi_{\text{м.ч}}$ (КЗ в зоне), при заданном токе проверки (как правило, максимальном токе КЗ вблизи шин). Мощность изменяется от $S_{\text{нач}}$ до $S_{\text{кон}}$ с заданным шагом. Признаком вибрации считается два переключения контакта реле.

7. Снятие вольт-амперной характеристики (ВАХ). Проверка предназначена для электронных реле типов РМ-11, РМ-12.

Для проверки ВАХ в рабочем окне следует задать начальные и конечные значения тока и напряжения и число интервалов проверки на каждой ветви характеристики. Шаг изменения проверяемой величины в каждой точке характеристики программой устанавливается равным $U_{\text{max}}/20$ и $I_{\text{max}}/20$. После грубого определения срабатывания ($U_{\text{ср}}$ и $I_{\text{ср}}$) программа уточняет параметр с точностью, равной одной пятой заданного процента допустимого отклонения. т.е., допустим, задано: $I_{\text{max}} = 5$ А, $U_{\text{max}} = 100$ В, грубый шаг по напряжению равен $100/20 = 5$ В, а по току — $5/20 = 0,25$ А. Используя шаг 5 В или 0,25 А, программа находит грубое значение $U_{\text{ср}}$ или $I_{\text{ср}}$. Например, оно равно 10 В по напряжению или 1,0 А по току. Если отклонение задано, допустим, 5%, то точный шаг по напряжению будет равен 1% $U_{\text{ср}}$ ($I_{\text{ср}}$), или 0,1 В по напряжению и 0,01 А по току. Такой алгоритм обеспечивает высокую точность измерения параметра при малых затратах времени. По полученным результатам строят график и заполняют таблицу.

3.11. Проверка реле тока ТЗНП

Программа проверяет реле тока нулевой последовательности 2-го комплекса в комплекте блока КЗ-10 и выносное реле тока РТЗ из 1-го комплекса (IV ступень ТЗНП). Эта программа обеспечивает возможность в автоматическом режиме проверить следующие параметры реле:



Рис. 3.40. Окно «Уставки» ТЗНП

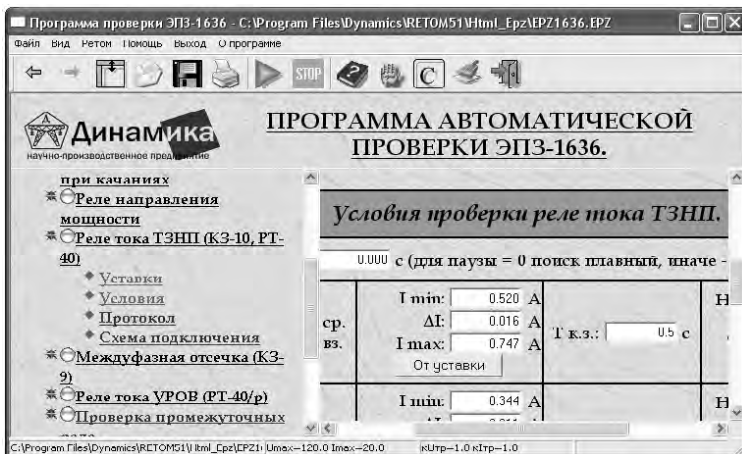


Рис. 3.41. Окно «Условия проверки» ТЗНП

- ток срабатывания $I_{ср}$;
- ток возврата $I_{вз}$;
- отсутствие вибрации контактов.

Порядок и последовательность работы аналогично предыдущим проверкам.

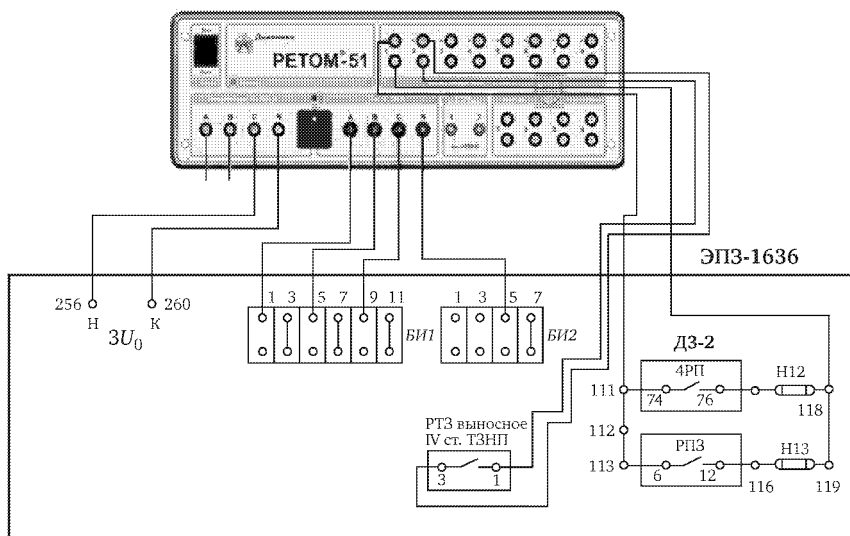


Рис. 3.42. Схема проверки ТЗНП

Окно задания уставок имеет вид, представленный на рис. 3.40, задания условий проверки реле тока ТЗНП — на рис. 3.41.

Испытания проводятся по схеме, приведенной на рис. 3.42, при поданном на панель оперативном питании.

3.11.1. Алгоритм проверки

Так как контакты токовых реле блока КЗ-10 не выведены на клеммы комплекта, для контроля срабатывания токовых реле используются контакты выходного реле РПЗ блока КЗ-10, на который каждое токовое реле действует с своей выдержкой времени. Поэтому при автоматической проверке программа задерживается на каждой ступени в течение времени $T_{КЗ}$, перекрывающего выдержку времени этой ступени. В связи с этим проверка будет занимать несколько больше времени, чем обычно. Проверку отдельно стоящего реле тока РТЗ (IV ступень ТЗНП) можно проводить и по его собственному контакту и по реле 4РП комплекта ДЗ-2. Первый вариант предпочтительней, так как уменьшается время проверки.

По каналу U_C в течение времени $T_{КЗ}$ дополнительно подается напряжение, имитирующее $3U_0$. Угол между напряжением и током

равен 250° (имитируется КЗ на линии). Это необходимо для работы РНМ и для того, чтобы не выводить направленность ступеней, если для контроля используются контакты выходного реле РПЗ и реле 4РП комплекта ДЗ-2 (IV ступени ТЗНП).

1. Проверка токов срабатывания и возврата. Для нахождения $I_{\text{ср}}$ ток увеличивается от I_{min} до I_{max} с шагом ΔI . Используется временная диаграмма (время ожидания на каждом шаге равно $T_{\text{КЗ}}$, времена $T_{\text{ХХ}}$ и $T_{\text{П}}$ ненулевые) в случае фиксации срабатывания по контактам выходных реле. Можно применить непрерывную подачу тока ($T_{\text{ХХ}}$ и $T_{\text{П}}$ равны нулю), если подключены только выходы реле.

Ток возврата $I_{\text{вз}}$ при подключении реле РПЗ и реле 4РП можно измерить только для реле тока IV ступени. Чтобы проверить $I_{\text{вз}}$ для I, II и III ступени, необходимо использовать контакты самих реле. После срабатывания реле текущее значение тока возвращается на предшествующий шаг, и шаг уменьшается в 4 раза.

Перед нахождением тока возврата после определения тока $I_{\text{ср}}$ ток увеличивается до I_{max} (для поджата контактов реле). Ток уменьшается на значение ΔI непрерывно (без $T_{\text{ХХ}}$ и $T_{\text{П}}$).

2. Проверка отсутствия вибрации контактов. При проверке в течение заданного времени $T_{\text{КЗ}}$, достаточного, чтобы проверяющий успел увидеть, искрят или не искрят контакты, ток увеличивается от I_{min} до I_{max} с шагом ΔI (обычно $I_{\text{min}} = 1,05 I_{\text{ср}}$ самого чувствительного из всех проверяемых реле тока). В течение времени $T_{\text{КЗ}}$ анализируется поведение контакта. Если произошёл возврат якоря реле (контакты разомкнулись), то в протоколе будет отмечена неисправность с отметкой, при каком токе замечена вибрация.

Если требуется проверить уставку или отсутствие вибрации при токах больше 20 А, следует установить флажок « $I_{\text{уст max}} > 20 \text{ А}$ » в нижней части рабочего окна.

3.12. Проверка реле тока междуфазной отсечки (комплект КЗ-9)

Программа обеспечивает возможность быстрой проверки реле РТ1 и РТ2 комплекта КЗ-9 и позволяет определить следующие параметры реле:

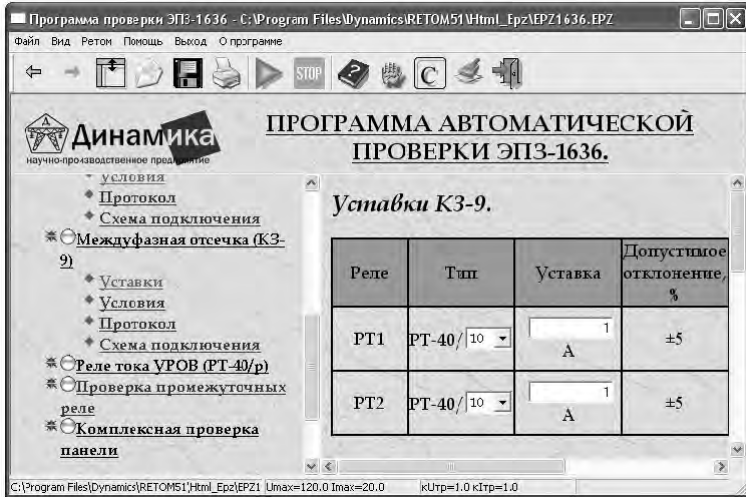


Рис. 3.43. Окно «Уставки КЗ-9»

- ток срабатывания $I_{ср}$;
- ток возврата $I_{вз}$;
- отсутствие вибрации контактов.

Порядок и последовательность работы аналогичны предыдущим проверкам. Окно задания уставок имеет вид, представленный на рис. 3.43, задания условий проверки реле токовой отсечки — на рис. 3.44.

Испытания проводятся по схеме, приведенной на рис. 3.45, при поданном на панель оперативном питании.

3.12.1. Алгоритм проверки

Алгоритмы поиска токов срабатывания $I_{ср}$ и возврата $I_{вз}$ и проверки отсутствия вибрации контактов аналогичны алгоритмам «Проверка ТЗНП».

1. Проверка токов срабатывания и возврата. Для нахождения $I_{ср}$ ток изменяется от $I_{мин}$ до I_{max} с заданным шагом, увеличенным в 4 раза ($4\Delta I$). Это грубый шаг. После срабатывания текущее значение тока возвращается на предшествующий шаг, и ток срабатывания определяется более точно, с шагом ΔI . При нахождении тока возврата $I_{вз}$ после нахождения $I_{ср}$ значение тока увеличивается

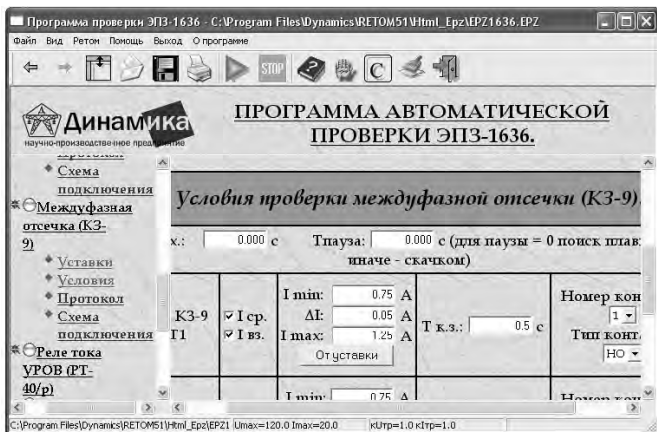


Рис. 3.44. Окно «Условия проверки междуфазной отсечки КЗ-9»

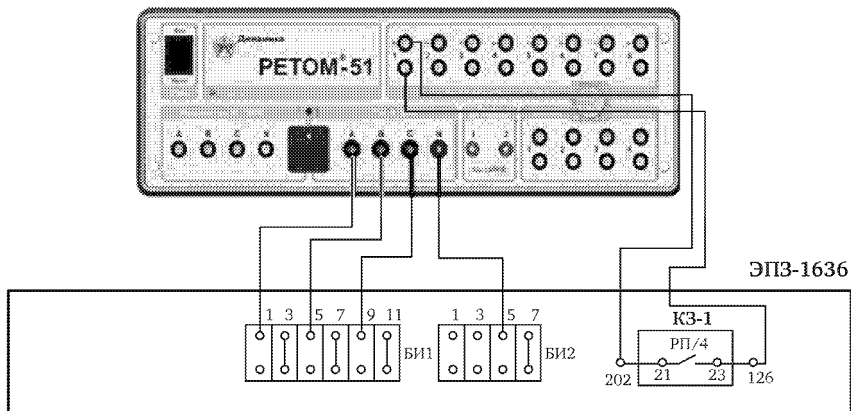


Рис. 3.45. Схема проверки блока КЗ-9 в составе панели

до I_{\max} (для поджата контактов реле) и начинается поиск $I_{вз}$. Ток уменьшается на ΔI непрерывно ($T_{ХХ}$ и $T_{п}$ равны нулю).

Время ожидания на каждом шаге равно $T_{КЗ}$. Подача может быть импульсной или непрерывной. Для создания непрерывного режима времена $T_{ХХ}$ и $T_{п}$ задаются равными нулю.

2. Проверка отсутствия вибрации контактов. При проверке в течение заданного времени $T_{КЗ}$, достаточного для того, чтобы проверяющий успел увидеть, искрят или не искрят контакты,

ток увеличивается от I_{\min} до I_{\max} с шагом ΔI . В течение времени $T_{\text{КЗ}}$ анализируется поведение контакта. Если произошёл возврат якоря реле (контакты разомкнулись), то в протоколе будет записана неисправность и отметка, на каком токе замечена вибрация.

Если требуется проводить проверку токов срабатывания и возврата или отсутствие вибрации при токах больших 20 А, следует установить флажок « $I_{\text{уст max}} > 20 \text{ А}$ » в нижней части рабочего окна.

3.13. Проверка реле тока для УРОВ (РТ-40/р)

Программа обеспечивает возможность пользователю проверить основные характеристики реле:

- ток срабатывания;
- ток возврата.

Проверка реле тока УРОВ, в отличие от других проверок панели, допускается только при выведении из работы защищаемой линии, так как для проверки требуется подключение к токовым цепям линии до испытательных блоков в токовых цепях панели!

После окончания проверки токовые цепи линии на панели необходимо восстановить в исходное состояние!

Внешний вид окон, порядок и последовательность работы ничем не отличаются от предыдущих проверок.

Имеется два варианта схем подключения: в составе панели (рис. 3.46,а) и как отдельный блок (рис. 3.46,б).

3.13.1. Алгоритмы проверки

Ток срабатывания реле $I_{\text{ср}}$ определяется путем плавного увеличения тока от I_{\min} до I_{\max} с шагом ΔI . Время ожидания на каждом шаге равно заданному в условиях проверок времени КЗ. После срабатывания текущее значение тока возвращается на предшествующий шаг, и ток срабатывания определяется более точно, с шагом $\Delta I/4$.

Для измерения тока возврата программа после срабатывания реле увеличивает ток до I_{\max} , а затем с заданным шагом уменьшает его до тока возврата реле. После нахождения тока возврата (грубо-

го), текущее значение тока поднимается до I_{\max} (до поджима контакта) и возвращается на предшествующий шаг до точки возврата по грубому шагу. Шаг уменьшается в 4 раза, и ток возврата определяется более точно. При этом длительная вибрация контакта вблизи тока срабатывания (в случае плохого регулирования контактной системы) может привести к неправильному измерению тока и коэффициента возврата (более 1). В таких случаях следует провести регулирование контактной системы.

В связи с тем что при разных видах КЗ в реле работают обмотки с разным числом витков и разной полярности (рис. 3.47) ожидаемый ток срабатывания при одной и той же уставке для разных видов КЗ различен, что и отражено в колонке протокола $I_{\text{ср.ож}}$. Диапазон токов проверки уставок должен охватывать уставки по всем фазам.

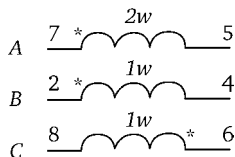


Рис. 3.47. Обмотки реле УРОВ

3.14. Проверка промежуточных реле

При выборе данного пункта проверки в окне программы появляется таблица параметров промежуточных реле из протокола проверки панели ЭПЗ-1636 (рис. 3.48).

При измерениях необходимо использовать соответствующие проверке программные (виртуальные) цифровые измерительные приборы — вольтметр, амперметр или секундомер, а также окно мониторинга входов, с помощью которых можно проводить измерения напряжения, тока и времени срабатывания и возврата промежуточных и сигнальных реле и следить за положением их контактов.

С использованием внешнего амперметра программа позволяет внести в протокол ток удерживания реле от токовой обмотки.

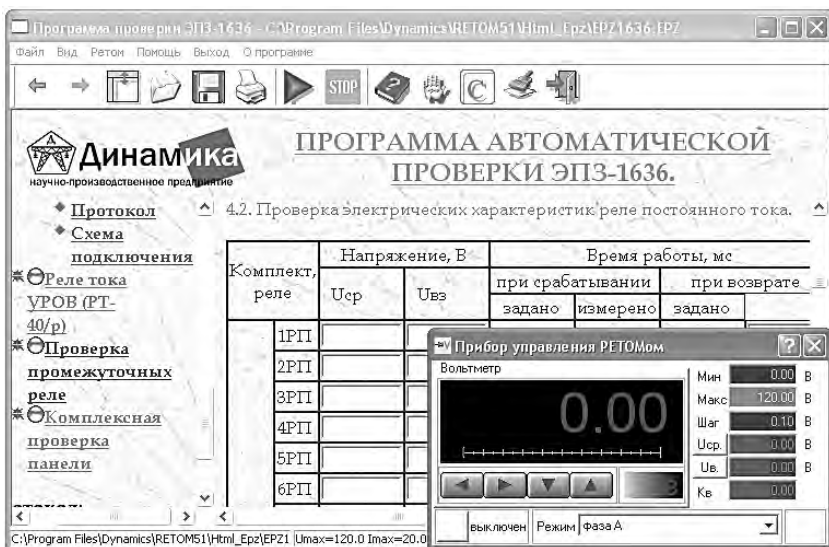


Рис. 3.48. Таблица параметров промежуточных реле в протоколе

3.14.1. Проверка напряжений срабатывания и возврата

Эта проверка проводится при помощи программного вольтметра, который имеет поля задания данных — это три редактируемых поля справа у прибора:

- «Мин» — нижнее значение изменения напряжения;
- «Шаг» — шаг изменения напряжения;
- «Макс» — верхнее значение изменения напряжения.

Для ввода данных необходимо выбрать одно из этих полей, при этом поле изменит свой цвет с синего на красный цвет, после чего с клавиатуры можно будет ввести нужное значение. Вводить и измерять эти значения можно и при помощи клавиш, расположенных в нижней части прибора:

- ← — уменьшение величины на шаг;
- — увеличение величины на шаг;
- ↑ — увеличение шага (эта функция может выполняться в процессе регулирования величины);
- ↓ — уменьшение шага (эта функция может выполняться в процессе регулирования величины).

Все клавиши работают в режиме автоповтора, что упрощает процесс регулирования. Значения величин отражаются в полях задания данных.

Ввод заканчивается нажатием кнопки «Enter». Цвет поля возвращается к синему.

Для проверки напряжения срабатывания реле нужно правильно подсоединить его обмотку и контакт к прибору РЕТОМ, выбрать номер входа и тип контакта, а затем, пользуясь кнопками прибора, изменить напряжение. При переключении реле напряжения срабатывания и возврата отображаются в полях «Срабатывание» и «Возврат», откуда они автоматически переносятся в протокол, в графу проверяемого реле.

Напряжение на реле подается только после пуска проверки.

3.14.2. Проверка тока и напряжения удерживания реле

Для измерения тока удерживания промежуточного или указательного реле в удерживающую обмотку реле включается дополнительный миллиамперметр постоянного тока. С помощью программируемого вольтметра из окна программы на реле подаётся регулируемое напряжение, по шкале миллиамперметра определяется ток при возврате реле, и его значение вручную вносится в редактируемое окно, откуда оно автоматически переносится в строку протокола, относящуюся к проверяемому реле. Напряжение удерживания реле измеряется автоматически, требуется только переключение в испытательной схеме.

3.14.3. Проверка времён срабатывания и возврата

Измерение времени и управление подачей на реле заданных значений проводятся виртуальным секундомером T . При проверке начальное и конечное значения напряжения задаются в верхних окнах настройки прибора «Мин» и «Макс».

В нижней части секундомера расположены четыре клавиши:

«Старт» — для скачкообразного изменения напряжения и запуска секундомера. Останов секундомера производится контактом проверяемого реле. Время срабатывания (возврата) фиксируется на шкале секундомера;

«Сброс» — для сброса показаний секундомера и восстановления предшествующего старту режима.

«Мин-Макс» — при нажатии этой кнопки РЕТОМ программируется так, что напряжение при проверке изменяется от меньшего значения до большего. При выборе этого режима кнопка «Мин-Макс» «утапливается».

«Макс-Мин» — напряжение при проверке изменяется от большего значения до меньшего. При выборе этого режима кнопка «Макс-Мин» «утапливается».

Для измерения времени срабатывания или возврата нужно выбрать тип контакта и номер входа РЕТОМ, направление изменения напряжения («Мин-Макс» или «Макс-Мин») и затем нажать кнопку «Старт». Измеренное время фиксируется в окнах на панели секундомера и в полях «Срабатывание» или «Возврат», откуда оно автоматически переносится в протокол, в графу проверяемого реле.

Опыты можно многократно повторять. При этом в редактируемых окнах «Срабатывание» и «Возврат» фиксируются последние измеренные значения времён срабатывания и возврата.

3.14.4. Указания по подключению прибора

С панели необходимо снять питание защит (автоматом питания), цепей сигнализации и цепей отключения выключателей!

Затем вставляют испытательные блоки БИ5, БИ6 и подают «—» напряжения проверки $U_{пр}$ на зажим панели X130.

В табл. 3.3 приведены сведения о выводах, на которые нужно подавать напряжение при проверке и на которых проводится контроль состояния этих реле, сведения об объёме проверки реле, а также дополнительные указания, относящиеся к отдельным проверкам. В квадратных скобках приведены сведения о допустимых напряжениях и временах срабатывания и возврата реле.

Таблица 3.3

№	Реле	Подать $+U_{пр}$ на зажим комплекта или реле	Зажимы и тип контакта	$[U_{ср}]$, В или $[U_{ср}]$, А	$[U_{вз}]$, В	$[t_{ср}]$, с	$[t_{вз}]$, с	Примечания
1	1РП	24	33-37 НО/2	132- 154	—	—	0,1-0,15	Разомкнуть Н1. Поджать якорь 2РП
		1РП:20						
2	2РП	49	39-51 НО/2	132- 154	>132	—	—	Проверка удерживающей обмотки. Снято то же. Установить 30-32 ДЗ-2. Срабатывание от руки
		1РП:20						
3	3РП	65	74-76 НО/1	<132	—	~0,045	—	Снять 31-32 Х. Переключатель П в положении «р»
		37						
4	4РП	25	...РУ: (58-36)	<132	—	~0,05	—	Установить 30-32 ДЗ-2, разомкнуть Н2
		1РВ:9						
5	4РП+ 1РУ	25	...РУ: (58-36)	<132	—	~0,025	—	Разомкнуть Н4, Н12
		1РВ:9						
6	4РП+ 2РУ	25	...РУ: (58-36)	<132	—	~0,025	—	То же. Проверка удержания через R41. Срабатывание от руки
		1РВ:6						
7	4РП+ 3РУ	25	...РУ: (58-36)	<132	—	~0,025	—	Поджать якорь 1РП и 4РП
		1РВ:6						

8	4РП+ 4РУ	45	...РУ: (58-36)	<132	—	—	—	—	—
9	4РП+ 5РУ	63			—	—	—	—	Поджать якорь БРП
10	5РП	15	33-35 НО/2	<154	>11	~0,045	—	—	Поджать якорь К1 КРБ
11	6РП	31	50-52 НО/4	<154	>11	~0,06	0,3-0,5	—	—
12	7РП	36	8-10 НЗ/1	<154	>11	—	—	—	Установить 34-36 ДЗ-2. Переключатель П в положение "У"
	ЛС		Визуально	<176	—	—	—	—	—
13	РП8	"+"—79 "—"—73	58-60 НЗ	26-27	>20,8	—	—	—	Вынуть платы НИ! $U_{исп} < 30 В!$
14	Р	"+"—19 "—"—16 (2РС-2ПП)	47 — 1РП:20	<14,4	—	—	—	—	Вынуть платы НИ! $U_{исп} < 30 В!$
15	1РВ	17	1РВ:(4-3) НО/1	<154	>11	—	—	—	—
			7-9 — 1РВ	—	—	$T_{уст1}$	—	—	—
			8-6 — 1РВ	—	—	$T_{уст2}$	—	—	—
16	2РВ	29	4-3 — 2РВ	<154	>11	—	—	—	—
			11-28	—	—	$T_{уст1}$	—	—	—
			11-43	—	—	$T_{уст2}$	—	—	—
КРБ-126(-125)									
1	К1	24	5-7 НЗ/4	<154	—	—	—	—	Отжать якорь К3
				—	>11	—	>0,008	—	Поджать якорь К3
2	К2		КТ:11-30	<154	—	—	—	—	Отжать якорь К3
				—	>11	—	—	—	Поджать якорь К3

№	Реле	Подать $+U_{пр}$ на зажим комплекта или реле	Зажимы и тип контакта	$[U_{ср.}], В$ или $[U_{ср.}], А$	$[U_{вз.}], В$	$[t_{ср.}], с$	$[t_{вз.}], с$	Примечания
3	КЗ	24	1-3 НЗ/2	<154	>11	—	0,32-0,4	Без С1'. Снята 25-27. Поджать якорь К1, К2
4	КТ	24	24-21	<154	—	—	0,48-0,6	С С1'. Установлена 25-27. Поджать якорь К1, К2
			КТ:3-30	—	>11	—	—	Отжать якорь К3
КЗ-9								
1	РП	8	21-23 НО/4	<154	>11	<0,1	<0,1	Установлена 7-9
				<154	>11	<0,05	<0,1	Снята 7-9
2	РП+ РУ	5	20-22 НО/1	<154	—	—	—	Поджать якорь К3
КЗ-10								
1	РП1	20	15-25 НО/2	<154	>11	<0,04	—	Снять 21-23
2	РП2	78	15-27 НЗ/2	<154	>11	<0,04	—	Снять 25-27. Переключатель "П" — в положение "Ж"
3	РП3	18	3-5 НО/3	<154	>11	<0,05	<100	Снята 10-12
				<154	>11	<0,1	<100	Установлена 10-12
4	РП4	18	15-26 НО/1	<154	>11	<0,04	—	—

5	РП5	“+” — 47 “_” — 51	7-17 НЗ	26-27	>20,8	—	—	Поляризованное реле БП комплекта КЗ-10. Отключить провода от 47-49-51 комплекта КЗ-10. $U_{\text{ист}} < 30 \text{ В!}$	
6	РВ1	РВ1:12	15-33 НО/1	<154	—	—	—	—	
			15-РВ1:7 НО/2	—	—	$T_{\text{уст}}$	—		
7	РВ2	РВ2:12	15-39 НО/1	<154	—	—	—	Разомкнуть 37-39 комплекта КЗ-10	
			5-37 НО/2	—	—	$T_{\text{уст1}}$	—		
			5-35 НО/2	—	—	$T_{\text{уст2}}$	—		
8	РВ3	1	15-53 НО/1	<154	—	—	—	177-178-179 X, 37-39 комплекта КЗ10	
			15-55 НО/2	—	—	$T_{\text{уст1}}$	—		
9	РВ4	50	15-57 НО/3	—	—	—	—	Снять 166-167X	
			РВ4:3- РВ4:4 НО/2	<154	—	—	—		
			15-РВ4:7 НО/2	—	—	$T_{\text{уст}}$	—		Снять 44-46-48-50-52X Н10
10	КН1	“+” — РУ...1	60-30	1	—	—	—	Заклинить якорь реле РП4 подтянутым	
11	КН2								
12	КН3								
13	КН4								
14	КН5								
Реле на панели									
1	РП1	12	РП1:7- РП1:3 НО/2	<154	>11	—	—	Выходное реле 1-го комплекса	

№	Реле	Подать $+U_{пр}$ на зажим комплекта или реле	Зажимы и тип контакта	$[U_{ср.}]$, В или $[U_{ср.}]$, А	$[U_{вз.}]$, В	$[t_{ср.}]$, с	$[t_{вз.}]$, с	Примечания
1	РП1	12	РП1:7- РП1:3 НО/2	—	—	>0,1	>0,1	Демферная обмотка замкнута
	РП2	12	РП2:7- РП2:9 НО/3	<154	>11	—	—	Демферная обмотка разомкнута
3	РПУ1	11	87-88X НО/4	<154	>11	—	—	—
						>0,8	—	Снята 106-105X
4	РПУ2	11	87-88X	<154	>11	—	—	—
						>1,3	—	Установлена 106-105X
5	РУ1	«+» — РУ...1 «_» — РУ...2	РУ...3- РУ...5	1	—	—	—	БНН
								БП 1-го комплекса
								БП 2-го комплекса
								Действие на Q1
								Действие на Q2

Примечания:

1. Если в колонке «Примечания» есть варианты со снятой или установленной перемычкой, то проверку следует выполнять только для варианта, имеющего место на данной панели.
2. Первая позиция в обозначении контакта — та, которую нужно подключить к зажиму «+» дискретного входа РЕТОМ.
3. Зажимы комплекта обозначены просто цифрами; зажимы реле — после двоеточия.

3.15. Комплексная проверка панели ЭПЗ-1636

Заключительной частью проверки панели ЭПЗ-1636 является комплексная проверка защиты. Окно комплексной проверки целиком не помещается на экране, поэтому для задания всех условий и запуска проверок применяется прокрутка экрана. На рис. 3.49 показан внешний вид окна с комментариями и описанием проверок, а на рис. 3.50—3.52 приведены схемы подключений.

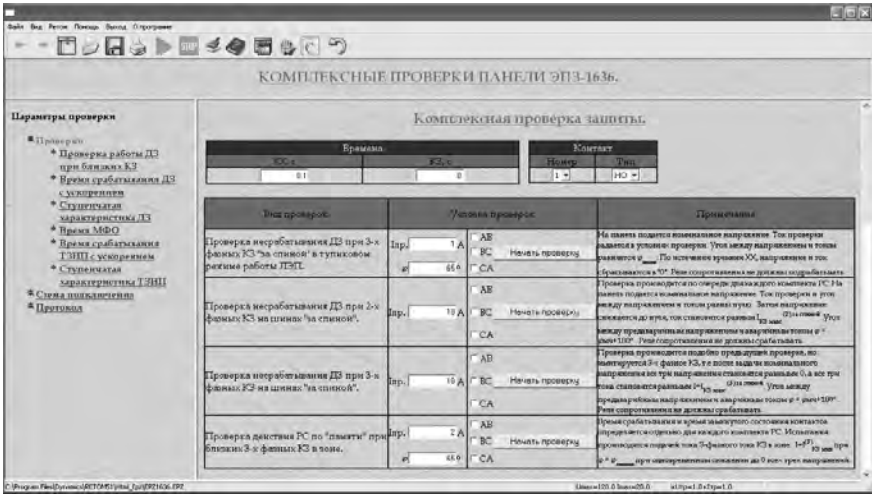


Рис. 3.49. Окно комплексной проверки панели

В табл. 3.4 перечислены режимы работы панели и необходимые переключки, соответствующие этим режимам.

Времена срабатывания II, III и IV ступеней ТЗНП (рис. 3.53) проверяются программой автоматически, последовательно при нажатии кнопки «Начать проверку».

При этой проверке программа сама устанавливает ток, на 30% превышающий уставку реле тока соответствующей ступени, и результат записывает в трёх окнах протокола (время ускорения II, III и IV ступеней).

Для того, чтобы в эти окна были записаны нужные времена (проверяемые), следует создать условия для корректной работы этих ступеней с ускорением:

Таблица 3.4

Режим	Ступень											
	I			II			III			IV		
Ввод в работу	183–184			185–186			54–(53 или 55, или 29)			=		
Вывод задержки по времени	46–48*			=			=			=		
Направленность	Нет	РМ _р	РМ _р или РМ _б	Нет	РМ _р	РМ _р или РМ _б	Нет	РМ _р	РМ _р или РМ _б	Нет	РМ _р	РМ _р или РМ _б
	21–23*	-	=	23–25*	-	25–27*	41–43*	-	43–45*	28–29–54	53–54 49–50	54–55 49–50
Ускорение при включении	=			107–106, Н11(2–3)			=			=		
	=			177–176			177 –178			=		
	=			t=0	t=0,5 с	t>0	t=0	t>0	t>0	50–52*	=	
Оперативное ускорение, t=0	=			52–54*			52–54*			=		
	=			=			Н5(2–3)			Н3(1–2), 43–45*		
	=			=			t=0	t<0	t<0	-	=	

Примечание. Выводы панели, которые надо замкнуть в панели для проверки соответствующего режима обозначены просто цифрами, а выводы комплекта реле — цифрами со значком*. Проверк означает, что перемычка не установлена, а две черты — что данная возможность отсутствует.

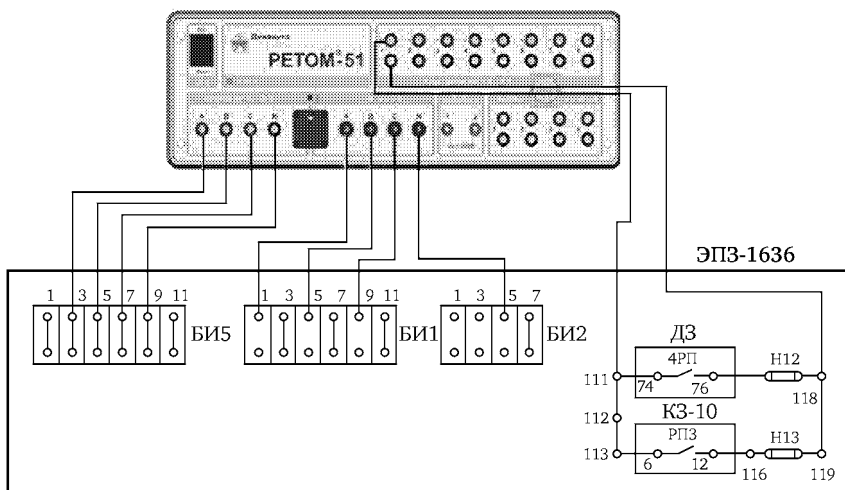


Рис. 3.50. Схема подключения при проверке дистанционной защиты

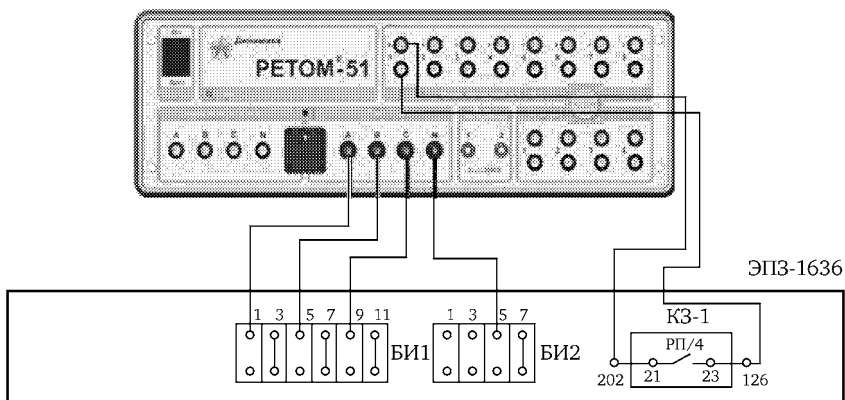


Рис. 3.51. Схема подключения при проверке междуфазной токовой отсечки

- II ступени — от мгновенного контакта реле *PВ1*, при установленной перемычке *X176–X177*, через замкнутый контакт реле *РПУ* (создать условия для его замыкания!), с замедлением (установить перемычку *50–52* комплекта *KЗ-2*) или без него (установить перемычку *54–52* комплекта *KЗ-2*).
- III ступени — от мгновенного контакта реле *PВ2*, при установленной перемычке *X178–X177*, либо через замкнутый контакт реле

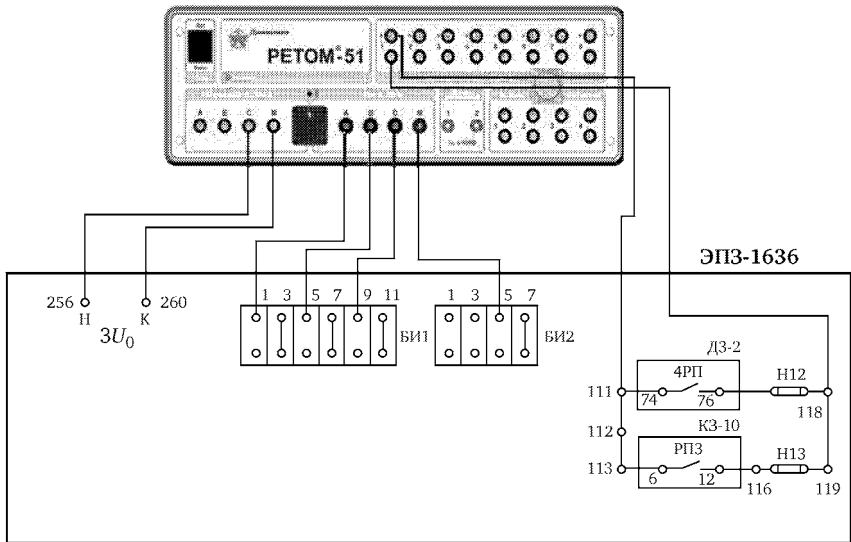


Рис. 3.52. Схема подключения при проверке токовой защиты нулевой последовательности

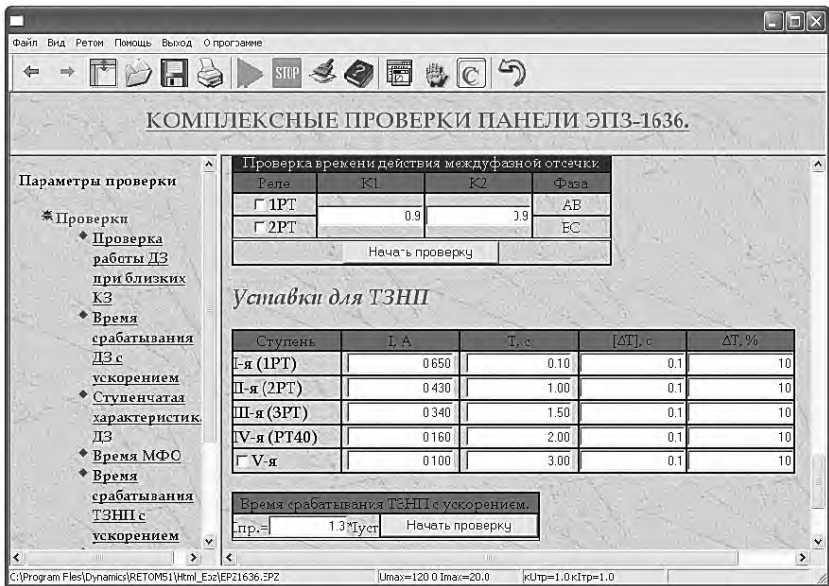


Рис. 3.53. Внешний вид протокола при комплексной проверке ТЗНП

РПУ (создать условия для его замыкания!), с замедлением (установить переключку 50–52 комплекта КЗ-2) или без него (установить переключку 54–52 комплекта КЗ-2), либо через цепи действия каскадной отсечки (ускорения от защиты параллельной линии — собрать цепь её действия!), также с замедлением или без него, либо через оперативную накладку *Н5*.

- IV ступени — от проскальзывающего контакта реле *РВ2*, при установленной переключке *Х47–Х48*.

Проверка панели ЭПЗ-1636 с помощью программ стандартного пакета

4.1. Общие положения

В этой главе описывается стандартный пакет программ при проверке основных характеристик панели ЭПЗ-1636, даются рекомендации, которые упрощают и ускоряют процесс проверки.

4.1.1. Подключение к панели

В качестве индикатора реакции защиты можно использовать либо контакты исполнительных органов, либо выходное реле панели. Последнее предпочтительнее, так как уменьшается количество переключений контрольных цепей во время работы.

Для проверки ускорения резервных ступеней ДЗ и ТНЗНП используются контакты выходного реле РЕТОМ, которые заводятся в цепь приёмного реле входа автоматического ускорения (АУ).

4.1.2. Блок РЕТ-ТН

Использование блока РЕТ-ТН позволяет не только сократить время проверки, но и более объективно оценить работу ДЗ. С его помощью собираются цепи напряжения по схеме разомкнутого треугольника — *ИКН* и заводятся в защиту вместе с цепями напряжения по схеме звезды — *АВСN*. Таким образом, при использовании полноценного набора напряжений (рис. 4.1) отпадает необходимость выводить из работы КРБ-12 (с помощью перемычки *7Н*), так как БН, работая в штатном режиме, не блокирует дистанционную защиту.

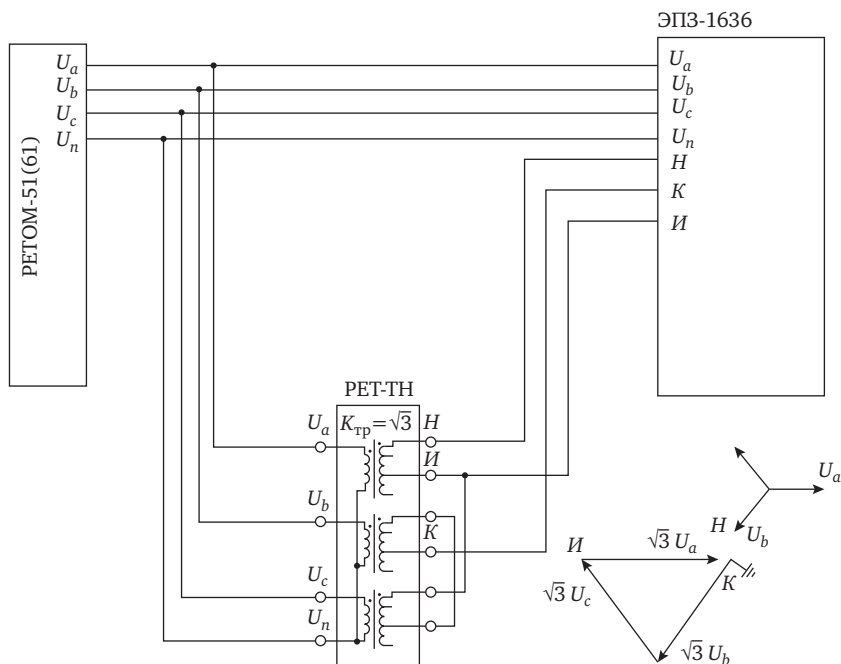


Рис. 4.1. Подключение цепей напряжений по схеме звезды и разомкнутого треугольника к панели ЭПЗ-1636 с помощью блока РЕТ-ТН

Не забудьте отметить в программе использование блока РЕТ-ТН. Для этого в главном меню программы нужно вызвать окно «Установка максимальных тока и напряжения» и установить флажок в разделе использования РЕТ-ТН (рис. 4.2). В этом режиме передний фронт сигнала напряжения будет подаваться немного плавнее, что обеспечит правильное формирование сигналов на выходе трансформаторов блока РЕТ-ТН в начальный момент.

Так как выходные сигналы блока не используются для измерений, то коэффициенты в программе задавать не надо, они должны остаться в положении 1.000.

Переключатель коэффициента трансформации блока РЕТ-ТН из четырёх возможных положений (« $1/\sqrt{3}$ », «1», « $\sqrt{3}$ », «5») необходимо установить в положение « $\sqrt{3}$ ». В этом режиме при входном напряжении 58 В выходное напряжение будет равно 100 В. Таким образом

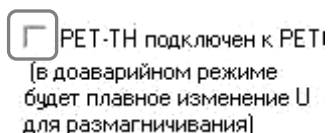


Рис. 4.2. Флажок в разделе использование ПЕТ-ТН

имитируется обычная работа трансформатора в режиме разомкнутого треугольника. Например, при близком однофазном КЗ, т.е. при обнулении одной фазы в цепях, соединенных по схеме звезды (U_a , U_b или U_c), на выходе разомкнутого треугольника напряжение $3U_0$ (ИНК) будет равно 100 В.

Если используется другая схема работы трансформатора в режиме разомкнутого треугольника, то для обеспечения правильной работы БН схему подключения и коэффициенты трансформации блока ПЕТ-ТН необходимо соответствующим образом изменить.

4.1.2. Блок ПЕТ-10

Максимальное значение тока, необходимое для проверки отдельных блоков панели, зависит от номинального тока панели. Так, у пятиамперных панелей уставки по току срабатывания реле отсечки и первых ступеней ТНЗНП могут значительно превышать 20 или 30 А (максимально возможный выдаваемый ток на фазу у приборов ПЕТОМ-51 и ПЕТОМ-61). Если при проверке можно применить однофазный режим работы прибора, когда токовые выходы работают параллельно и значение максимального тока утраивается, то дополнительных мер по увеличению тока применять не нужно. Если этого тока недостаточно, то рекомендуется использовать блок ПЕТ-10 с коэффициентом трансформации 5 или 10. Тогда, например при фазном токе с выхода прибора 36 А, на выходе блока можно получить 180 или 360 А соответственно. Для проведения проверки достаточно одного блока, но он должен быть подключен непосредственно к обмотке проверяемого реле, так как выходное напряжение не превышает 4 В.

Стоит отметить, что и одноамперные панели ЭПЗ-1636 рекомендуется проверять с помощью блока ПЕТ-10. Это связано с боль-

шим активным сопротивлением токовых цепей. Например, при токе до 1 А сопротивление всей цепи фазы А0 может превышать 56 Ом, следовательно, для создания такого тока необходимо иметь напряжение более 56 В, что в 3 раза превышает выходное напряжение прибора. Блок РЕТ-10 позволяет повысить выходное напряжения с уменьшением максимального тока. Для этого его подключают с коэффициентом трансформации 0,2 или 0,1. В этом режиме при входном токе 20 А можно получить 4 или 2 А, а выходное напряжение в зависимости от нагрузки может достигать 120 или 240 В.

При проверке одноамперной панели желательно использовать три блока РЕТ-10, что позволяет автоматически проверять панель при имитации всех видов КЗ. Можно работать и с одним блоком, но в таком случае необходимо разделять защиты при проверке. Реле сопротивления проверяют отдельно и без блока, а при проверке ТО и ТЗНП ток включают в цепь нулевого провода.

Так как выходные сигналы блока используются для измерений, то программе необходимо указать, по какой схеме подключен блок РЕТ-10. Для этого в окне «Установка максимальных тока и напряжения» необходимо ввести соответствующий коэффициент трансформации (рис. 4.3).

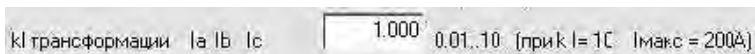


Рис. 4.3. Окно «Установка максимальных тока и напряжения»

4.1.3. Временная диаграмма

Главной особенностью в автоматизированных программах проверки является динамический характер подачи тестового сигнала. Таким образом, скачкообразное изменение подаваемых на защиту сигналов максимально приближает режим испытания реле к реальным условиям его работы (рис. 4.4).

Во время проверки применяется несколько воздействий (итераций), при этом условия аварии меняются в соответствии с реакцией проверяемой защиты.

Одна итерация проверки состоит из трёх режимов, каждый из которых имеет свой интервал времени. Неверное задание интервалов может привести или к неверным результатам измерения уставок, или их полному отсутствию.

Вначале задается режим холостого хода, который предназначен для имитации доаварийного режима. Для удобства проверки считается, что нагрузка в это время отсутствует и ток задается равным нулю. Прибор выдает только симметричное трехфазное напряжение номинального значения ($U = 57,73 \text{ В}$). Длительность интервала $T_{\text{ХХ}}$ выбирают из диапазона 0,2—0,4 с. Этого обычно хватает для подготовки защиты к рабочему состоянию.

Основной режим проверки — аварийный. В это время подаются сигналы, имитирующие аварию, а неповрежденные фазы продолжают работать в предыдущем режиме. При срабатывании контрольного контакта аварийный режим прекращается. Максимальная продолжительность этого режима $T_{\text{КЗ}}$ должна превышать время работы проверяемой защиты в 1,2—1,5 раза. Для каждой ступени она задается заранее в окне «Условия проверок». К заданию этого параметра надо подходить наиболее ответственно: если время ожидания срабатывания окажется меньше времени работы реле, то программа не дожидается ее срабатывания, а если оно окажется слишком большим, то может работать другая ступень и программа определит ее уставку.

Необходимо отметить одну особенность проверки реле с сильной временной зависимостью. Например, если для РТ-40 задать время, равное уставке времени срабатывания реле, то программа найдет ток срабатывания реле, соответствующий этому времени воздействия, что будет ошибкой, так как уставка по времени измеряется при 1,2—2,0-кратном токе.

Третьим интервалом временной диаграммы является пауза между проверками. В это время все тестовые сигналы обнуляются. Имитируется срабатывание выключателя, и на проверяемую защиту поступает сигнал об отключении. Также на этом интервале происходит перевод защиты в исходное состояние. Время паузы $T_{\text{п}}$ зависит от длительности переходных процессов в измерительных модулях защиты и особенностей работы ее логической части. Обычно $T_{\text{п}}$ задается не более 0,3—0,5 с.

Необходимо проверить время готовности защиты по АПВ, время паузы должно быть не меньше этого времени.

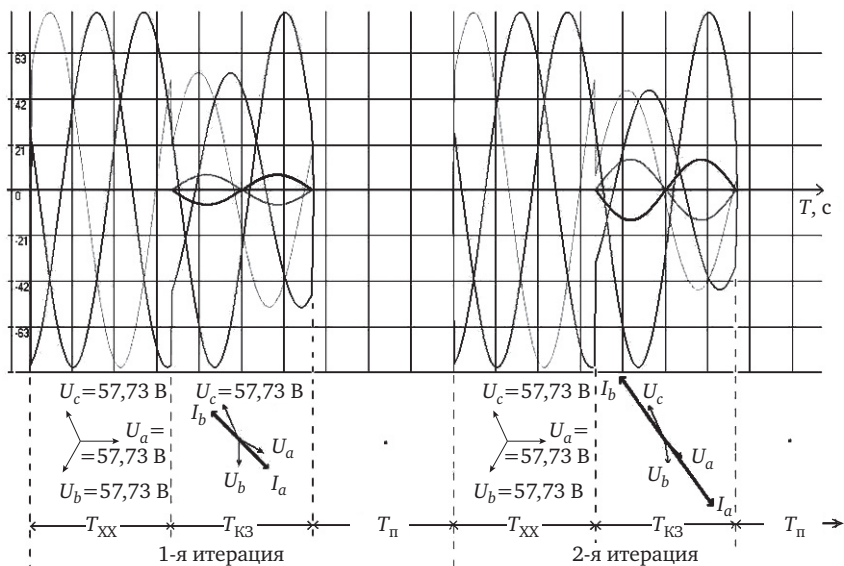


Рис. 4.4. Динамический способ подачи сигналов

4.1.4. Дискретные выходы

В программе предусмотрена возможность управлять состоянием выходных реле: до четырех в РЕТОМ-51 и до 24 — в РЕТОМ-61. Окно с выходными контактами (рис. 4.5) имеет кнопки управления контактами, нажатие на которые приводит к включению или выключению выходных реле РЕТОМ-51 и, соответственно, к замыканию или размыканию выходного контакта. Их состояние отображается схематичным изображением контакта на каждой кнопке.

Данный модуль дает возможность организовать воздействие на логическую часть проверяемой защиты, замыкая или размыкая выходные контакты в определенное время. Автоматическое управление состоянием контактов возможно только во время итерации подачи тестовых сигналов, т.е. либо в автоматических программах, либо в режиме секундомера.

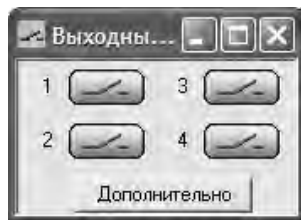


Рис. 4.5. Окно с выходными контактами

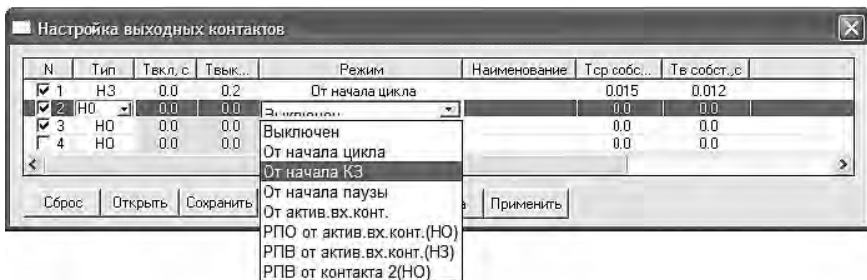


Рис. 4.6. Окно «Настройка выходных контактов»

Для настройки выходных контактов работы в автоматическом режиме надо нажать на кнопку «Дополнительно», расположенную под кнопками управления контактами. В появившемся окне «Настройка выходных контактов» (рис. 4.6) выбираем программируемый контакт и задаем параметры его работы.

Рассмотрим это окно подробнее:

- колонка «N» — номер контакта, для выбора которого необходимо установить галочку;
- «Тип» — выбор типа контакта: нормально замкнутый «НЗ» или нормально открытый — «НО». Необходимо помнить, что в отключенном состоянии все контакты находятся в нормально открытом состоянии;
- « $T_{\text{вкл}}$ » и « $T_{\text{выкл}}$ » — времена включения и выключения. Эти времена имеет разные точки отсчета в зависимости от заданного режима работы:
 - «Выключен» — логика работы не определена, состояние контакта выходного реле соответствует его положению в окне «Выходные контакты»;
 - «От начала цикла» — контакт изменяет свое состояние на противоположное через время включения и возвращается в исходное через время выключения относительно начала времени ХХ в итерации или нажатия кнопки «Старт» секундомера;
 - «От начала КЗ» — контакт изменяет свое состояние на противоположное через время включения и возвращается в исходное через время выключения относительно начала времени аварии в итерации;

- «От начала паузы» — контакт изменяет свое состояние на противоположное через время включения и возвращается в исходное через время выключения относительно начала времени паузы в итерации;
 - «От активн. вх. конт.» — контакт изменяет свое состояние на противоположное через время включения и возвращается в исходное через время выключения относительно момента изменения состояния дискретного входа, выбранного в качестве контрольного;
 - «РПО и РПВ» — специальный режим имитации работы состояния выключателя с контролем как от активного, так и от пассивного контакта (используется только второй вход).
 - «Наименование» — в этом поле можно задать индивидуальное имя контакта, что удобно при работе с большим количеством контактов.
- «Тср. собс.» и «Тв. собс.» — поля для задания собственных времен работы реле. Эти параметры следует вводить, только если требуется высокая точность времени коммутации. Примерное время работы реле 0,014—0,016 с на срабатывание и 0,012—0,014 с на возврат. Более точно их можно измерить миллисекундомером-регистратором;
- в нижней части окна имеются стандартный набор кнопок управления файлом — «Сохранение», «Открытие» и т.д. Сбросить все параметры можно кнопкой «Сброс».

4.2. Проверка ТНЗНП и токовой отсечки

Организовать автоматическую проверку любых видов защит, основанных на работе реле тока, достаточно просто — для этого в стандартном пакете предусмотрен программный модуль «Проверка реле тока». Он специально предназначен для проверки многоступенчатых токовых защит, как ненаправленных, так и имеющих разрешение от реле мощности. Для запуска проверки служит вторая иконка в главном окне программы.

4.2.1. Органы управления

Рассмотрим назначение органов управления модулем «Проверка реле тока», внешний вид которого представлен на рис. 4.7.

Поле «Тип реле» предназначено для ввода названия проверяемой защиты, которое используется в итоговом протоколе для идентификации результатов проверки. Это обычная редактируемая строка.

В следующем поле задается количество проверяемых ступеней защиты в одной проверке (не более восьми). В одну проверку можно объединить разные реле, например, ТЗНП, токовую отсечку, реле перегрузки и др. Ограничениями могут служить разные схемы подключения, максимальное значение тока, наличие разрешающих или блокирующих сигналов и т.п. В этом случае для удобства лучше не объединять их в одну проверку. Например, при диагностике ЭПЗ-1636 лучше создать отдельные проверки: для ТЗНП проверяют все четыре или первые три ступени, в другой — МТО, а в третьей, если надо, — ТЗНП четвертой ступени.

Частота для проверки обычно задается равной 50 Гц.

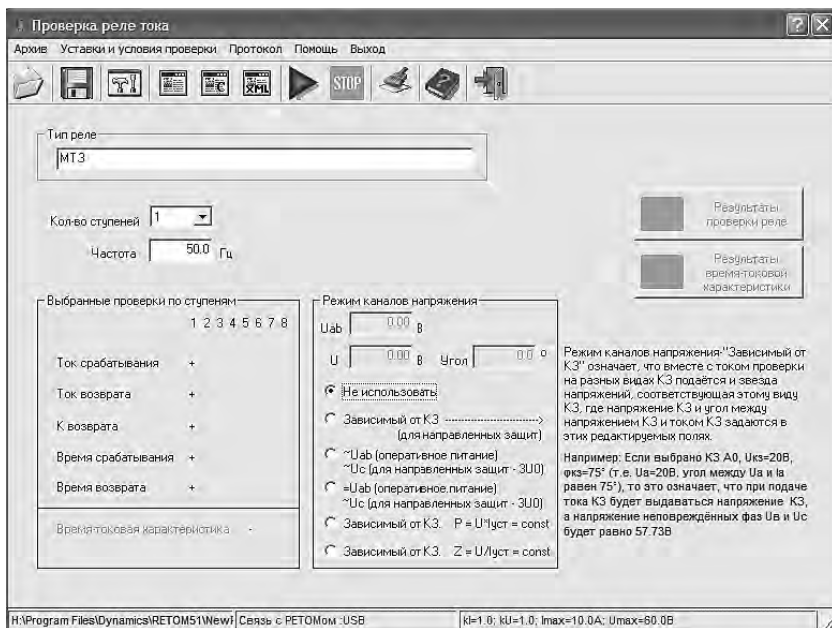


Рис. 4.7. Модуль «Проверка реле тока»

В поле «Режим каналов напряжения» задается вариант подключения каналов напряжения:

- «Не использовать» — если нет необходимости управлять напряжением, оно устанавливается равным нулю во всех режимах итерации.

- «Зависимый от КЗ» — если для проверки реле тока необходимо подавать полную векторную диаграмму напряжения, то дополнительно задаются еще и необходимые напряжения и угол в аварийном режиме. Этот режим обычно используется при проверке направленных защит.

Если применяется блок РЕТ-ТН, то для получения $3U_0$ необходимо задать вариант «Зависимый от КЗ». Угол между током и напряжением должен обеспечить корректный угол сигнала $3U_0$, иначе реле мощности не будет работать;

- $\sim U_{ab}$ ($=U_{ab}$) и $\sim U_c$ — комбинированное использование каналов напряжения применяется, если требуется оперативное питания для реле и напряжение, имитирующее $3U_0$. Например, если для обеспечения направления ТНЗНП используется реле мощности типа РМ-12, питание может осуществляться либо переменным или постоянным током.

Если применяется блок РЕТ-ТН, то это режим можно использовать только для задания питания. Канал U_c не используется;

- $P=\text{const}$ и $Z=\text{const}$ — управление напряжением при сохранении постоянной мощности по входным величинам или сопротивления. В основном этот вариант применяется при проверке некоторых микропроцессорных реле для исключения работы дистанционной защиты при проверке токовой. И в этом случае надо задать дополнительные параметры.

Обратите внимание на комментарии к выбранным режимам работы, так как от этого зависят результаты работы!

Если используется РЕТОМ-61, то для $3U_0$ используется 4-й канал напряжения, а для оперативного тока — его встроенный источник питания $=U$.

В правой части окна имеются две кнопки: «Результаты проверки реле» и «Результаты времятоковой характеристики». Они становятся активными только при наличии данных проведенных измерений или считанных из архива.

4.2.2. Окно задания условий

Для перехода в окно настройки объема и условий проверки необходимо нажать на иконку с инструментами. Появляется окно (рис. 4.8), состоящее из трех независимых частей: в верхней части задаются уставки; в средней части — объем проверки и условия поиска параметров; в нижней части — некоторые дополнительные параметры, которые описаны далее.

Необходимо задать уставки по току и времени и объем проверок для каждой ступени. Обязательно указываются номера и тип дискретных входов прибора, на которые заведены выходные контакты реле для каждой ступени, даже если используется один общий контакт (указывается в каждом поле).

В начале проверки в колонке «*Ступень*» ставятся галочки для тех ступеней, которые будут проверяться. Например, в окне из четырех ступеней (см. рис. 4.8), в проверке будет участвовать только одна (IV) ступень.

Если галочка присутствует, то для редактирования открываются все поля в этой строке. Задаются ток срабатывания и возврата, коэффициент возврата, время срабатывания и возврата. Дополнительно можно задать допустимые погрешности по току, времени и коэффициенту возврата. По умолчанию они равны 5%, что соответствует большинству реле.

Затем необходимо выбрать времятоковую характеристику работы реле для правильного построения графика срабатывания. Обязательно надо задать номера входов прибора для каждой ступени. Обычно подключаются к первому входу.

Далее переходят к выбору объема выполняемых проверок. В таблице «*Условия проверок*» для выбранной ступени в колонке «*Проверки*» нужно поставить галочки напротив каждой проверки до достижения требуемого объема. Например, на рис. 4.8 для IV ступени задана только проверка тока срабатывания и возврата и контроль коэффициента возврата. Проверка временных характеристик отменена.

Для ТНЗНП обычно снимают ток срабатывания и возврата, коэффициент возврата и время срабатывания. Время возврата снимают только для IV ступени, чтобы не мешать поиску тока возврата для остальных ступеней. Если требуется измерить время возврата

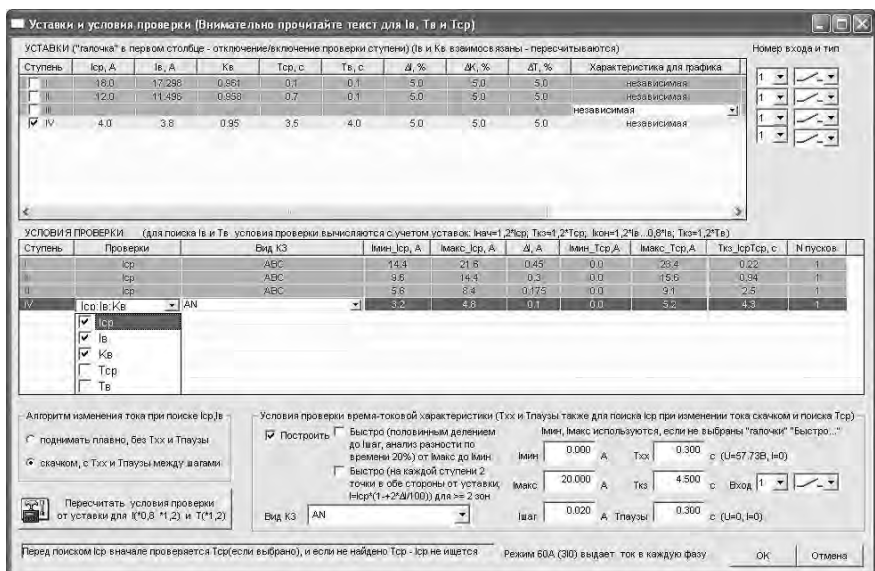


Рис. 4.8. Настройка режимов проверки

для каждой ступени, то необходимо использовать отдельные выходы для каждой ступени.

В колонке «Вид КЗ» выбирают все типы аварии, для которых проводится проверка. В данном случае выбрано только КЗ AN. Нет необходимости добавлять КЗ BN и CN, так как реле ТЗНП контролируют ток в нулевом проводе, а на межфазные КЗ эта защита не реагирует.

В остальных колонках задают основные условия проверки. Это диапазон поиска уставки по току: минимальный и максимальный ток, шаг поиска. Отдельно задают параметры скачка тока для измерения времени срабатывания и возврата. Обязательно нужно правильно задать время ожидания срабатывания реле. Количество проверок редко задают больше одной. Для автоматического расчета параметров нужно нажать на кнопку «Пересчитать условия проверки от уставки». Параметры расчета показаны над таблицей. Не стоит полностью полагаться на программу, так как она рассчитывает условия для проверки усредненного реле, а для конкретного случая эти условия могут оказаться не совсем оптимальными, по-

этому после автоматического расчета необходимо их просмотреть и при необходимости откорректировать.

При выборе алгоритма изменения тока необходимо учитывать схему подключения проверяемой защиты. Если она многоступенчатая и подключено только выходное реле, то для того, чтобы ступени не мешали работать друг другу, применяется алгоритм скачкообразного изменения тока. Таким образом, понадобится еще задать параметры времени для холостого хода и паузы. Время КЗ уже задано в таблице, обычно оно индивидуальное для каждой ступени. Таким образом, проверка каждой ступени проводится с учетом селективности работы всей защиты.

Если реле одно или для каждой ступени используется отдельное выходное реле, то для электромеханических реле лучше использовать плавный подъем (для уменьшения износа механизма). Для полупроводниковых или микропроцессорных реле тип алгоритма большой роли не играет, но рекомендуется использовать скачкообразное изменение тока и таким образом приблизить проверку к реальной работе реле.

Внизу окна имеется несколько инструментов для снятия времятоковой характеристики реле. Для этого надо поставить галочку в поле «*Построить*», задать «*Вид КЗ*», параметры сканирования, все времена, так как используется скачкообразный алгоритм управления током и номер входа. Этот режим удобно использовать для полноценного снятия характеристики работы как отдельного реле, так и всей многоступенчатой защиты. В последнем случае необходимо использовать общий выходной контакт.

Если нет исходных данных, то перед заданием параметров защиты их можно быстро найти по измеренной времятоковой характеристике с установленной галочкой в поле «*Быстро (половинным делением...)*», отключив при этом все основные проверки.

В целях сокращения времени проверки можно использовать алгоритм контроля уставки (установив галочку в поле «*Быстро (на каждой ступени 2 точки...)*»). Тогда для каждой ступени проверяются только две точки по обе стороны от уставки и контролируется срабатывание и несрабатывание. Программа использует данные из таблицы «*Уставки*». Если они не заданы, то проверка проводиться не будет.

4.2.3. Протокол

Результаты работы программы, в том числе и просмотр данных из ранее сохраненного файла, возможно получить в двух вариантах. Первый вариант, предназначенный для оперативного просмотра, вызывается кнопками «Результаты проверки реле» и «Результаты времятоковой характеристики», расположенными в основном окне программы (см. рис. 4.5). Второй вариант — текстовый, предназначен для передачи результатов в итоговый протокол, например в программу Word. Он имеет три способа представления протокола, которые вызываются иконками или через основное меню программы: первый, основной, формирует только данные; второй, итоговый, — протокол; третий — экспорт данных с помощью специального языка XML, ориентирован на развитие системы автоматической обработки протоколов.

4.2.5. Работа с программой

В качестве примера рассмотрим подготовку программы для быстрого определения основных параметров работы защиты ТЗНП путем снятия её ступенчатой характеристики с применением метода половинного деления.

В окне «Уставки и условия проверки»:

- выбирают «Построить» и «Быстро (половинным делением...)»;
- задают вид КЗ — AN;
- указывают диапазон и шаг сканирования, временные параметры; так как прибор обеспечивает максимальный ток на фазу до 20 А, то необходим диапазон от нуля до 20 А. Для обеспечения достаточной точности шаг устанавливают равным 0,02 А;
- задают номер контрольного контакта от выходного реле защиты;
- времена холостого хода $T_{\text{ХХ}}$ и паузы $T_{\text{п}}$ для реле типа РТ-40 должны быть достаточно большими, чтобы обеспечить устойчивый возврат защиты ТЗНР в исходное состояние, поэтому задают их по 0,3 с;
- время ожидания срабатывания $T_{\text{КЗ}}$ должно быть больше времени срабатывания самой медленной ступени, желательно в 1,2—2,0 раза, в нашем примере — примерно в 1,3 раза.

Закрывают это окно и в главном окне нажимают иконку

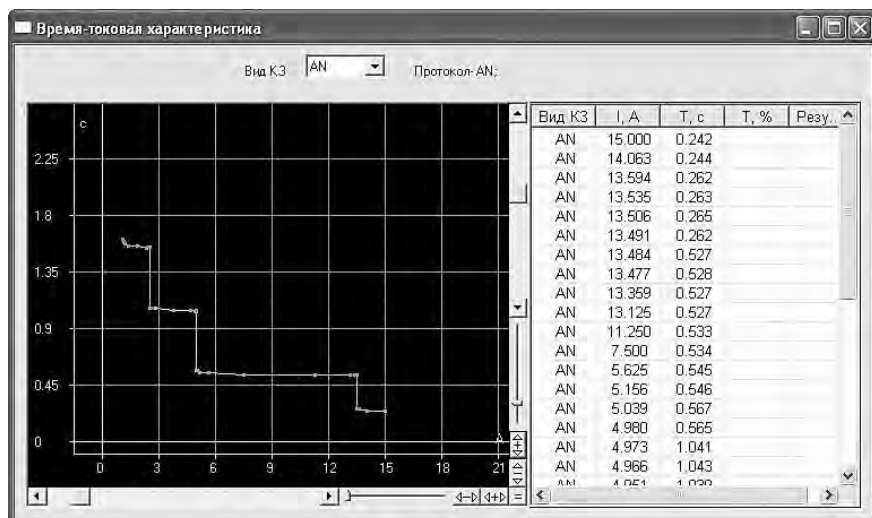


Рис. 4.9. Результаты снятия времятоковой характеристики

«Старт», изображенную в виде зеленого треугольника. Программа выполнит все измерения и предоставит график и таблицы с результатами (рис 4.9).

Светлыми точками на графике показаны контрольные точки измерения. По ним легко понять, что данный алгоритм проводит уточнение каждого перелома характеристики и достаточно точно определяет параметры работы каждой ступени.

Если времятоковая характеристика защиты имеет плавный изгиб, то не рекомендуется использовать ускоряющие алгоритмы «Быстро (половинным делением...)» и «Быстро (на каждой ступени 2 точки...)», так как они ориентированы только на ступенчатую форму и время проверки может быть очень большим, а результат неопределенным.

В конце работы все таблицы разных измерений сводятся в один протокол, который можно напечатать или перенести в итоговый протокол проверки панели, обрабатываемый в любом текстовом редакторе.

4.2.4. Рекомендации при проверке ЭПЗ-1636

Для корректной проверки токовых защит панели ЭПЗ-1636 рекомендуется следующее:

- защиты ТНЗНП и ТО можно проверять совместно только в том случае, если максимальный контрольный ток не превышает 20 А. Если это не так, то защиты проверяют по отдельности, так как для каждой защиты может потребоваться изменение схемы подключения;

- для уменьшения времени проверки можно использовать только времятоковую характеристику, причем проверку проводят вторым быстрым методом (две точки с обеих сторон от уставки), с имитацией аварии «вперед», т.е. угол между именованным напряжением и током 70° ;

- желательно снять времятоковую характеристику при имитации КЗ «за спиной», т.е. угол между именованным напряжением и током 250° . При этом проверяют работу ненаправленных ступеней;

- аналогично проводят проверку с имитацией прихода команды АУ с помощью выходного реле РЕТОМ-51(61). По характеристике должно быть видно уменьшение времени срабатывания ускоряемой ступени;

- будет полезно снять времятоковую характеристику при пониженном уровне оперативного питания панели. Для этого необходимо уменьшить напряжение питания до 176 В, что составляет 0,8 номинального значения. Если снятые времятоковые характеристики при пониженном напряжении совпадают с характеристиками, снятыми при нормальном напряжении, то проверка промежуточных реле постоянного тока в ТНЗНП не требуется;

- необходимо обратить внимание на задание угла при использовании РЕТ-ТН. Так, если при имитации КЗ АН угол между U_A и I_A составляет 70° , то на выходе РЕТ-ТН угол между напряжением $U_{НК}=3U_0$ и током $I_A=3I_0$ будет 250° , что соответствует направлению аварии «в линию».

Программу «Проверки реле тока» удобно использовать совместно с программным модулем «Генератор отчетов», в этом случае общий протокол будет формироваться автоматически.

4.3. Проверка дистанционной защиты

Для проверки параметров дистанционной защиты (ДЗ) применяется модуль «Проверка реле сопротивления», предназначенный для автоматической диагностики всех типов реле сопротивления входящих в дистанционную защиту.

4.3.1. Органы управления

Окно программы «Проверка реле сопротивления» (рис. 4.10), имеет достаточное количество различных элементов управления процессом проверки и отображения результатов.

Вспомогательные органы расположены в дополнительных окнах. В верхней части окна расположено стандартное меню. Две иконки с изображением трансформатора играют роль переключателя, при этом результаты измерения могут быть представлены в вторичных или первичных значениях. По умолчанию выбран режим работы «вторичные». Таким образом, программа выполняет расчеты из реально подаваемых на реле значений тока и напряжения. Для выполнения расчетов в первичных значениях необходимо задать коэффициенты трансформации по току K_I и напряжению K_U , которые задаются в окне вызываемой иконкой с изображением трансформаторов напряжения и тока.

Иконка с изображением таблицы вызывает специальный модуль для быстрой проверки работы защиты. Иконка с изображением ромба, вызывает модуль быстрого теста определенных зон характеристики реле сопротивления.

Основное окно делится на несколько зон: задание параметров проверки, вывод результатов, текущие данные и кнопки вызова дополнительных функций:

- поле «Тип защиты» предназначено для ввода названия проверяемой защиты, используется в итоговом протоколе для идентификации результатов проверки. Это обычная редактируемая строка.
- в поле «Число ступеней» задается число проверяемых ступеней защиты в одной проверке. Например, при проверке ЭПЗ-1636 их может быть не более трех.

Обычно для проверки используется частота 50 Гц;

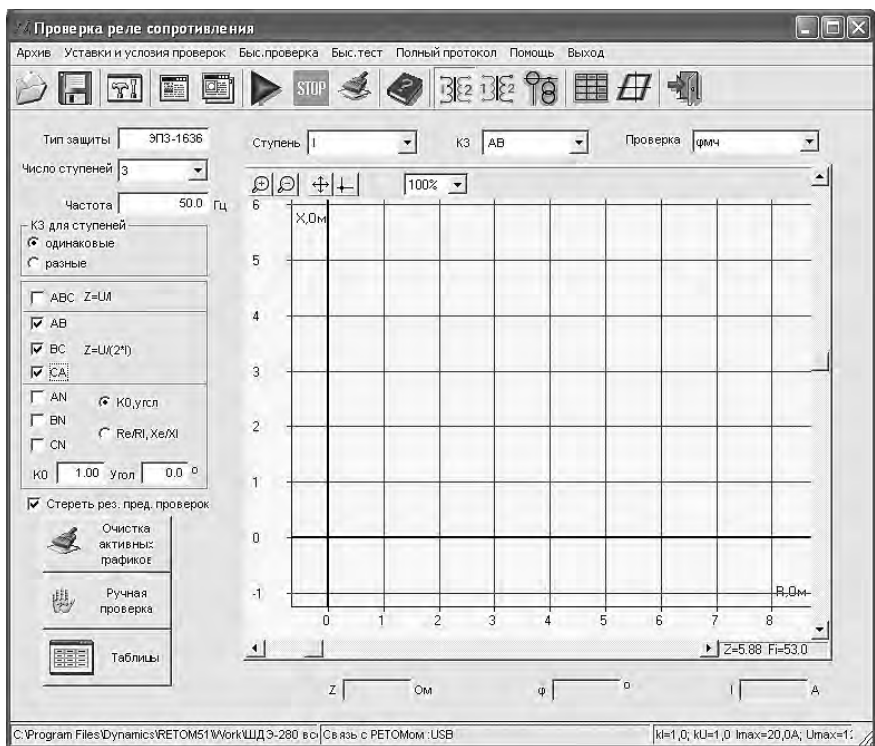


Рис. 4.10. Окно программы «Проверка реле сопротивления»

- пункт «КЗ для ступеней» позволяет для всех проверяемых ступеней задать одинаковые или разные проверки по видам аварий. Если выбрать пункт «одинаковые», то становится активным поле задания используемых типов КЗ. Для ЭПЗ-1636 рекомендуются установить одинаковые проверки и задать только межфазные виды КЗ;
- пункт «Стереть результаты предыдущих проверок» предназначен для обнуления предыдущего протокола, если стоит галочка. Если ее нет, то результаты текущей проверки будут внесены в предыдущий протокол. Это удобно при перерыве в работе или при уточнении каких-то параметров, чтобы не повторять уже проведенные измерения. В начале работы рекомендуется поставить галочку, а чтобы не потерять данные предыдущих измерений — галочку убрать;

- кнопка «Очистка активных графиков» очищает графики от предыдущих измерений. Рекомендуется очищать в начале работы;
- кнопка «Ручная проверка» вызывает окно ручной работы (будет рассмотрена далее);
- кнопка «Таблицы» вызывает данные всех выполненных проверок;
- зона выводов результатов проверки представляет собой график с элементами управления. Поля «Ступень», «КЗ» и «Проверка» позволяют выбрать выводимые данные на график. Кнопки с изображением плюса и минуса позволяют увеличить или уменьшить масштаб графика, кроме того, можно задать его в процентах. Две другие кнопки позволяют выполнить автоматическое центрирование графика относительно окна его отображения. Два скроллинга по краям графика позволяют двигать характеристику в окне отображения. В нижней правой части выводятся текущие параметры курсора в окне графика.

Под зоной результатов проверки расположена зона вывода текущих при проверке значений сопротивления тока и фазового угла между током и напряжением.

4.3.2. Окно задания условий

После ввода всех основных данных в главном окне программы нужно вызвать окно «Настройка уставок и условий проверок» (рис. 4.11) и задать необходимые параметры для проверки.

Рассмотрим назначение объектов окна слева направо и сверху вниз.

В окне имеются закладки, число которых определяется заданным числом ступеней дистанционной защиты, а также закладка «Комплекс». По закладкам выбирается ступень для настройки. Данные и условия проверки в открывшемся окне относятся только к этой конкретной ступени. Исключением является закладка «Комплекс», она относится ко всем ступеням сразу.

В поле «Занести в протокол наклон правой боковой ступени» ставится галочка только в том случае, если этот параметр необходимо занести в протокол. Этот параметр относится ко всем ступеням сразу, но в протокол заносится только в том случае, если характеристика имеет наклон правой боковой стороны и этот па-

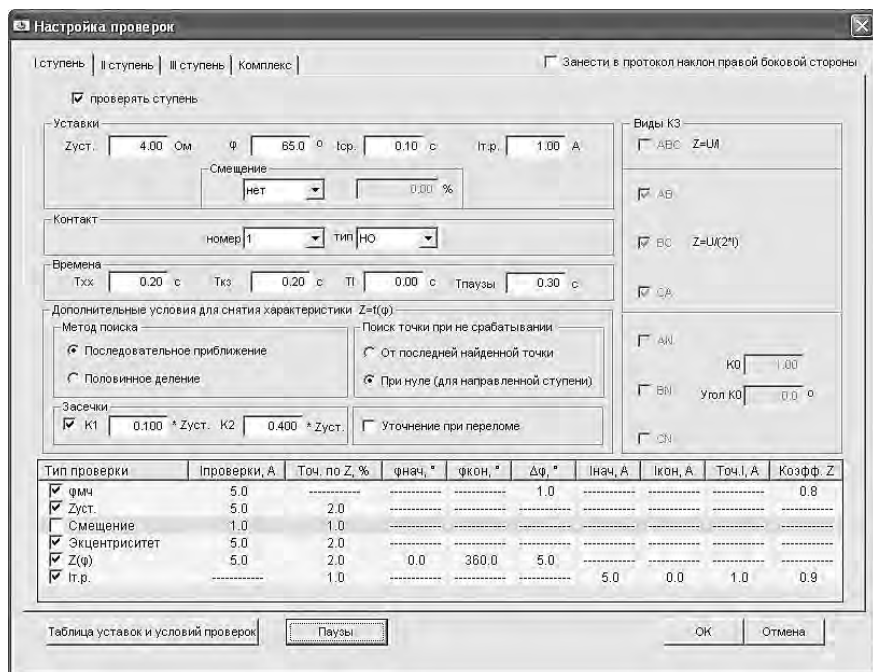


Рис. 4.11. Окно «Настройка уставок и условий проверки»

параметр определен программой, например, если программа определила, что характеристика круговая и этого параметра быть не может.

Рассмотрим перечень параметров для проверки ступени. Вначале ставится галочка «проверять ступень». Для исключения ступени из списка проверяемых галочку необходимо снять. Эта опция позволяет регулировать порядок и объем выполнения работы. Настроив все ступени сразу, работу можно выполнять по частям и не повторять много раз предыдущие проверки.

В разделе «Уставки» задаются все параметры проверяемой ступени реле сопротивления. Это позволяет не только рассчитывать погрешности в итоговом протоколе, но и правильно ориентировать программу на ее проверку. Необходимо ввести уставки: модуль сопротивления Z , угол максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч}$, время срабатывания $t_{ср}$, ток точной работы $I_{т.р}$ и смещение. Для дистан-

ционной защиты ДЗ-2 панели ЭПЗ-1636 у I и II ступени смещения нет, т.е. оно равно 0%.

Номер контролируемого дискретного входа задается в поле «Контакт». Для ЭПЗ-1636 выбирается подключение к выходному реле панели.

В объекте «Времена» задается временная диаграмма воздействия. Для правильной проверки дистанционной защиты времена T_{XX} , T_{II} и $T_{KЗ}$ необходимо корректно задать с учетом работы проверяемой защиты. Рассматривая в качестве примера ДЗ-2 с полупроводниковыми «нуль-органами», необходимо учесть, что время холостого хода T_{XX} должно быть не менее 0,2 с, а время паузы между проверками T_{II} — не менее 0,3 с, иначе в измерительных органах реле сопротивления могут не закончатся переходные процессы, что может повлиять на результаты следующей проверки. Время аварии $T_{KЗ}$ должно превышать время срабатывания реле. Оно рассчитывается автоматически, исходя из заданного в уставках времени срабатывания.

Во временную диаграмму введен еще один параметр — время реакции выключателя T_1 . При контроле защиты от выходного реле панели время реакции выключателя можно не задавать, оно может быть нулевым. Его необходимо учитывать только при контроле работы реле сопротивления от быстродействующего выхода. Например, при использовании выходного транзистора или герконового реле необходимо отстроится от ложных срабатываний, возникающих в переходных режимах. Для этого достаточно задать время реакции 10—20 мс. Это время включения принимающего контролируемый сигнал реле.

Следующий раздел — «Метод поиска» позволяет выбрать оптимальный алгоритм поиска границы зоны срабатывания реле сопротивления. Вариант изменения текущего значения Z задается методами «Последовательное приближение» или «Половинное деление».

В первом методе происходит постепенное уменьшение выдаваемого значения Z от максимального до минимального с достаточно большим шагом. Это обеспечивает большую скорость прохождения нерабочей зоны. На границе зоны срабатывания этот шаг уменьшается, что обеспечивает заданную точность нахождения точки срабатывания. Данный алгоритм удобен для

ЭПЗ-1636, так как минимизируется количество срабатываний дистанционной защиты при сохранении высокой точности измерений.

Метод половинного деления выполняет поиск точки срабатывания путем деления очередного шага на 2. Этот метод обеспечивает высокую скорость и точность измерений, но для ЭПЗ-1636 он не рекомендуется из-за большого количества срабатываний дистанционной защиты, что приводит к износу контактов промежуточных реле.

Раздел *«Поиск точки при несрабатывании»* задает алгоритм действия программы при несрабатывании реле на угле поиска. Это позволяет ускорить проверку, определить направленность и смещение характеристики срабатывания. Первый алгоритм — *«От последней найденной точки»* выполняет поиск очередной точки с предыдущим значением Z и с изменением текущего угла, т.е. вектор начинает вращаться до входа в зону срабатывания. Это удобно, если характеристика имеет прямые стороны. Второй алгоритм — *«При нуле»* начинает поиск от начала координат, т.е. угол остается прежним, а Z начинает увеличиваться от нуля и до максимального значения, заданного в условиях. Это удобно, если характеристика смещена в I квадрант, в этом режиме снимается ее нижняя граница. Для ЭПЗ-1636 выбирают второй алгоритм, так как реле сопротивления имеет круговую характеристику и может иметь смещение.

Для старых панелей ЭПЗ-1636, оборудованных дистанционной защитой на реле типа МЭР, автоматическая проверка не рекомендуется из-за их ограниченного ресурса.

Если граница зоны срабатывания представляет собой прямую, проходящую через начало координат или рядом с ней, то определить ее методом изменения сопротивления при неизменном угле практически невозможно — она не находится или определяется с большой погрешностью. В этом случае применяется поиск по углу при неизменном сопротивлении.

Путем вращения двух векторов разной длины определяются две точки срабатывания реле. По этим данным программа строит прямую линию до пересечения с другими граничными линиями.

В полях *«Засечки»* задаются эти векторы в виде коэффициентов

K_1 и K_2 , которые рассчитываются от заданного значения сопротивления уставки:

$$Z = Z_{уст} K_1 \text{ и } Z = Z_{уст} K_2.$$

При поиске правой боковой стороны зоны срабатывания, обычно расположенной в I квадранте, вначале находят первую точку с коэффициентом K_1 , затем вторую — K_2 . По этим точкам строят прямую линию. При поиске левой боковой стороны точки находят так же, но движение векторов осуществляется против часовой стрелки с заранее оговоренным шагом $\Delta\varphi$.

Для ЭПЗ-1636 засечки нужно включить, а параметры K_1 и K_2 оставить заданными по умолчанию.

Раздел «Уточнение при переломе» отключают, так как панель имеет характеристику в виде круга.

Раздел «Виды КЗ» загашен, так как этот параметр задан в главном окне.

В нижней части окна находится таблица, в которой заданы объем и условия для каждой проверки.

Включение типа проверки выполняется установкой соответствующей галочки напротив названия. Для каждой проверки необходимо задать ток и точность проверки. Другие параметры задаются только в том случае если не устраивают стандартные данные. В нашем случае смещение можно задать только для III степени.

Все заданные параметры по всем ступеням можно посмотреть и оценить в итоговой таблице, которая вызывается по кнопке «Таблица уставок и условий проверок».

Кнопка «Паузы» позволяет задать различные варианты прерывания этого процесса и обычно используется в процессе контрольной проверки при отладке введенных параметров.

Если все в порядке, то нажимают кнопку «ОК» и закрывают окно. Нажатием на кнопку «Старт» запускают все выбранные проверки. Результаты проведенной проверки собираются в итоговый протокол, который обрабатывается в любом текстовом редакторе.

4.3.3. Настройка возврата блокировки при качаниях

При снятии характеристик срабатывания дистанционной защиты панели ЭПЗ-1636 с выходного реле, необходимо обеспечить

ускоренный возврат блокировки при качаниях (БК), расположенной в блоке КРБ-126. В противном случае время паузы должно быть больше времени возврата БК, так как время проверки может сильно увеличиться — время возврата БК иногда превышает 9 с. Для ускоренного возврата БК необходимо воспользоваться контактами выходного реле РЕТОМ, который нужно подключить к выводам 21 и 24 блока КРБ-126. Реле, замыкая свои контакты на 0,05–0,1 с, шунтирует обмотку реле времени, и блокировка возвращается в исходное состояние. Следовательно, и дистанционная защита переходит в готовое к работе состояние. Для ЭПЗ наиболее удобно управлять контактами реле в течение холостого хода.

Программирование дискретного выхода описано в п. 4.1.4. Для выбранного реле, например первого, нужно задать тип — НО; время включения равно нулю; время выключения — 0,1 с; выбрать режим «От начала цикла».

Таким образом, первое реле замыкает свои контакты в начале цикла, держит их в замкнутом состоянии в течение 0,1 с, потом размыкает, т.е. вся работа проводится во время холостого хода и остается 0,1 с до начала тестового воздействия. Этого достаточно для нормальной работы защиты.

4.3.4. Комплексная проверка дистанционной защиты

Помимо проверки основных параметров и характеристик срабатывания реле сопротивления для всех ступеней, важной является комплексная проверка ДЗ. При этом снимается ступенчатая характеристика времени срабатывания от приложенного сопротивления $t_{ср} = f(Z)$, когда текущее значение Z уменьшается от Z_{max} до нуля с определенным шагом ΔZ .

В некоторых защитах, таких как ЭПЗ-1636, необходимо проверить работу контура памяти. Окно настройки для комплексной проверки представлено на рис. 4.12.

В разделе «*Ступенчатая характеристика $T=f(Z)$* » задаются условия для ее снятия — это диапазон прикладываемого сопротивления от Z_{max} до 0. В нашем случае при задании Z_{max} необходимо учесть значение $Z_{уст}$ III ступени, и оно должно превышать его минимум на 15—20%, иначе III ступень может не войти в ступенчатую характеристику.

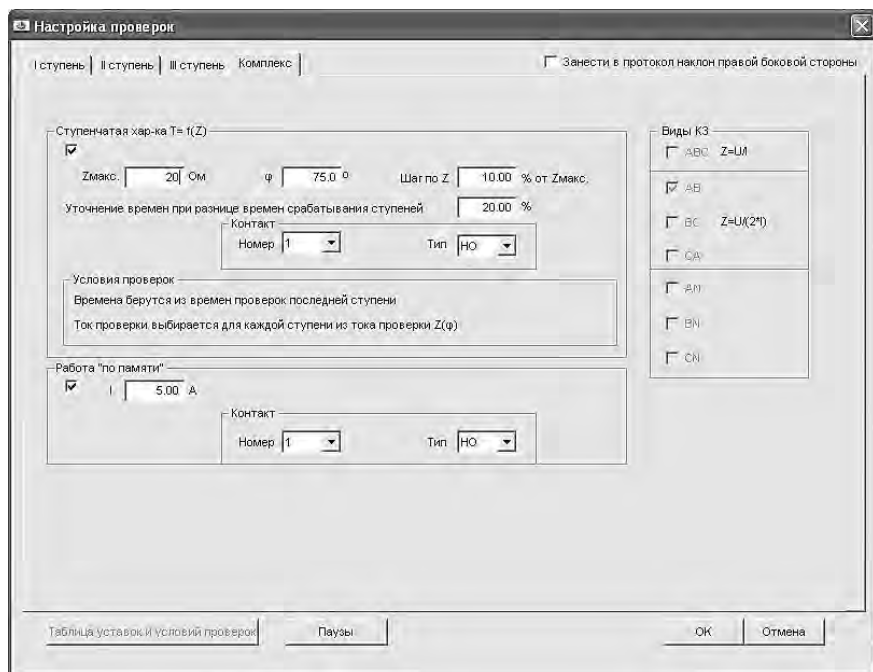


Рис. 4.12. Окно настройки для комплексной проверки ДЗ

Обычно характеристику снимают на угле $\varphi_{м.ч.}$, но иногда целесообразно снимать ее и «за спиной».

Шаг изменения сопротивления, задаваемый в процентах от Z_{max} , рекомендуется устанавливать в диапазоне 10—20%. Программа самостоятельно вводит 10-кратное уточнение при изменении времени срабатывания более чем на 20%. Таким образом, при переходе с одной ступени на другую граница перехода автоматически уточняется до 1—2 %.

Для снятия характеристики необходимо указать вход, к которому подключено выходное реле панели (в нашем случае это вход 1) так как везде используется одно и то же выходное реле панели.

Стоит отметить, что для ЭПЗ ступенчатую характеристику желательно снимать несколько раз: без имитации прихода команды АУ и с имитацией. По изменению формы характеристики можно оценить ускорение ДЗ панели ЭПЗ-1636. Желательно выполнить

проверку еще и при разном напряжении оперативного питания: $1,0U_{\text{пит}}$ и $0,8U_{\text{пит}}$, что позволит оценить работу промежуточных реле.

Имитация команды АУ выполняется с помощью контактов выходного реле РЕТОМ. Для этого выбирают второй контакт (НО), режим «От начала КЗ», время старта 0, время останова 0,2—0,3 с.

В разделе «Работа по памяти» необходимо задать ток и номер контакта. При проверке работы контура памяти задают симметричный трёхфазный ток, который не меняется во время работы. Напряжение переключается из номинального значения в нулевое при неизменном угле, равном $\varphi_{\text{м.ч}}$. Измеряется длительность замкнутого состояния контакта, т.е. время работы контура памяти.

4.3.5. Быстрое тестирование характеристики реле сопротивления

Во многих случаях нет необходимости тратить время на выполнение точных измерений круговой характеристики срабатывания реле сопротивления, а достаточно проверить текущее положение контрольных точек. Так можно получить полную картину работоспособности реле и сократить время проверки до 10—15 мин. Для выполнения такой проверки имеется специальный режим работы программы — «Быстрый тест». В нем проводится проверка положения заранее заданных точек срабатывания реле путем контроля двух состояний на одном луче, гарантированного срабатывания, например на $0,95Z$, и несрабатывания — $1,05Z$. Программа позволяет задавать любые численные значения отклонения от заданного значения: от 0,90 до 0,99 и от 1,01 до 1,1, но рекомендуется проводить проверку в диапазоне 5%, что позволяет получать оптимальную точность и отстраиваться от зоны вибрации присутствующей на границе характеристики срабатывания.

На примере I ступени блока ДЗ-2 (рис. 4.13) можно показать, какие точки можно сделать контрольными. В первую очередь, контролируют уставку $Z_{\text{уст}}$ (обозначим ее как точка 1). Она проверяется на угле $\varphi_{\text{м.ч}}$.

Вторая 2 и третья 3 точки находятся в месте пересечения окружности с отрезком прямой, проходящей через точку $Z_{\text{уст}}/2$ перпендикулярно $\varphi_{\text{м.ч}}$. Это необходимо для проверки соотношения полу-

осей — эксцентриситета. Он должен быть равным единице, т.е. характеристика срабатывания имеет форму окружности, проходящей через начало координат. Для точки 2 $\varphi = \varphi_{м.ч} - 45^\circ$, а для точки 3 $\varphi = \varphi_{м.ч} + 45^\circ$, значение модуля Z для обеих точек одинаковое и рассчитывается по формуле

$$Z_{2,3} = \frac{Z_{уст}}{\sqrt{2}}. \quad (4.1)$$

Четвертая точка предназначена для контроля работы реле сопротивления «за спиной». Она находится на угле $\varphi = \varphi_{м.ч} + 180^\circ$ и должна быть равна нулю, но возможно небольшое смещение.

Таким образом, видно, что этих четырех точек вполне достаточно для анализа состояния всей характеристики срабатывания, имеющей форму круга. Однако необходимо учесть, что расчёт точек для III ступени (КРС-1) необходимо выполнить с учётом смещения в III квадрант.

Для проверки положения первой точки рекомендуется задать параметры с ожиданием срабатывания $0,95Z_{уст}$ и несрабатывания $1,05Z_{уст}$. Для двух других — $0,9Z_{2,3}$ и $1,1Z_{2,3}$, так как эксцентриситет редко бывает равным единице. Для проверки положения четвер-

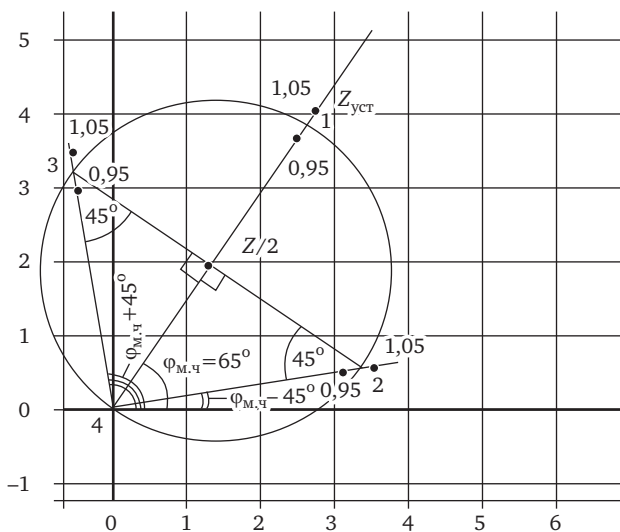


Рис. 4.13. Характеристика реле сопротивления

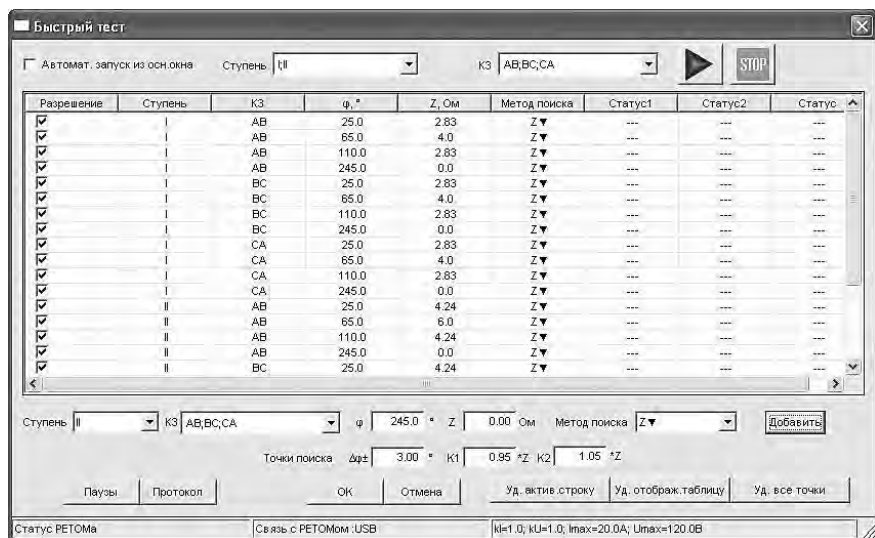


Рис. 4.14. Окно «Быстрый тест»

той точки, находящейся в начале координат, необходимо задать две точки. Одна — на угле $\varphi_{м.ч}$, другая на угле $\varphi_{м.ч} + 180^\circ$. Значение сопротивления надо выбрать не более $10\% Z_{уст}$.

На рис. 4.14 показано окно «Быстрый тест», в котором в качестве примера заданы контрольные точки для двух ступеней ДЗ и трех фаз.

В нижней части таблицы задают номер ступени, тип КЗ, параметры контрольной точки: угол проверки и модуль сопротивления. Параметры K_1 и K_2 и метод поиска определяют способ проверки контрольной точки. Метод поиска Z▼ означает, что на точке $1,05Z$ ожидается несрабатывание, а на точке $0,95Z$ — срабатывание, метод Z▲ — наоборот. Диапазон $\pm \Delta\varphi$ используется при контроле отклонения боковых сторон характеристики по углу. При проверке ДЗ в ЭПЗ-1636 он не используется.

После ввода параметров нажимают кнопку «Добавить» и данные вводят в таблицу. В начале строки имеется поле управления выполнением проверки. Если в нем стоит галочка, то проверка выполняется, а если ее нет, то проверка отключена. В конце строки находятся три поля «Статус», показывающие результаты работы.

Первое отвечает за срабатывание, второе — за несрабатывание, третье, итоговое, — за всю проверку.

В верхней части окна имеется поле, включающее эти проверки в общий список выполняемых работ, запускаемых по кнопке «Старт» из основного окна.

Остальные кнопки используются для редактирования таблицы, задания режима паузы между проверками и вызова протокола с результатами проверки.

4.3.6. Быстрая проверка реле сопротивления

В программе имеется еще один модуль, позволяющий выполнить контроль характеристики срабатывания реле сопротивления по заранее оговоренным точкам — «Быстрая проверка» (рис. 4.15). Он позволяет найти не только сопротивление срабатывания на нужном угле и при заданном виде КЗ, но и оценить временные параметры реле. Вызывается этот модуль через меню программы проверки реле сопротивления.

Для поиска каждой точки срабатывания характеристики необходимо задать: ступень, вид аварии, угол, ожидаемое значение Z , точность поиска в абсолютных значениях или процентах, время срабатывания защиты и допустимое отклонение по времени. После задания параметров нажимают кнопку «Добавить», и данные появляются в очередной строке таблицы. Таким образом можно задать большое количество точек поиска.

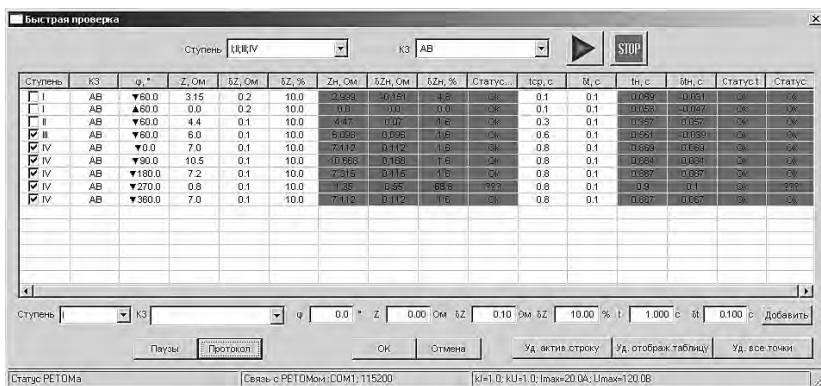


Рис. 4.15. Модуль «Быстрая проверка»

Параметр тока проверки используется тот же, что и при снятии характеристики $Z(\varphi)$ в основной программе.

В этом же окне находится кнопка «*Старт*», нажатием на которую выполняется проверка, и кнопка «*Стоп*», прекращающая работу программы.

Во время проверки таблица заполняется найденными значениями. Если они соответствуют норме, то поля окрашены в зеленый цвет, при отклонении выше допустимого — в красный. По результатам найденных значений заполняются поля «*Статус*». Их три: по сопротивлению, по времени и общий. Статус по сопротивлению считается нормальным, если хотя бы одно отклонение, в абсолютных значениях или процентах, находится в норме, тогда соответствующая ячейка заполняется зеленым цветом и появляется надпись «*ОК*». Статус по времени считается нормальным, если отклонение времени срабатывания не выходит за рамки допустимого. Ячейка общего статуса окрашивается в зеленый цвет в случае, если обе другие ячейки зеленые, в противном случае цвет ячейки красный.

Этот модуль имеет свой протокол проверки, который вызывается по кнопке «*Протокол*» в этом же окне.

4.3.7. Ручной режим

Иногда необходимо «прощупать» реле руками. Такая необходимость возникает, если все попытки использовать автоматику не увенчались успехом. В чем причина? Реле, схема подключения, программа (ее настройка) или проверяющий прибор? В такой ситуации необходимо воспользоваться модулем «*Ручная проверка*», который вызывается из основного окна программы (рис. 4.16).

Управление этим модулем достаточно простое и не требует подробного описания. С его помощью можно определить зоны работы реле сопротивления, найти границы характеристики и значение смещения, точки компенсации у полупроводниковых реле, измерить время срабатывания и возврата реле с учетом различных условий проверки.

Перед работой необходимо выбрать тип аварии и задать номер входа. Диагностику срабатывания реле можно выполнять по напряжению при неизменном токе и угле, по току при неизменном

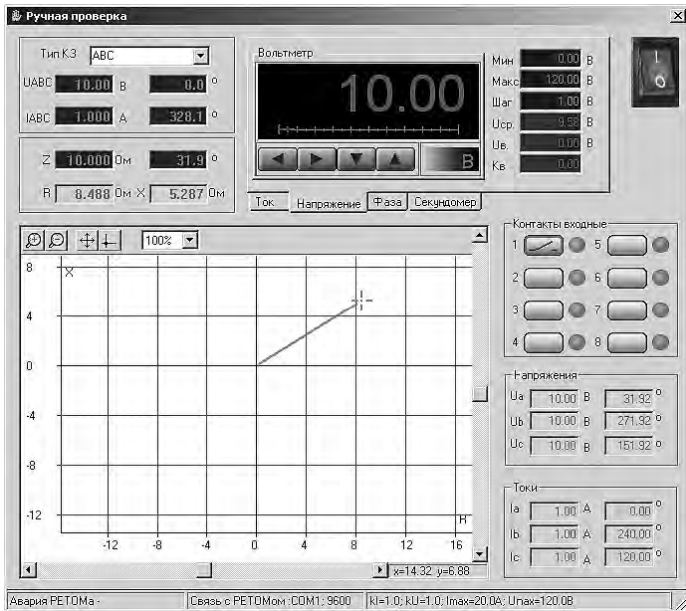


Рис. 4.16. Модуль «Ручная проверка»

напряжении и угле, по углу при неизменном токе и напряжении. Текущее значение входных значений тока, напряжения и сопротивления отображаются в соответствующих полях.

Если на комплексном поле двигать курсором текущую точку Z, то изменяется напряжение при фиксированном токе.

4.6. Проверка устройства блокировки при качаниях КРБ-126

Блок КРБ-126 представляет собой токовую блокировку ДЗ при качаниях. По принципу работы это достаточно сложный элемент релейной защиты — несколько токовых измерительных органов, система контроля по напряжению и развитая логическая часть.

В стандартном пакете программного обеспечения прибора РЕТОМ нет специальной программы автоматической проверки этого блока, но ее достаточно легко выполнить при помощи программ

«Ручное управление источниками тока и напряжения» и «Секундомер-регистратор». Сама проверка может быть выполнена по общепринятой методике, предоставленной ранее. Покажем, как можно выполнить проверку устройства исходя из его предназначения, т.е. в виде «чёрного ящика». Такая проверка наиболее интересна, так как выполняется диагностика правильности функционирования устройства, в данном случае блока КРБ-126. Она достаточно быстрая, и рекомендуется проводить ее в любом случае, как хорошее дополнение к классической проверке.

Перечислим основной объем необходимых проверок:

- определение параметров срабатывания и возврата по току обратной последовательности без торможения I_{2cp} и $I_{2вз}$;
- определение коэффициента заглубления уставки по току обратной последовательности на 5-й гармонике $K_{загр}$.
- определение параметров срабатывания и возврата по току нулевой последовательности без торможения I_{0cp} и $I_{0вз}$.
- определение параметров срабатывания и возврата по току обратной последовательности с торможением I_{2cp}^T , $I_{2вз}^T$, коэффициента торможения K_T и времени срабатывания;
- проверка комплексного тока срабатывания;
- проверка уставки реле напряжения $K4$;
- проверка времени фиксации пуска;
- проверка времени ввода в работу и времени вывода блокировки.

Все проверки блока КРБ-126 необходимо выполнять при наличии оперативного тока, поэтому при подключении контактов к РЕТОМ необходимо соблюдать полярность.

4.6.1. Поиск I_{2cp} и $I_{2вз}$ без торможения

Для измерения тока срабатывания и возврата органа обратной последовательности без торможения от тока фазы А необходимо на блок КРБ-126 подать в фазы В и С противофазные токи одинакового значения, что обеспечит отсутствие нулевой последовательности и следовательно несрабатывание органа $3I_0$.

Для работы используется программа «Ручное управление источниками тока и напряжения». Вид повреждения по току — КЗ ВС. Реакция срабатывания и возврата снимается по контакту КР, подключенному к входу 1. Регулирование тока выполняется с помощью

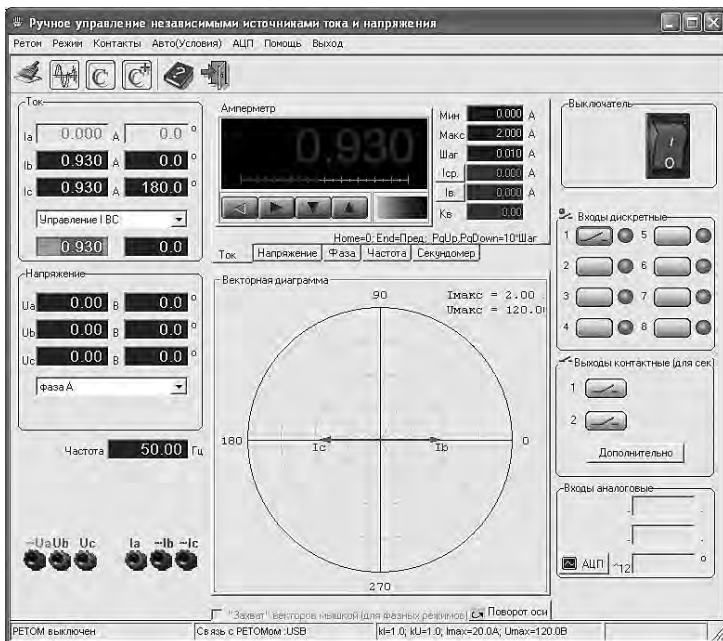


Рис. 4.17. Окно программы в режиме измерения I_{2cp}

окна «Амперметр», в котором необходимо задать диапазон и шаг изменения тока.

На рис. 4.17 показано окно программы в режиме измерения I_{2cp} .

Увеличивая ток до тока срабатывания реле в поле « I_{cp} », фиксируют ток КЗ, или в данном случае ток фазы B — I_{Bcp} . При уменьшении тока до тока возврата в поле « $I_{вз}$ » фиксируют значение тока возврата — $I_{Bвз}$. Для расчета токов срабатывания и возврата используют формулы

$$I_{2cp} = \frac{I_{Bcp}}{\sqrt{3}} \quad \text{и} \quad I_{2вз} = \frac{I_{Bвз}}{\sqrt{3}}, \quad (4.2)$$

где I_{2cp} и $I_{2вз}$ — токи срабатывания и возврата по I_2 ; I_{Bcp} и $I_{Bвз}$ — токи срабатывания и возврата фазы B .

Так как эти параметры сняты на частоте 50 Гц, то они используются еще и в расчетах коэффициента заглубления на 5-й гармонике.

4.6.2. Загружение уставки по I_2 на 5-й гармонике

Для нахождения коэффициента увеличения уставки срабатывания и возврата по току обратной последовательности на высших гармониках проверка выполняется на частоте 5-й гармоники. Для этого в поле «Частота» задается значение 250 Гц.

Проверка выполняется аналогично предыдущей. Вид КЗ — ВС. Ток в фазах I_B и I_C увеличивается до тока срабатывания, а затем уменьшается до тока возврата.

Токи срабатывания $I_{2cp(250)}$ и возврата $I_{2вз(250)}$ на частоте 250 Гц вычисляются по (4.2), а коэффициент загрузки — по формуле

$$K_{\text{загр}} = \frac{I_{2cp(250)}}{I_{2cp}}. \quad (4.3)$$

4.6.3. Проверка тока срабатывания и возврата $3I_0$ без торможения

Для этой проверки необходимо подать ток таким образом, чтобы исключить торможение и срабатывание органа по обратной последовательности I_2 , следовательно, ток в фазе А должен отсутствовать. Это можно обеспечить при использовании сдвинутого на 60° тока в фазе В относительно фазы С (угол равен 0°). Токи в фазах должны быть одинакового значения, кроме тока фазы А, где он равен нулю. Такая векторная диаграмма содержит только прямую и нулевую последовательности, обратная последовательность равна нулю.

Не перепутайте поле задания угла, в противном случае вместо прямой последовательности появится обратная, и проверка не получится.

Сложность представляет одновременное управление двумя векторами, так как малейшая разность в амплитудах приводит к появлению тока I_2 . Для решения этой проблемы рекомендуется использовать модуль автоматического управления векторами, который в программе вызывается либо по кнопке «Авто», либо через меню — «Авто(Условия)». На рис. 4.18 показано это окно с примерными параметрами.

Порядок работы следующий:

- вначале задается режим изменения параметров «Вектор1 → Вектор2», который позволяет включить управление всеми векто-

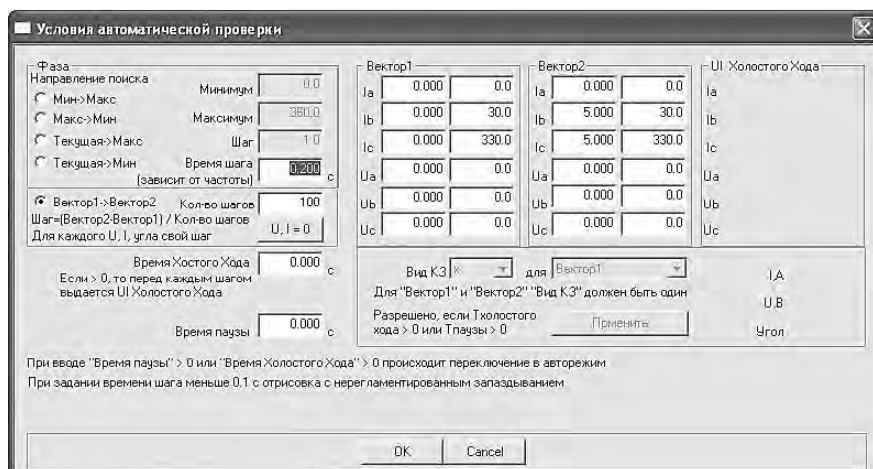


Рис. 4.18. Окно «Условие автоматической проверки»

рами прибора. Поля параметров векторов становятся белыми, т.е. активными;

- задаются начальные и конечные параметры изменения векторов I_B и I_C . Диапазон изменения токов — от нуля до 5 А, а фазовые углы векторов, например, 30 и 330° (угол между ними должен быть 60°).

Число шагов определяет точность измерения. В нашем конкретном случае 100 шагов дает точность 50 мА. Программа не имеет функции уточнения измеряемого параметра, и если этой точности недостаточно, то число шагов нужно увеличить.

Время работы на каждом шаге шага 0,2 с, этого достаточно для срабатывания блока КРБ-126. Остальные параметры не задаются. Окно закрывается, и из основного окна по кнопке «Авто-Старт» запускается процесс автоматического поиска тока срабатывания. По замыканию контрольного контакта процесс останавливается с текущими значениями, это и будет результат поиска. Нас интересует только значение тока фазы V .

Для нахождения тока возврата необходимо перепрограммировать условия поиска. В первом векторе нужно задать ток, больший тока срабатывания, а во втором — можно задать нуль, тогда поиск будет выполняться с уменьшением тока. Повторный запуск определит ток возврата в фазе V .

Формулы расчета $3I_0$ срабатывания и возврата:

$$3I_{0\text{ср}} = \sqrt{3} I_{B\text{ср}} \quad \text{и} \quad 3I_{0\text{вз}} = \sqrt{3} I_{B\text{вз}}, \quad (4.4)$$

где $3I_{0\text{ср}}$ и $3I_{0\text{вз}}$ — расчетные значения тока срабатывания и возврата по $3I_0$; $I_{B\text{ср}}$ и $I_{B\text{вз}}$ — измеренные значения тока срабатывания и возврата в фазе B или C .

4.6.4. Поиск $I_{2\text{ср}}^T$ и $I_{2\text{вз}}^T$ с торможением

Следующей проверкой является определение тока срабатывания и возврата органа обратной последовательности с торможением от фазы A и определение коэффициента торможения. Особенностью проверки является плавное увеличение тока обратной последовательности при неизменном значении тормозного тока и отсутствии нулевой составляющей.

Для создания таких условий необходимо вначале подать симметричную систему токов прямой последовательности по значению, равную току торможения, и плавно перевести ее в симметричную систему токов обратной последовательности, следя за состоянием тока фазы A .

Таким образом, во время проверки желательно одновременно или друг за другом на один и тот же шаг уменьшить ток I_1 и увеличить ток I_2 . Векторная диаграмма изменения тока показана на рис. 4.19.

Из рисунка видно, что главное при поиске срабатывания — это обеспечить плавное и симметричное движение векторов фаз B и C вдоль прямой, соединяющей их концы в положении прямой последовательности. Только в этом случае обеспечивается при увеличении обратной последовательности сохранение нулевого суммарного тока и неизменное значение тока в фазе A .

В программе «Ручное управление источниками тока и напряжения» для тока выбирается режим «Симметричные составляющие». В поле I_1 задается значение тормозного тока

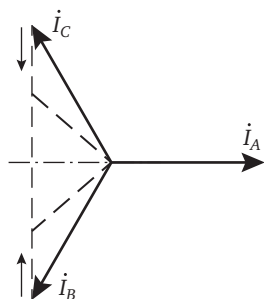


Рис. 4.19. Векторные диаграммы изменения тока

I_T (например 10 А). Угол между I_1 и I_2 должен быть равен нулю. В амперметре задается шаг поиска, например 50 мА.

Изменяя по очереди значения I_1 и I_2 , увеличивают ток обратной последовательности до тока срабатывания КР. Фиксируется значение тока срабатывания с торможением I_{2cp}^T .

Для поиска $I_{2вз}^T$, эти действия выполняются в обратном порядке. Коэффициент торможения вычисляется по формуле

$$K_T = \frac{I_{2cp}^T - I_{2cp}}{I_T} \frac{I_{2устmin}}{I_{2уст}} 100, \quad (4.5)$$

где I_{2cp} — ток срабатывания без торможения; I_{2cp}^T — ток срабатывания с торможением; I_T — тормозной ток, равный току фазы А; $I_{2уст}$ — выставленная уставка КРБ-126; $I_{2устmin}$ — минимальная уставка КРБ-126, для исполнения 5 А равна 0,5.

4.6.5. Проверка комплексного тока срабатывания

В этой проверке необходимо найти ток срабатывания при имитации следующих видов аварий: А0, В0, С0, АВ, ВС и СА. Для контроля срабатывания используется контакт КР. Эти данные используются при проверке временных параметров блока.

Это самая простая проверка, ее рекомендуется выполнить в программе «Ручное управление источниками тока и напряжения». При желании ее можно провести и в автоматическом режиме в программе «Проверка реле тока».

У разных видов аварий токи срабатывания различаются, так как используются разные измерительные органы.

4.6.6. Проверка уставки реле напряжения К4

Проверка параметров реле напряжения проводится в программе «Ручное управление тока и напряжения». Используется канал напряжения с аварией типа СА. Для контроля срабатывания используются контакты реле К4/1.

Необходимо определить напряжение срабатывания и возврата. Дополнительно можно измерить времена срабатывания и возврата, но это не обязательно.

4.6.7. Проверка времени фиксации пуска

Очень важной проверкой является измерение времени фиксации пуска, т.е. необходимо определить минимальное время воздействия аварийного тока, при котором происходит гарантированный запуск блокировки. Во-первых, эту проверку можно расценивать как обобщенный показатель работы блока и оценить ее настройку. Во-вторых, от неё зависит и правильная работа всей дистанционной защиты.

Хочется отметить, что сама проверка достаточно интересна в плане реализации. Необходимо обеспечить короткие воздействия на блок по току и проанализировать работу его выходного контакта. Для этой работы воспользуемся программой «Секундомер-регистратор» (рис. 4.20).

Для контроля работы используется контакт K1/5.

Порядок работы с программой следующий:

- задают основные параметры работы секундомера:

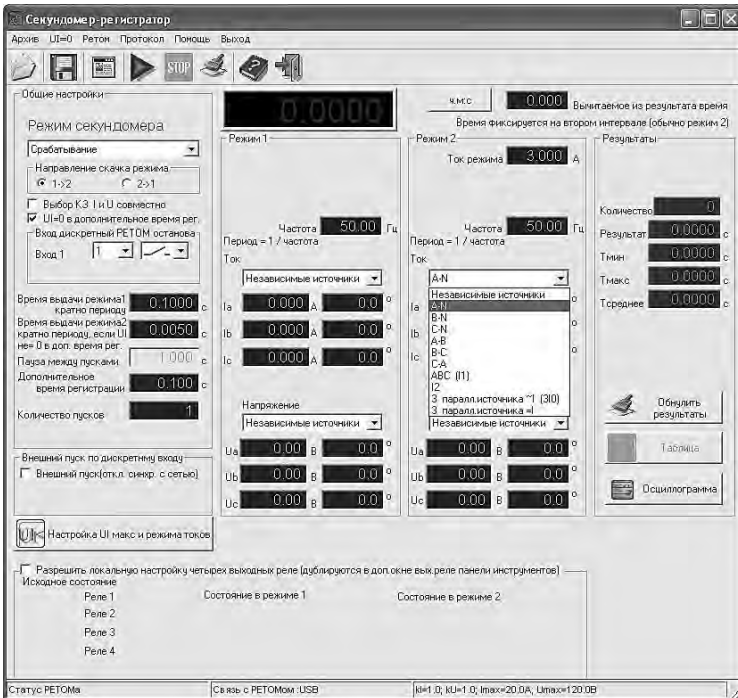


Рис. 4.20. Программа «Секундомер-регистратор»

- режим измерения — «Срабатывание»;
- направление перехода — «1 в 2»;
- включают режим дополнительного времени регистрации при нулевых параметрах ($UI=0$), обязательно ставят флаг, он позволяет задавать время режима 2 меньше одного периода;
- номер входа, подключенного к контактам, — $K1/5$;
- время режима 1 — не менее двух периодов, например 60 мс;
- время режима 2 — менее одного периода, например 5 мс;
- время регистрации — не менее двух периодов, например 100 мс, иначе не видна будет работа контакта блокировки;
- число пусков — один;
- внешний пуск в отключенном положении;
- все параметры в режиме 1 задаются равными нулю;
- в режиме 2 задаётся:
 - вид КЗ, например «АВ»;
 - ток воздействия, это значение должно быть в 2 раза больше комплексного тока срабатывания при двухфазной аварии;
 - нажимают кнопку «Старт»;
 - по окончании измерения для анализа вызывают режим «Осциллограмма».

Для нахождения времени фиксации пуска ток подают короткими импульсами, начиная от 5 мс, постепенно увеличивая длительность на 1 мс. Найденное время соответствует времени воздействия, при котором имеется устойчивое и длительное замыкание контактов реле $K1/5$, т.е. гарантированный пуск блока КРБ-126.

Анализ работы блокировки выполняется по осциллограмме. Длительность замкнутого состояния контактов $K1/5$ должна быть достаточно большой, чтобы обеспечить гарантированный запуск ДЗ, а не короткий импульс в виде помехи.

Проверку необходимо проводить несколько раз (не менее пяти) при одинаковых условиях. Если хоть в одной проверке окажется короткий импульс, то время воздействия необходимо увеличить.

Проверка проводится на следующих видах КЗ: $A0, B0, C0, AB, BC, CA$.

Максимальное значение найденного времени не должно превышать 8 мс.

4.6.8. Проверка времени разрешения работы ДЗ

Проверку времени ввода в работу блокируемых ступеней защиты рекомендуется выполнять с помощью программы «*Секундомер-Регистратор*». Для этого необходимо подать на блок КРБ-126 ток любого вида несимметричного КЗ. Для уверенного срабатывания блокировки необходимо задать значение этого тока примерно в 3 раза больше измеренного комплексного тока срабатывания на этом виде аварии. Время аварии (второго режима) нужно взять с запасом (например 1 с).

Программу необходимо настроить на измерение длительности замкнутого состояния контакта $K1/5$. Результат измерения должен быть в пределах 0,32–0,4 с или 0,48–0,6 с (если стоит перемычка 23–25).

4.6.9. Проверка времени запрещения работы ДЗ

Для измерения времени вывода блокировки также рекомендуется использовать программу «*Секундомер-Регистратор*», так как необходимо измерить разновременность работы контактов $K1/5$ и $K3/4$. Это и будет время вывода.

Условия проверки аналогичны условиям п. 4.6.8, только время второго режима, т.е. длительность КЗ, должно быть больше уставки на 1—2 с. Если уставка неизвестна, то время ожидания надо задать исходя из максимально возможной уставки, например 20—22 с.

4.7. Проверка устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения (КРБ-12)

Рассмотрим два варианта проверки блокировки при неисправности в цепях напряжения (БН) с помощью дополнительного блока РЕТ-ТН и без него. В обоих случаях работа выполняется в программе «*Ручное управление источниками тока и напряжения*».

Применение блока РЕТ-ТН упрощает и ускоряет проверку БН, тем более, что если этот блок есть, то он уже подключен к панели и использовался при проверке основных блоков. Рассмотрим порядок работы с использованием этого блока.

Вначале выполняется проверка функционирования БН. Для этого выдаем симметричное трехфазное напряжение (примерно 58 В)

прямой последовательности. На БН подаются напряжения звезды и разомкнутого треугольника. Устройство БН контролирует обрыв в цепях напряжения, поэтому по очереди отключаются цепи напряжения от панели: U_A , U_B , U_C , U_N , I , K , H . Блокировка должна сработать при пропадании любого входного напряжения, кроме напряжения фазы H . Дело в том, что в этом режиме $3U_0$ равно нулю и его отключение не влияет на состояние БН.

Для контроля функционирования блокировки по каналу HK необходимо создать такие условия, при которых значение $3U_0$ отличается от нуля, и его отключение приводит к срабатыванию. Удобнее всего задать режим однофазного КЗ с нулевым уровнем в аварийной фазе. Напряжение остальных фаз останется прежним — 58 В. Значение $3U_0$ тоже будет равно 58 В, следовательно на отключение вывода H блокировка должна среагировать.

После проверки на функционирование необходимо измерить чувствительность срабатывания блока по всем каналам напряжения. Первыми проверяются входы звезды — каналы A , B , C . Для исключения влияния напряжения разомкнутого треугольника цепи I , K , H отключаются от панели. Все фазные напряжения устанавливаются в нуль. При проверке канала A плавно увеличивается напряжение U_A до срабатывания блокировки. Каналы B и C проверяются аналогично.

Измерение напряжения срабатывания по входам I , K , H выполняют в два этапа. Вначале — по напряжению $U_{ИН}$. Для этого восстанавливают цепи $ИН$ разомкнутого треугольника и отключают цепи звезды. На блок РЕТ-ТН плавно подают трехфазное симметричное напряжение, при этом пропорционально увеличивается напряжение $U_{ИН}$. При срабатывании блокировки необходимо измерить это напряжение внешним прибором на входе панели, например аналоговыми входами прибора РЕТОМ. Далее восстанавливают цепь K и отключают цепь I . Процесс повторяется, и фиксируется напряжение срабатывания $U_{КН}$.

Для измерения тока срабатывания реле $1PH$ используют внешний миллиамперметр, включенный последовательно с его обмоткой. Измерение проводят при срабатывании БН, вызванном любым вышеописанным способом. Удобнее всего совместить эту проверку с последним измерением $U_{КН}$. Плавно уменьшая напряжение,

возвращают блокировку в отключенное состояние и измеряют ток возврата реле *1PH*.

При отсутствии блока РЕТ-ТН порядок проверки БН немного отличается. Вначале измеряют напряжение срабатывания по всем входным каналам: U_A , U_B , U_C , $U_{ИН}$ и $U_{КН}$. При этом достаточно использовать выход U_A , последовательно подключая его к разным цепям. Ток срабатывания и возврата реле *1PH* измеряют так же, как описано выше.

Основное отличие — в проведении комплексной проверки. Она выполняется в два этапа. Первый этап — проверяют компенсацию напряжения звезды со стороны $U_{ИН}$. Для этого объединяют выводы панели U_H и U_0 и подключают к U_N прибора. Выход U_A прибора РЕТОМ подключают к входу U_A панели, выход U_B — к U_I , а выход U_C — к U_K . Таким образом, U_A — напряжение, имитирующее работу звезды, U_C — напряжение $3U_0$, а U_B — напряжение $U_{ИН}$ разомкнутого треугольника.

Напряжение фазы *A* устанавливают равным 30 В с углом в 180° . Напряжение фазы *B* задают равным 100 В с углом 0° . Напряжение фазы *C* оставляют равным нулю. Эти напряжения должны скомпенсировать друг друга, и БН находится в отключенном состоянии. Режим компенсации контролируют по миллиамперметру в цепи обмотки реле *1PH*. По очереди отключают от панели любой провод, кроме *K*, это должно привести к срабатыванию блокировки.

Второй этап — проверяют взаимодействие с $3U_0$. Напряжение фазы *B* обнуляется. Напряжение фазы *C* задают равным 100 В с углом 0° . Напряжение в фазе *A* не меняется. Блокировка должна реагировать на отключении любого провода, кроме *I*.

При желании измеряют времена срабатывания и возврата блокировки при неисправности напряжения.

4.8. Проверка других реле

Проверка остальных реле не должна вызывать затруднений, так как модули программы «Реле-томограф» ориентированы на стандартные проверки этих реле. Реле тока УРОВ РТ-40/Р проверяют автоматической программой «Проверка реле тока». Реле мощности

типа РМ-12 или типа РБМ проверяют программой «Проверка реле мощности» и т.д. Все проверки проводят на разных видах аварий и измеряют все основные параметры. Кроме того, при необходимости, все реле, в том числе и реле постоянного тока можно проверить вручную с помощью программы «Ручное управление источниками тока и напряжения».

В стандартный комплект программ входит специальный модуль — «Генератор отчетов», позволяющий автоматизировать выполнение десятков проверок в разных программных модулях и создать итоговый протокол. Но, справедливости ради, надо отметить, что в этом пакете невозможно сделать все виды проверок автоматическими. Как описано выше, имеются специфичные проверки, выполняемые только в ручном режиме. Кроме того, необходимо самому создавать шаблоны протоколов, в отличие от специальной программы, где все шаблоны уже готовы.

Заключение

В данной книге на примере диагностики панели ЭПЗ-1636 с помощью программно-аппаратных комплексов РЕТОМ-51(61) показано, что при достаточной подготовке персонала проверка любого устройства РЗА не должна вызывать затруднений.

Дружественное программное обеспечение стандартного пакета программы управления «Реле-томограф» упрощает эту задачу, а специально разработанные программы для проверки конкретных устройств РЗА облегчают не только работу по проверке, но и создание итогового отчета.

Следует отметить, что при необходимости проверку функционирования всех элементов панели ЭПЗ-1636 можно выполнить с помощью устройства РЕТОМ-21. С полным руководством на него и другие приборы серии РЕТОМ можно ознакомиться на официальном web-сайте НПП «Динамика»: www.dynamics.com.ru.

Устройства серии РЕТОМ

В этой главе кратко рассказывается о продукции предприятия ООО НПП «Динамика», которую можно использовать во время проверки панели ЭПЗ-1636.

В настоящее время фирма выпускает следующие устройства семейства РЕТОМ:

- РЕТОМ-51 — испытательный комплекс для проверки систем РЗА средней сложности;
- РЕТОМ-61 — испытательный комплекс для проверки сложных систем РЗА;
 - вспомогательные блоки:
 - РЕТ-10 — однофазный преобразователь тока;
 - РЕТ-ТН — трехфазный преобразователь напряжения;
 - РЕТ-64/32 — расширитель дискретных входов-выходов;
 - РЕТ-GPS — блок временной синхронизации и задания точного времени;
 - РЕТОМ-61850 — испытательное устройство, предназначенное для полноценного тестирования устройств РЗА, поддерживающих стандарт МЭК 61850;
- РЕТОМ-21 — комплекс для проверки первичного и вторичного электрооборудования;
 - РЕТОМ-6000 — прибор для испытания электрической прочности изоляции повышенным напряжением до 6 кВ;
 - РЕТ-3000 — нагрузочный трансформатор тока;
 - РЕТ-ВАХ-2000 — измерительно-трансформаторный блок;

- РЕТОМЕТР-М2 — цифровой трехфазный многофункциональный измерительный прибор типа ВАФ;
- РЕТ-МОМ — прибор для измерения активного сопротивления;
- РЕТОМ-30КА — прибор для прогрузки первичным синусоидальным током;
- РЕТОМ-ВЧм — комплекс для проверки ВЧ-аппаратуры.

Так как панели типа ЭПЗ-1636 относятся к системам РЗА средней сложности, все основные проверки выполняются при помощи комплекса РЕТОМ-51 (61) с применением блоков РЕТ-10 и РЕТ-ТН.

В то же время панель ЭПЗ-1636 состоит из простых электромеханических реле, и для проведения части проверок удобно использовать комплекс РЕТОМ-21.

Для измерения сопротивления и испытания электрической прочности изоляции рекомендуется применять прибор РЕТОМ-6000. РЕТОМЕТР-М2 позволит контролировать входные параметры перед включением.

Именно эти устройства и будут кратко рассмотрены. Другие устройства серии РЕТОМ в настоящей книге не рассматриваются, так как для проверки ЭПЗ-1636 они не требуются.

5.1. Программно-аппаратный комплекс РЕТОМ-51

Состав системы и требования к ее компонентам. Состав комплекса РЕТОМ-51:

- устройство РЕТОМ-51 (рис. 5.1);
- управляющее устройство на базе персонального компьютера (ПК);
- принтер для распечатки протоколов испытаний;
- программное обеспечение.

Устройство РЕТОМ-51 работает под управлением компьютера при следующих минимальных условиях:

- процессор Pentium-III 800 МГц, рекомендуется 1200 МГц и более;
- ОЗУ 128 Мбайт, рекомендуемый объем памяти 256 Мбайт и более;



а)



б)

Рис. 5.1. Внешний вид устройства PETOM-51

- дисплей SVGA с разрешением 800×600; рекомендуется 1280×1024;
- наличие порта USB;
- наличие привода CD-ROM для установки ПО;
- операционная система Windows XP (2000), работа с Windows-98 нежелательна, так как в ней не реализовано много необходимых функций;
- требования безопасности должны удовлетворять ТСО-95;
- для запуска специальных программ рекомендуется Internet Explorer версия 6.0 и выше;
- стандартная клавиатура и устройство типа Mouse («мышь»).

Внешний вид устройств PETOM-51 в исполнении 3×20 А (а) (выпускалось до 2011 г.) и исполнении 3×36 А (б) показан на рис. 5.1.

Меры безопасности при работе с системой. В PETOM-51 предусмотрены специальные решения, обеспечивающие безопасность

проведения работ, защиту самого РЕТОМ-51 и, что очень важно, защиту проверяемой аппаратуры РЗА.

К программно-аппаратным мерам относятся:

- защита и сигнализация о наличии холостого хода в цепях тока на выходе РЕТОМ-51. Этот режим не опасен для самого РЕТОМ-51, но свидетельствует о неисправностях в цепях тока проверяемой защиты, ошибках в схеме ее подключения, либо о большом сопротивлении нагрузки;

- защита и сигнализация о наличии короткого замыкания в цепях напряжения на выходе РЕТОМ-51. Срабатывание защиты свидетельствует о неисправностях в цепях напряжения проверяемой защиты или ошибках в схеме ее подключения;

- температурная защита каналов тока и напряжения. РЕТОМ-51 прекращает выдачу токов и напряжений в случае перегрева одного из каналов и сигнализирует об этом в виде сообщения на экране компьютера, что позволяет предотвратить выход из строя РЕТОМ-51. При выдаче источниками тока и напряжения максимальной выходной мощности время работы не менее 10 мин;

- защита и сигнализация о неисправностях в линии связи с компьютером. Выдается сообщение о том, что устройство РЕТОМ-51 не подключено;

- защита усилителя напряжения от подачи на него внешнего напряжения.

При работе с системой необходимо придерживаться нескольких простых правил:

- перед началом работы изучить поставляемую с ней техническую документацию;

- соблюдать требования безопасной эксплуатации ПК в соответствии с его технической документацией;

- все переключения соединительных концов производить при отключенном устройстве, поскольку на выходных клеммах и на контактах выходного разъёма присутствует или в любое время может появиться высокое, опасное для жизни напряжение независимо от способа подключения нагрузки. Отключение можно выполнить программно;

- повторное включение прибора производить не ранее чем через 1—2 мин;

- не подключать проверяемую защиту к токовым каналам без использования клеммы *N*. Например, при нагрузке, соединенной в «треугольник», необходимо задавать токи таким образом, чтобы исключить возникновение тока нулевой последовательности более 20 мА, в противном случае сработает защита прибора РЕТОМ-51 от холостого хода;

- подключение РЕТОМ-51 к компьютеру с применением порта СОМ производить только при выключенном приборе и компьютере. Применение порта USB позволяет выполнить подключение в «горячем» режиме, т.е. без выключения;

- программное обеспечение для РЕТОМ-51 работает только под управлением операционной системы Windows (98; XP; 2000; Vista; Seven). Другие операционные системы не поддерживаются;

- перед программным включением прибора РЕТОМ-51 (программным рубильником в ручном управлении или кнопкой «Пуск» в автоматических программах) дождаться загорания зеленого светодиода «Готов» на передней панели прибора;

- выключать прибор можно или только после закрытия программы — «Реле-Томограф-51» или после нажатия специальной иконки со значком «Вилка»;

- при работе с токовыми каналами неиспользуемые выходы должны быть подсоединены к клемме «*N*»;

- компьютер и РЕТОМ должны быть подключены к общей сети;

- во время работы контролировать появление сообщений о неисправностях или ненормальных режимах и своевременно принимать меры к их устранению.

Перечень некоторых действий, которые могут вывести прибор из строя:

- подача на выходы усилителей внешнего напряжения более 20 В;

- замыкание во время работы цепей тока и напряжения;

- подключение нагрузки к токовым каналам без использования клеммы «*N*»;

- подача напряжения более 700 В на аналоговые входы;

- коммутация большого тока дискретными выходами.

Меры безопасности при работе с ПК:

- повторное включение производить не ранее чем через 1—2 мин;

- нельзя подключать прибор и компьютер к источнику сетевого питания, если: шнур питания или разъём поврежден или имеет дефекты; ПК попал под дождь или воду; поврежден корпус ПК;

- нельзя открывать крышку ноутбука за один из её углов, так как при этом происходит перекося крышки и повреждение дисплея. Не применяйте значительную физическую силу при воздействии на защёлки ноутбука, так как это может привести к их повреждению;

- необходимо немедленно отключить ПК от сети, если он:
 - не работает нормально, хотя все инструкции соблюдены;
 - проявляет необычное изменение своих характеристик, что указывает на потребность в ремонте.

Просто выключить ПК недостаточно, необходимо устранить выявленные неисправности.

Чистку прибора и ПК можно выполнять только после отключения от сети. Не используйте жидкие или аэрозольные очистители. Для протирки экрана монитора пользуйтесь мягкой тканью, или специальными салфетками.

Установка программного обеспечения. Для работы комплекса на компьютер должна быть установлена программа «*Реле-Томограф-51*». Она поставляется фирмой-изготовителем в комплекте с устройством. Программа не имеет ограничений по применению. Её можно устанавливать сколько угодно раз на любое число компьютеров.

Возможна установка с компакт-диска. Система автоматически запускает программу установки и предлагает выполнить несколько операций по заданию параметров программы «*Реле-Томограф-51*». Порядок действия при этом простой — следует нажимать на кнопку «*Далее*». Все параметры задаются по умолчанию.

Обновление программы внутри РЕТОМ-51. В связи с постоянным усовершенствованием прибора выполнять обновление программы внутри прибора РЕТОМ-51 необходимо в соответствии с руководством по эксплуатации данного прибора.

Калибровка РЕТОМ. Для проверки устройств РЗА необходимо использовать только прошедшие калибровку и имеющие соответствующий протокол устройства РЕТОМ-51. Периодичность калибровки — 1 раз в два года. Проверка и калибровка системы выпол-

няется в соответствии с инструкцией, приведенной в руководстве по эксплуатации.

Аварийные сообщения. В процессе работы с прибором РЕТОМ-51 могут появляться сообщения о ненормальных режимах, на которые необходимо правильно реагировать. Это сообщения: о наличии холостого хода в цепях тока — «Обрыв (XX) источников тока», о наличии короткого замыкания в цепях напряжения — «КЗ источника напряжения», о высокой внутренней температуре — «Перегрев устройства». Эти режимы для РЕТОМ-51 не опасны, но они не дают работать, так как блокируют выходные каскады усилителей и на выходе прибора отсутствуют сигналы.

При срабатывании любой из вышеперечисленных защит на экране дисплея появляются соответствующие сообщения их необходимо расшифровать и предпринять определенные действия (табл. 5.1).

Основные технические данные РЕТОМ-51. В табл. ПЗ.1 приложения 3 приводятся основные технические данные прибора РЕТОМ-51 (исполнение 3×36 А). Данные приводятся только для нормируемых метрологических характеристик. Прибор можно использовать и при выдаче более низких значений параметров, но при этом следует воспользоваться отдельными выносными приборами для контроля формы и значения сигнала.

5.2. Прибор РЕТОМ-61

Помимо прибора РЕТОМ-51 для проверки панели ЭПЗ-1636 можно использовать более сложный комплекс, выполненный на базе прибора РЕТОМ-61. Все условия эксплуатации, дополнительные блоки и программа управления у него те же, что и у РЕТОМ-51. Работу можно выполнять как по частям, используя стандартный пакет программ, так и с помощью специализированной программы.

На основе прибора РЕТОМ-61 реализован программно-технический комплекс, который предназначен для:

- формирования и независимого регулирования:
 - двух трехфазных систем токов или одной трехфазной системы увеличенной мощности;
 - трехфазного напряжения;

Таблица 5.1

Сообщения	Расшифровка	Предпринимаемые действия
«Обрыв (XX) источников тока»	1) Действительный обрыв токовых цепей. 2) Слишком большое сопротивление нагрузки вызывает срабатывание защиты.	1) Разрыв токовых цепей необходимо устранить. 2) Если нет возможности выдать ток на данную нагрузку, то необходимо либо снизить ток, либо использовать РЕТ-10. 3) Исключить (закоротить) неиспользуемые в проверке токовые цепи, например при проверке ДЗ-панели ЭПЗ-1636 необходимо закоротить реле УРОВ; при проверке ТЗНП этой панели закоротить реле УРОВ, если не поможет — закоротить токовые цепи ДЗ, если снова не поможет — закоротить токовые цепи КРБ-126.
«КЗ источника напряжения»	1) Действительно КЗ в цепях напряжения. 2) Сопротивление нагрузки цепей напряжения слишком мало, что приводит к срабатыванию защиты.	1) Устранить КЗ в цепях напряжения. 2) В случае малого сопротивления нагрузки цепей напряжения можно использовать РЕТ-ТН с коэффициентом трансформации 0,1.
«Перегрев устройства»	Длительная работа прибора с максимальной мощностью.	Выключить программный рубильник, работающие вентиляторы охладят прибор в течение 5—10 мин. В автоматических программах, чтобы улучшить охлаждение, нужно увеличить время паузы.

- однофазного гальванически изолированного напряжения переменного тока;
- гальванически изолированного источника оперативного питания постоянного тока;
- трёхфазного тока повышенных значений и мощности;
- постоянного тока и напряжения;
- регулирования частоты генерируемых токов и напряжений;
- регулирования угла фазового сдвига между генерируемыми токами и напряжениями;
- измерения постоянного и переменного тока;
- измерения постоянного и переменного напряжения;



Рис. 5.2. Внешний вид устройства РЕТОМ-61

- осциллографирования тока и напряжения;
- измерения временных характеристик устройств РЗА с помощью программного секундомера;
- проверки характеристик и параметров настройки электромеханических, полупроводниковых, микропроцессорных реле и панелей/шкафов релейной защиты в режимах реальных повреждений.

Внешний вид прибора представлен на рис. 5.2, а его технические характеристики представлены в табл. ПЗ.2 приложения 3.

5.3. Блок однофазного преобразователя тока РЕТ-10

Назначение, параметры и схема блока РЕТ-10. Блок РЕТ-10 представляет собой однофазный многообмоточный трансформатор тока и служит для расширения выдаваемого устройством РЕТОМ-51(61) тока.

Внешний вид трансформатора показан на рис. 5.3, а принципиальная электрическая схема приведена на рис. 5.4.

Технические характеристики:

- класс точности 0,5;
- номинальная мощность $250 \text{ В} \cdot \text{А}$ (максимальная — $750 \text{ В} \cdot \text{А}$);
- диапазон частот 40—600 Гц;
- время непрерывной работы при номинальной мощности 20 мин.

РЕТ-10 позволяет:

- в более широком диапазоне нагрузок (в сторону увеличения) реализовать выходную мощность усилителей тока. Например, у типовой одноамперной панели ЭПЗ-1636 по цепи фаза—ноль сопротивление нагрузки достигает 65 Ом, а для получения тока до 2 А выходного уровень напряжения должен быть не менее 130 В;

- проводить проверки реле с бóльшим значением тока, чем позволяют токовые усилители;

- проводить проверки реле очень малыми токами, до 1 мА, сохраняя при этом хорошую форму сигнала.

Блок позволяет получить следующие коэффициенты трансформации: 1:10; 1:5; 1:1; 5:1; 10:1; 50:1 и 100:1, что при максимальном значении тока для РЕТОМ-51 (исполнение 3×20 А), составляет: 0,2; 0,4; 1; 2; 4; 20; 60; 100; 200; 600 А. Все возможные комбинации представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Обмотки	Токи, А, при возможных комбинациях обмоток РЕТОМ-51 (исполнение 3×20 А)				
	w1	w2	w1 + w2	w1 + (-w2)	w5
w3	2	2	4	2	0,4
w4	2	2	4	2	0,4
w3 + w4	1	1	2	1	0,2
w5	100	100	200	100	—
w1, w2	—	—	—	—	4
w1 + w2	—	—	—	—	2

Рекомендации по использованию блока РЕТ-10. Для работы с одноамперной панелью ЭПЗ-1636 желательно использовать три блока РЕТ-10, включенные в цепях фаза—ноль панели, тогда не будет необходимости переключать токовые цепи при смене вида КЗ, как в случае с одним блоком. Можно попробовать проводить проверку и с помощью одного РЕТ-10, и без переключения токовых цепей, для этого в панели разрывается токовая цепь между точкой соединения «звезды» панели и цепью нулевой последовательности. Токовая цепь ТЗНП подключается к вторичной обмотке блока (w3 + w4), а первичная обмотка (w1 + w2) — между проводом «звез-



Рис. 5.3. Внешний вид блока PET-10

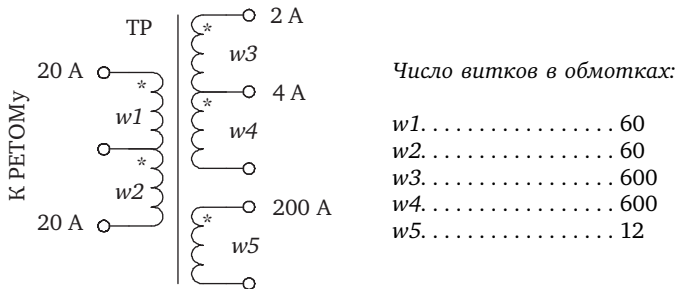


Рис. 5.4. Принципиальная электрическая схема PET-10

ды» панели и клеммы I_N РЕТОМ-51. Необходимо соблюсти полярность подключения, иначе зона работы реле мощности развернется на 180° . Такая схема проверки работает, если панель не слишком старая, и реле сопротивления выполнены на нуль-индикаторах (а не на МЭР).

При работе с пятиамперной панелью данный блок необходим только для проверки уставок токовых реле с током срабатывания более 60 А, следовательно, достаточно иметь один блок. Надо отметить, что проверять можно только отдельные реле, подавать ток через всю панель бесполезно. Сопротивление панели слишком велико и блок не сможет выдать большой ток.

При работе с блоком проверяемое реле подключают к обмотке w5 блока, а прибор РЕТОМ-51:

- фазу I_a к $w1$, если достаточно получить ток до 100 А, а сопротивление нагрузки малое;

- если не удается получить заданное значение тока, то можно удвоить выходное напряжение за счет второго канала тока [см. табл. 5.2 схему $w1 + (-w2)$]. Для этого фазу I_a подключаем к отмотке $w1$, а фазу I_b — к $w2$, сигналы подаем в противофазе, как при двухфазном КЗ — АВ. Максимальное значение тока будет не более 100 А, а вот напряжение на выходе уже может достигать 5 В;

- фазу I_a к $w1 + w2$, если нужно получить ток до 200 А;

- объединяем фазы $I_a + I_b + I_c$ и подаем суммарный ток на $w1 + w2$, в этом случае можно получить ток 600 А, но сопротивление нагрузки должно быть практически нулевым.

Для комплексной проверки ТЗНП и токовой отсечки панели желательно использовать более мощное устройство — РЕТОМ-21.

5.4. Блок трехфазного преобразователя РЕТ-ТН

Назначение и краткое описание. Блок РЕТ-ТН служит для расширения возможностей прибора РЕТОМ-51(61) по напряжению.

Он имеет три, по числу фаз, отдельных трансформатора, вторичная обмотка которых имеет отводы, подключенные к коммутатору, что позволяет масштабировать трехфазную систему напряжений на выходе прибора РЕТОМ с разными коэффициентами трансформации: 1:5,0; 1:1,732 ($\sqrt{3}$); 1:1,0 и 1:0,577 ($1/\sqrt{3}$) или 1:0,1 в зависимости от даты выпуска. Это соответствует максимальными токами нагрузки — 0,3; 0,7; 1,0 и 1,2 А или 2 А при максимальном выходном напряжении 3 · 600 В; 3 · 207 В; 3 · 120 В и 3 · 70 В или 3 · 12 В. Блок имеет максимальную мощность 60 В · А на канал.

Блок позволяет:

- повысить выходное напряжение до 600 В на канал, что необходимо при проверке схем релейной защиты на 0,4 кВ;

- создать дополнительное напряжение разомкнутого треугольника «ИКН» включенного по любой из 12 возможных схем, используемых в энергетике, что очень удобно при комплексной проверке схем дистанционной и токовой защит, так как у прибора РЕТОМ-51 только три канала напряжения;

- гальванически развязать каналы тока и напряжения, что удобно при проверке некоторых схем релейной защиты и автоматики, когда возникает необходимость объединять каналы тока с каналами напряжения, а этот режим опасен для прибора;
- изменить схему подачи напряжения с выхода прибора РЕТОМ-51 на проверяемое устройство РЗА со «звезды» на «треугольник», с уменьшением выходного напряжения, что удобно при диагностике дистанционной защиты подключенной на линейное напряжение;
- увеличить нагрузочную способность канала напряжения практически в 2 раза, что иногда актуально при проверке старых реле, имеющих большое энергопотребление.

Внешний вид блока РЕТ-ТН показан на рис. 5.5, а его основные технические данные и характеристики приведены в табл. ПЗ.3 приложения 3.



Рис. 5.5. Блок РЕТ-ТН

Рекомендации по использованию блока РЕТ-ТН. Для комплексной проверки дистанционной защиты панели ЭПЗ-1636 желательно использовать блок РЕТ-ТН. Блок используется для создания из фазного напряжения, подаваемого на защиту, напряжения разомкнутого треугольника «ИКН», которое необходимо для нормальной работы панели. В этом случае, при проверке ДЗ нет необ-

ходимости отключать сигнал с блокировки неисправностей цепей напряжения КРБ-12.

О том что блок РЕТ-ТН подключен необходимо указать в программе управления прибором РЕТОМ-51, тогда программа будет корректно им управлять и отображать выходное напряжение.

Если блок работает в режиме максимальной выходной мощности, то необходимо включить переключатель, повышающий коэффициент преобразования на 1,05 для учета внутренних потерь. В этом случае нельзя дополнительно подгружать фазные выходы прибора РЕТОМ-51 во избежание перегрузки каналов прибора.

5.5. Блок расширения дискретных входов и выходов РЕТ-64/32

Общие сведения. Блок РЕТ-64/32 предназначен для совместной работы с прибором РЕТОМ-51 и обеспечивает систему дополнительными 64 дискретными входами и 32 дискретными выходами. Схема исполнения и технические характеристики такие же, как в приборе РЕТОМ-51.

Внешний вид блока показан на рис. 5.6.



Рис. 5.6. Блок РЕТ-64/32

Порядок работы с блоком РЕТ-64/32. До начала работы с программой РЕТОМ-51 и РЕТ-64/32 должны быть включены. Сначала включаются выключатели «Сеть» на РЕТ-64/32, затем на РЕТОМ-51.

Для подключения блока РЕТ-64/32 к РЕТОМ-51 применяется специальный кабель связи КИ64/32.51, который подключается к разъему на передней панели РЕТОМ-51 и к разъему на задней панели РЕТ-64/32.

При первом включении программного рубильника в любой из программ РЕТОМ-51 на экране появляется всплывающее окно об успешном подключении блока РЕТ-64/32.

Для подсоединения к проверяемому объекту используются кабели (6 шт.), которые состоят из 16 пар проводов, концы которых пронумерованы от 1 до 16. Кабели универсальны и используются как для входов, так и для выходов.


Состояние всех дискретных входов (8 входов РЕТОМ-51 и 64 входов РЕТ-64/32) можно просмотреть только с помощью дополнительного окна «Входные контакты» (рис. 5.7), вызываемого из панели инструментов главного окна программы (пиктограмма ). В этом окне отображаются 72 входа.



Рис. 5.7. Окно «Входные контакты»

Их название можно изменить с помощью кнопки «S», расположенной в заголовке этого окна. При нажатии на нее появляется окно «Наименование входов» (рис. 5.8). В этом окне можно задать имя входа, например, вместо «1» написать «Выходное реле». Эти имена будут отображаться во всех программах, что облегчит их анализ. Их нежелательно делать длинными, так как места для их размещения мало. Заданные имена можно сохранить в специальном архиве, считать их из архива или перевести в исходное состояние.



Рис. 5.8. Окно «Наименование входов»

В окне «Входные контакты» имеется специальный режим фиксации изменения состояния входа, так называемый «блинкер». При этом цифра соответствующего входа становится жирной и красного цвета (1), что позволяет увидеть даже кратковременные изменения их состояния. Сброс этой индикации (возврат блинкеров в исходное состояние) производится кнопкой «С» в заголовке окна.

Все 72 входа всегда доступны для контроля и выбора одного «активного» контакта для фиксации выдаваемого в этот момент значения тока, напряжения, угла, частоты или времени срабатывания (возврата).

В ручном управлении токами и напряжениями выбор «активного» контакта (окаймлен зеленой рамкой) с номером больше 8 осуществляется только в дополнительном окне «Входные контакты». Для этого выполняется клик мышки на соответствующем входе. Изменение состояния выходного контакта осуществляется нажатием на пиктограмму соответствующего реле, если он не запрограммирован (например для режима секундомера, если реле обрамлено зеленой рамкой, то оно недоступно для нажатия-изменения текущего состояния), т.е. находится в режиме «Выключен».

В программе «Секундомер-регистратор» выбор активного входа осуществляется из самой программы в поле выбора контакта останова (их будет 72).

Управление всеми дискретными выходами — 4 реле РЕТОМ-51 и 32 реле РЕТ-64/32 производится с помощью дополнительного

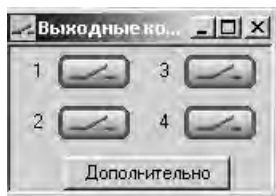


Рис. 5.9. Дополнительное окно «Выходные контакты»

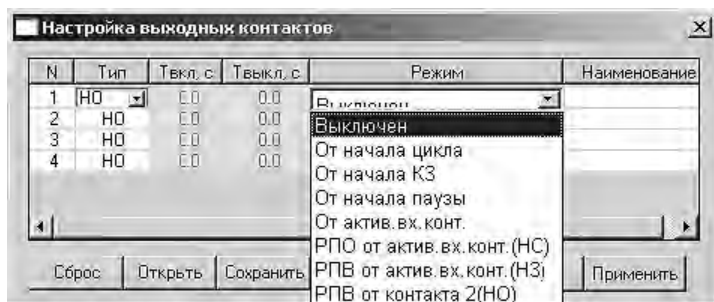


Рис. 5.10. Окно «Настройка выходных контактов»

окна «Выходные контакты» (рис. 5.9), вызываемого из панели инструментов главного окна программы (пиктограмма).

В этом окне отображаются 36 выходных реле. Их наименование и логику их работы можно изменить с помощью кнопки «Дополнительно», при этом открывается окно «Настройка выходных контактов» (рис. 5.10), где задаются все параметры работы выходных реле.

В одном цикле выдачи можно управлять не более восьми выходными реле.

Для всех программ работу выходных контактов можно программировать только в окне «Настройка выходных реле», а в процессе выдачи возможен лишь визуальный контроль текущего состояния входов/выходов в этих дополнительных окнах.

Рекомендации по использованию блока РЕТ-64/32. Данный блок предназначен для проверки многофункциональных микропроцессорных систем защиты РЗА, когда не хватает имеющихся у прибора РЕТОМ-51 дискретных входов и выходов.

При проверке панели ЭПЗ-1636 этот блок не используется. Дело в том, что панель состоит из отдельных реле, при проверке которых хватает входов и выходов прибора РЕТОМ-51.

5.6. Блок временной синхронизации PET-GPS

Назначение. Блок временной синхронизации PET-GPS (далее — блок) предназначен для дистанционной синхронизации выдаваемых сигналов двух и более комплексов РЕТОМ-51. Синхронизация осуществляется с помощью GPS-аппарата точного времени, что может использоваться для управления двумя комплексами РЕТОМ-51, подключенными на концах линий. Например, при проверке дифференциально-фазных защит применение такой синхронизации позволит быстро и точно осуществлять проверку органа сравнения фаз, угла блокировки, снятие фазной характеристики.

Общие сведения. Внешний вид блока приведен на рис. 5.11, а его основные технические данные и характеристики — в табл. ПЗ.4 приложения 3.

Выходы «Синхронизация по абсолютному времени» и «Синхронизация 1 Гц» представляют собой транзисторы с открытым коллекторным выходом с ограничением по току. Каналы гальванически



Рис. 5.11. Блок PET-GPS

разделены между собой и от устройства. При подключении необходимо соблюдать полярность.

Унифицированная GPS-антенна подключается к приемному модулю через небольшой кабель, что уменьшает потери сигнала. Приемный модуль подключается к основному с помощью длинного кабеля, а это позволяет вынести антенну вместе с приемным модулем на открытое пространство и улучшить прием сигналов со спутников.

Порядок подключения блока:

- а) соединить модуль управления и модуль приемный;
- б) подключить антенну к модулю приёмному (это обязательно делается до подачи питания на модуль управления);
- в) подключить блок питания к модулю управления и включить его в сеть;
- г) подключить модуль управления к компьютеру через USB-кабель;
- д) подключить выход 1 блока к устройству РЕТОМ-51 на дискретный вход 8, соблюдая полярность;
- е) если требуется режим запуска по абсолютному времени, то подключить, соблюдая полярность, выход 2 блока на свободный дискретный вход (например, 7-й) устройства РЕТОМ-51 или на вход, рекомендуемый программой РЕТОМ-51.

При первом включении необходимо установить драйвер устройства USB. Выполнить стандартную процедуру установки с помощью «Мастера подключений», который запускается операционной системой Windows при обнаружении нового устройства.

Внимание!

1. Драйвер корректно устанавливается только на компьютерах с операционной системой: Windows-2000 (SP3 и выше), Windows XP (с SP2 и выше) и другими более поздними версиями.

2. Блок РЕТ-GPS может работать и без связи с компьютером. При сопровождении трех и более спутников блок генерирует импульсы 1 Гц (иначе они не генерируются). Соответственно, можно не устанавливать драйвер связи и не запускать программу управления блоком РЕТ-GPS. Контроль синхронизации можно осуществлять по переключению 8-го дискретного входа РЕТОМ-51 с частотой 1 Гц в программе ручного управления

источниками тока и напряжения (8-й вход РЕТОМ-51 должен быть подключен кабелем с соблюдением полярности к выходу «Синхронизация 1 Гц блока РЕТ-GPS»). При отсутствии мигания 8-го дискретного входа синхронизация отсутствует (при сопровождении менее трех спутников).

3. При работе с блоком РЕТ-GPS компьютер должен иметь два свободных USB-порта для подключения РЕТОМ-51 и собственно блока РЕТ-GPS.

4. Антенну для прямой видимости орбитальных спутников GPS необходимо располагать на открытом участке свободном от металлоконструкций зданий, особенно многоэтажных, которые существенно ослабляют сигналы спутников.

5. Для запуска по астрономическому времени надо задать дату и время по Гринвичу, а не местное.

Работа с блоком РЕТ-GPS. Программа управления блоком РЕТ-GPS входит в стандартный пакет программ РЕТОМ-51 и устанавливается вместе с пакетом программ РЕТОМ-51.

При использовании РЕТОМ-51 совместно с блоком РЕТ-GPS сначала запускается основная программа РЕТОМ-51 (рис. 5.12).

Затем запускается программный модуль «GPS» — иконка в списке программных модулей, при этом открывается окно управления блоком РЕТ-GPS (рис. 5.13).

Нажимаем кнопку «Поиск устройств». При обнаружении устройств GPS заполнится список. Если подключено несколько устройств, то из списка выбираем нужное. В списке из COM-



Рис. 5.12. Основная программа РЕТОМ-51

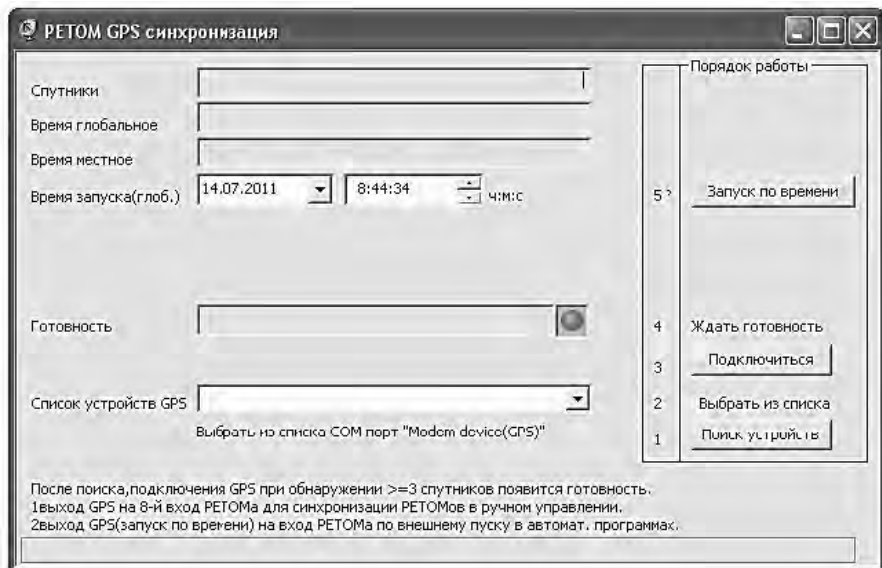


Рис. 5.13. Окно управления блоком PET-GPS

портов выбираем COM-порт «*Modem device (GPS) — ATMEL CORPORATION*».

Далее нажимаем кнопку «*Подключиться*». После подключения будут обновляться поля: «*Спутники*» — опорные спутники, сигнал которых принимается устройством GPS, «*Время глобальное*» — время по Гринвичу (это время само подстроится под правильное значение через несколько минут после обнаружения спутников), «*Время местное*» — время, установленное на компьютере, «*Готовность*» — готов при обнаружении двух и более спутников.

Необходимо дождаться появления готовности — индикатор изменит цвет с красного на зеленый.

Выход 1 блока подключается к устройству РЕТОМ-51 на дискретный вход №8, при соблюдении полярности.

В меню основного окна выбираем пункт «*Синхронизация — Синхронизация с сетью — Включена по 8-му контакту*», как показано на рис. 5.14. В заголовок главного окна добавится строка — «*Синхронизация через блок синхронизации активирована*».

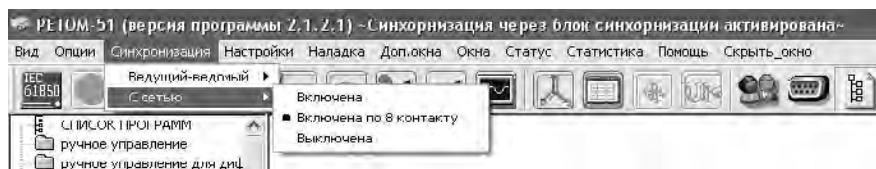


Рис. 5.14. Настройка регламента синхронизации

Запускаем модуль ручного управления. Только в этой программе все выдаваемые РЕТОМ-51 сигналы будут синхронизированы односекундными импульсами (длительность импульса порядка 0,2 с). Эти импульсы будут отображаться как замыкание 8-го дискретного входа.

Для запуска по астрономическому времени, необходимо задать дату и время (по Гринвичу) и нажать кнопку «Запуск по времени». Запустить одну из программ, имеющих «Внешний пуск», например, «Секундомер-регистратор», и подключить выход 2 блока к устройству РЕТОМ-51, например 7. В программе задать номер входа внешнего пуска и нажать кнопку «Старт». Устройство РЕТОМ-51 подготовится к работе, но будет ожидать сигнал внешнего пуска по выбранному дискретному входу от 2-го канала блока РЕТ-GPS, который появится только в заданное время. Устройство РЕТОМ-51 отработает свое задание и выдаст результат. Перед следующим пуском надо задать другое время.

5.7. Прибор РЕТОМ-21

Назначение. Испытательный комплекс на базе устройства РЕТОМ-21 предназначен для испытания первичного и вторичного электрооборудования. Он позволяет:

- проверять все типы простых реле и защит (тока, напряжения, частоты, мощности, времени, указательных, промежуточных и т.п.) и другого электрооборудования в схемах релейной защиты, в том числе контакторы и электромагнитные пускатели;
- снимать векторные диаграммы;
- определять полярность обмоток;
- проверять измерительные трансформаторы;

- строить кривые намагничивания;
- измерять сопротивления нагрузки вторичных цепей и т.д.

Устройство РЕТОМ-21 имеет два регулируемых источника напряжения и тока переменной частоты, один регулируемый источник напряжения постоянного тока, один источник оперативного тока, многофункциональный измеритель, который включает в себя: амперметр, вольтметр, фазометр, частотомер, секундомер и пульт управления.

Устройство РЕТОМ-21 осуществляет выдачу:

- регулируемого однофазного переменного тока или напряжения сетевой частоты;
- регулируемого однофазного переменного тока или напряжения сетевой частоты с возможностью регулирования фазы относительно опорного сигнала;
- регулируемого однофазного переменного тока или напряжения автономной регулируемой частоты — режим генератора технической частоты (ГТЧ);
- одновременно двух напряжений, тока и напряжения или двух токов сетевой частоты с возможностью регулирования фазового угла между ними;
- регулируемого постоянного (выпрямленного или сглаженного) напряжения/тока;
- регулируемого напряжения отдельного оперативного питания на проверяемые устройства РЗА;
- управляемого дискретного сигнала (имитация контактов «РПВ» и «РПО» или сигнала ускорения).

Устройство РЕТОМ-21 осуществляет измерение:

- воспроизводимого тока, напряжения, частоты и фазового угла (одновременно четыре параметра);
- внешнего напряжения (одновременно два канала), тока (один канал), частоты и фазового угла;
- всех видов временных характеристик: срабатывание, возврат, длительность замкнутого или разомкнутого состояния, разновременность изменения состояния двух контактов, длительность вибрации контакта;
- полного, активного и реактивного сопротивления (исходя из известных входных параметров: тока, напряжения и угла между ними) с учетом схемы подключения;

- полной активной и реактивной мощности (исходя из известных входных параметров: тока, напряжения и угла между ними).

Устройство РЕТОМ-21 имеет расширенную логику управления:

- переключение между двумя заранее заданными частотами одного сигнала;
- переключение между двумя заранее заданными значениями выходного напряжения одного сигнала;
- переключение фазы сигнала на 180° ;
- одновременное управление двумя каналами, позволяет имитировать различные виды аварии;
- внешний пуск позволяет проверять АПВ и расширяет возможности использования его совместно с другими испытательными системами.

Технические параметры прибора представлены в табл. ПЗ.5 приложения 3.

Описание. Устройство испытательное РЕТОМ-21 выполнено в



Рис. 5.15. Устройство РЕТОМ-21

пластиковом ударопрочном корпусе, который не боится ни влаги, ни грязи, ни пыли. Все органы управления находятся на лицевой панели. Внешний вид устройства показан на рис. 5.15.

На внутренней поверхности крышки изображено меню управления устройством.

Рабочее поле устройства состоит из трех функциональных зон, которые выделены цветом: зона сетевого питания — серая, силовая зона — оранжевая, разделенная на три части по числу источников, и информационная зона — голубая, также разделена на три части.

Оранжевым цветом выделены три области: *Источник 1*, *Источник 2* и *Источник 3*. Зоны независимы по управлению и гальванически развязаны как между собой, так и от сети. В каждом случае оранжевым цветом обведены все элементы, которые относятся к управлению соответствующей силовой части: клеммы, регуляторы, коммутаторы и т.д.

Источник 1 предназначен для питания цепей оперативного постоянного тока проверяемых устройств.

Источник 2, реализованный на электронном генераторе, предназначен для определения параметра срабатывания/возврата по напряжению и току (род тока — переменный, форма — синусоида), фазе и частоте.

Источник 3, в котором применен автотрансформатор, предназначен для определения параметров срабатывания/возврата по току и напряжению, требующих большую мощность.

Для измерения параметров срабатывания/возврата по напряжению, току, фазе и частоте имеется многофункциональный измерительный прибор — мультиметр, который передает информацию в блок управления устройством. Двухстрочный индикатор пульта управления может отображать одновременно до четырех параметров.

Для измерения временных параметров в устройстве используется многофункциональный секундомер. Возможны несколько вариантов запуска и останова счета времени. Так, секундомер может начать отсчет времени либо от момента изменения выходного параметра, либо от изменения состояния контакта *K1* (*Запуск*). Для останова счета времени секундомера можно использовать изменение состояния контрольного контакта на дискретном входе *K1* или

K2, а также обнуление контролируемого тока. Например, при проверке выключателя, когда при срабатывании происходит отключение, секундомер останавливается в момент разрыва цепи тока или в момент изменения состояния контакта *K2* (*Смон*), если он контролирует состояние выключателя по другому контакту. Кроме того, для исключения неверных измерений, связанных с вибрацией контактов, в секундомере используются специальные алгоритмы отстройки от дребезга.

При измерении временных параметров воздействующий параметр на проверяемое устройство подается и снимается скачком.

Управление устройством РЕТОМ-21 осуществляется минимальным набором ручек и тумблеров, которые размещены в соответствующих функциональных зонах. Все настройки и вспомогательные переключения устройством выполняются при помощи меню. Оно делится на две части: «*Главное меню*» и «*Вспомогательное меню*».

В устройстве имеются защиты от короткого замыкания, перегрузки и попадания внешнего напряжения на выходы. При этом *Источник 1* и *Источник 2* имеют электронную схему защиты, при срабатывании которой загорается красным цветом светодиодный индикатор работы соответствующего источника, а на табло измерителя появляется сообщение «*Авария I1*» или «*Авария I2*».

В *Источнике 3* защита от КЗ и перегрузки выполнена с использованием биметаллических выключателей (так называемый терморыватель).

Кроме того, для исключения развития аварии во внутренней части устройства каждый блок питания имеет предохранитель, а для обеспечения надежной работы некоторых силовых элементов имеется дополнительная защита от перегрева в виде пороговых датчиков, контролирующих их температуру.

При срабатывании какой-либо защиты на индикаторе появляется сообщение «*Авария*». Для устранения перегрева достаточно выключить источник, не выключая само устройство. Внутри устройства размещены два вентилятора охлаждения. Они работают постоянно, поэтому через 5—10 мин перегретый элемент остывает, сообщение «*Авария*» пропадает, и работу можно продолжать.

5.8. Устройство РЕТОМ-6000

Назначение. Устройство РЕТОМ-6000 предназначено для:

- испытания электрической прочности изоляции электрооборудования и аппаратов электроустановок потребителей повышенным испытательным напряжением переменного тока промышленной частоты до 6 кВ и напряжением постоянного тока до 6 кВ;
- измерения сопротивления изоляции до 2 ГОм;
- снятия вольт-амперных характеристик трансформаторов тока напряжением до 2 кВ и током до 2 А на электрических станциях, подстанциях и в энергохозяйстве промышленных предприятий.

Устройство обеспечивает:

- автоматическое и ручное регулирование однофазного напряжения переменного тока от 100 до 6000 В;
- автоматическое и ручное регулирование напряжения постоянного тока от 200 до 6000 В;
- задание длительности выдержки выдачи высокого напряжения со звуковой сигнализацией по окончании счета;
- измерение выдаваемого на испытуемый объект напряжения переменного и постоянного тока, тока утечки, сопротивления изоляции;
- фиксацию на индикаторах значений напряжения, тока, сопротивления и времени пробоя.

Технические характеристики устройства приведены в табл. ПЗ.6 приложения 3.

Описание. Прибор РЕТОМ-6000 изготовлен в пластиковом ударопрочном корпусе, по бокам и на крышке которого находятся ручки с противоскользящим покрытием. Корпус оснащен дополнительной выдвижной ручкой и двумя краевыми роликами для перемещения. Также на корпусе имеется автоматический клапан выравнивания давления во время использования его при авиаперевозках.

Внешний вид устройства показан на рис. 5.16.

Рабочее поле устройства состоит из трех функциональных зон: сетевая — серая, информационная — синяя и силовая — красная.



Рис. 5.16. Прибор PETOM-600

Работа. После включения прибора необходимо задать режимы его работы, выбрать выход и задать максимальный уровень выходного напряжения.

При нажатии на кнопку «Пуск» загорается светодиодный индикатор «Высокое напряжение», и на всех выходах появляется регулируемое напряжение. В автоматическом режиме аппарат сам выставит заданный уровень на выбранном выходе (регулирование производится с заданной скоростью), запустит таймер и по окончании времени воздействия сам снизит напряжение до безопасного уровня и выключит выход. Светодиодный индикатор «Высокое напряжение» загорится.

В ручном режиме оператор сам регулирует выходное напряжение, а таймер отмеряет общее время включенного состояния и сигнализирует об окончании установленного лимита времени.

5.9. Прибор РЕТОМЕТР-М2

Назначение. Многофункциональный трехфазный цифровой прибор РЕТОМЕТР-М2 является развитием семейства вольтамперфазометров, которые исторически именуются в российской электроэнергетике как «ВАФ». РЕТОМЕТР — малогабаритный прибор, предназначенный для выполнения различных измерений параметров трех- и однофазных электрических цепей с рабочей частотой 50 Гц в полевых и лабораторных условиях. Прибор питается от одного литий-ионного (Li-ion) аккумулятора.

Особенности прибора:

- цифровая обработка обеспечивает правильное измерение фазовых углов даже при очень сильном искажении сигнала;
- измеряет истинное среднеквадратическое (true rms) значение;
- имеет высокую точность измерений напряжения, тока, фазы, частоты, мощности и сопротивления;
- диапазон измерения напряжения составляет от 0,001 до 750 В, позволяет работать в сетях 660 В;
- диапазон измерения тока составляет от 0,001 до 40 А, измерение проводится клещами из комплекта поставки;

- использование РЕТ-ДТ расширяет измеряемый ток до 30 кА;
- строит трехфазную векторную диаграмму напряжения и тока;
- рассчитывает прямую, обратную и нулевую составляющие трехфазного сигнала;
- рассчитывает полную, активную и реактивную мощности;
- определяет КПД, $\cos \varphi$ и потери — $\operatorname{tg} \varphi$;
- определяет полное, активное и реактивное сопротивления;
- обеспечивает безопасную проверку целостности соединений — режим «прозвонка» не включается при наличии внешнего напряжения;
- определяет полярность обмоток ТТ и ТН;
- имеет графический индикатор;
- содержит аккумулятор, который обеспечивает быстрый заряд и отсутствие «эффекта памяти»;
- автоматическое выключение продлевает жизнь аккумулятора;
- имеется возможность фиксации прибора на любой стальной поверхности при помощи встроенных в чехол магнитов.

Основные технические данные прибора приведены в табл. ПЗ.7 приложения 3.

Описание. Внешний вид прибора показан на рис. 5.17.

С левой стороны прибора находятся три трехмиллиметровых гнезда типа «JACK-5». Они предназначены для подключения различных преобразователей тока. Это либо стандартные клещи из



Рис. 5.17. РЕТОМЕТР-М2

комплекта поставки, либо дополнительные клещи для измерения большого тока, либо блок РЕТ-ДТ:

- гнездо $I1$ — вход для подключения токовых клещей № 1, основной канал измерения тока и измерения тока фазы A ;
- гнездо $I2$ — вход для подключения токовых клещей № 2, вспомогательный канал измерения тока используется только для измерения тока фазы B ;
- гнездо $I3$ — вход для подключения токовых клещей № 3, дополнительный измеритель тока и для измерения тока фазы C .

С правой стороны расположены три пары гнезд измерителя напряжения:

- гнездо $U1$ — основной измеритель напряжения фазы A ;
- гнездо $U2$ — вход для работы в режиме «прозвонки» и измерения напряжения фазы B ;
- гнездо $U3$ — дополнительный измеритель напряжения фазы C .

Снизу установлен разъем подключения сетевого адаптера для заряда и питания при длительной работе.

На фронтальной части расположен экран и три кнопки управления «Вкл/Выкл», «Режим», «Фиксация».

Включение и выключение прибора осуществляется кнопкой «Вкл/Выкл».

Кнопка «Режим» позволяет выполнить переход к следующему параметру в рамках выбранного режима или пунктов меню. Переход идет по кругу.

Кнопка «Фиксация» позволяет отключить процесс обновления параметров на индикаторе или выбрать параметр в меню.

Для входа в меню нужно одновременно нажать кнопки «Режим» и «Фиксация».

В однофазном режиме подключение токовых клещей к входу $I1$ переключает второй параметр на измерение тока. Подключение вторых токовых клещей ко входу $I3$ переводит параметр $I1$ на первое место, а $I3$ на второе.

В верхней части экрана отображаются два значка:

▬ — показывает уровень заряда аккумулятора;

⊕ (значок «часы») — указывает на работу в режиме «Автоматического выключения» (10 мин).



Рис. 5.18. Полный комплект аксессуаров с прибором PETOMETP-M2

Полный комплект аксессуаров с прибором PETOMETP-M2 представлен на рис. 5.18.

Заклучение

Проверка панели ЭПЗ-1636 при помощи оборудования серии РЕТОМ не должно вызывать затруднений, так как данное оборудование ориентированно на решение подобных задач. Дружественное программное обеспечение приборов РЕТОМ-51 и РЕТОМ-61 упрощают эту задачу, а специально разработанные программы для проверки конкретных устройств РЗА облегчают не только работу по проверке, но и создание итогового отчета.

При необходимости функционирование всех элементов панели можно проверить при помощи устройства РЕТОМ-21. И хотя в этой книге он подробно не рассмотрен, из приведенного краткого описания понятно, что это простой в управлении прибор, имеющий большой набор функций. Полное руководство по работе с ним и другими приборами можно скачать с сайта www.dynamics.com.ru.

Поскольку электромеханические устройства РЗА еще достаточно долго будут эксплуатироваться, будет и необходимость в диагностическом оборудовании для них. НПП «Динамика» постоянно совершенствует выпускаемые приборы и расширяет их перечень, стараясь как можно полнее удовлетворить все более возрастающие потребности релейщиков и энергетических компаний.

Приложение 1

Таблица П1. Технические данные панели ЭПЗ-1636

№	Параметр	Значение	Допуск	Примечание
Номинальные параметры				
1	Напряжение питания, В	110; 220		
2	Переменный ток, А	5(1)		
3	Переменное напряжение	100		
4	Перегрузочная способность, %	110		
Потребление в цепях				
5	Цепи тока (на фазу), В·А	9		Без реле тока
6	Цепи напряжения звезды, В·А	55		1636/1
7		45		1636/2
8	Цепи напряжения разомкнутого треугольника, В·А	75		РБМ-177
9		185		РБМ-178
10	Цепи питания, Вт	110		Дежурство
11		175		Сквозное КЗ
12		370		Срабатывание
Дистанционная защита				
13	$Z_{уст\ min}$ (ДЗ-2), Ом/фазу	0,25; 0,5; 1(5)	±10%	
14	$Z_{уст\ min}$ (КРС-1), Ом/фазу	1; 1,5 (7,5)	±10%	
15	Кратность увеличения $Z_{уст}$	20		$N = 5\%$
16	$Z_{см}$ в I квадранте (ДЗ-2), % $Z_{уст}$	0,5—2		
17	$Z_{см}$ в III квадранте (КРС-1), % $Z_{уст}$	6—12	+18% $Z_{уст\ min}$	
18	Эксцентриситет (КРС-1)	0,5; 0,65; 0,8	±10%	$I = 2I_{ном}$
19	$\varphi_{м.ч.}$ град.	65; 85	± 5%	
20	$I_{тр}$, А	6,4—150 (30)		$Z_{уст\ min} = 0,25 (1,25)$
21		3,2—100 (20)		$Z_{уст\ min} = 0,5 (2,5)$ $Z_{уст\ min} = 1(5)$
22		1,6—50 (10)		Окружность без смещения
23		2,2—50 (10)		Эллипс без смещения
24		2,75—42 (8,4)		Со смещением $Z_{уст\ min} = 1,5 (7,5)$

№	Параметр	Значение	Допуск	Примечание
25	$I_{тр}$, А	1,1—33,5 (6,7)		Окружность без смещения
26		1,5—33,5 (6,7)		Эллипс без смещения
27		1,85—28 (5,6)		Со смещением
28	Время срабатывания, с	$\leq 0,085$		$KL4, Z \leq Z_{уст}$ $I \leq 2I_{тр}$
29		$\geq 0,1$		KL1 с демпферной обмоткой
КРБ-126				
30	$I_{2уст}$, А	0,5; 0,75; 1,0; 1,5 (0,3)	$\pm 12\%$	
31	$K(\Delta f)$	$\pm 3\%$		$\pm 3\text{Гц}$
32	$K(5f_{ном})$	> 4		
33	$3I_{0уст}$, А	1,5; 3,0; 6 (1,2)	$\pm 15\%$	
34	K_T	4; 7; 11	$\pm 10\%$	$I = I_{уст \min}$
35	Время фиксации пуска, мс	≥ 8		$I = 3I_{2уст}$
36	Время ввода в работу блокируемых ступеней, с	0,32—0,4 0,48—0,6		Время возврата КЗ: Без C' С C'
37	Время возврата блокировки, с	$T_{уст \text{ КТ}}$		
КРБ-125				
38	$U_{2уст}$, В	2; 3; 4; 6; 8	$\pm 10\%$	
39	$3I_{0уст}$, А	1; 1,5; 2,0 (0,4)	$\pm 15\%$	
40	Время фиксации пуска, мс	≥ 5		$U = 3U_{2уст}$
ТЗНП				
41	$\varphi_{м.ч}$, град.	70	$\pm 5\%$	
42	$S_{уст \min}$ (КЗ-10), В·А	1,5 (0,3)		РБМ-178 ($I = I_{ном}$)
43		4,5 (0,9)		РБМ-171 ($I = I_{ном}$)
44	$S_{уст \min}$ (вне комплектов), В·А	1,5 (0,3)		РБМ-178 ($I = I_{ном}$)
45		4,5 (0,9)		РБМ-171 ($I = I_{ном}$)

Окончание табл. П1

№	Параметр	Значение	Допуск	Примечание
Реле тока УРОВ				
46	Время срабатывания, с	$\leq 0,15$		$I = 1,2 I_{cp}$
47		$\leq 0,03$		$I = 3 I_{cp}$
48	Коэффициент возврата	$\geq 0,8$		

Приложение 2. Схемы электрические принципиальные ЭПЗ-1636

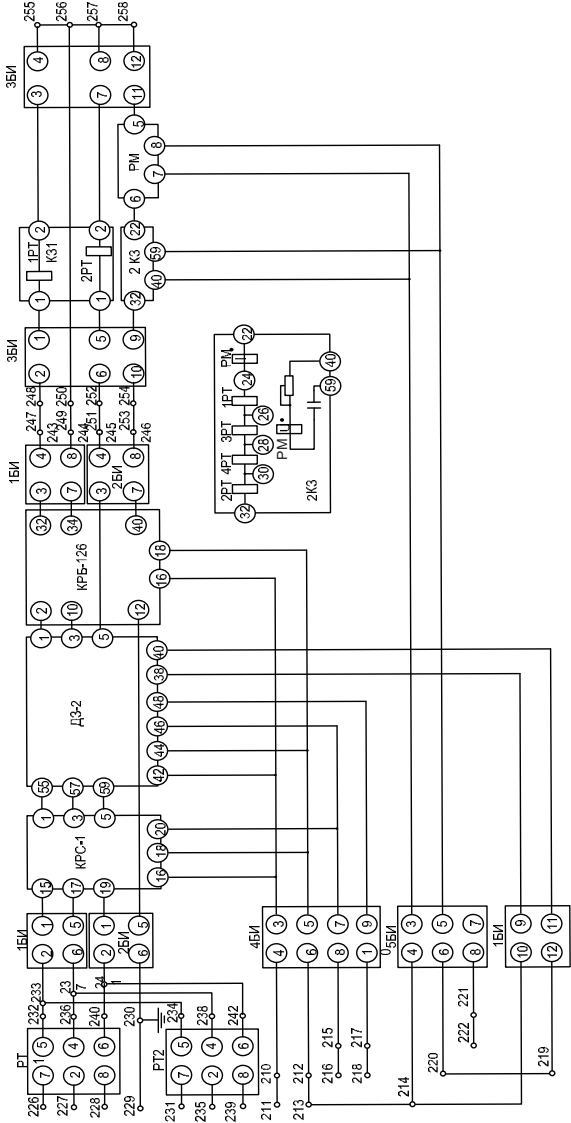


Рис. П2.1. Схема цепей переменного тока и напряжения защиты
ЭПЗ-1636 I поколения

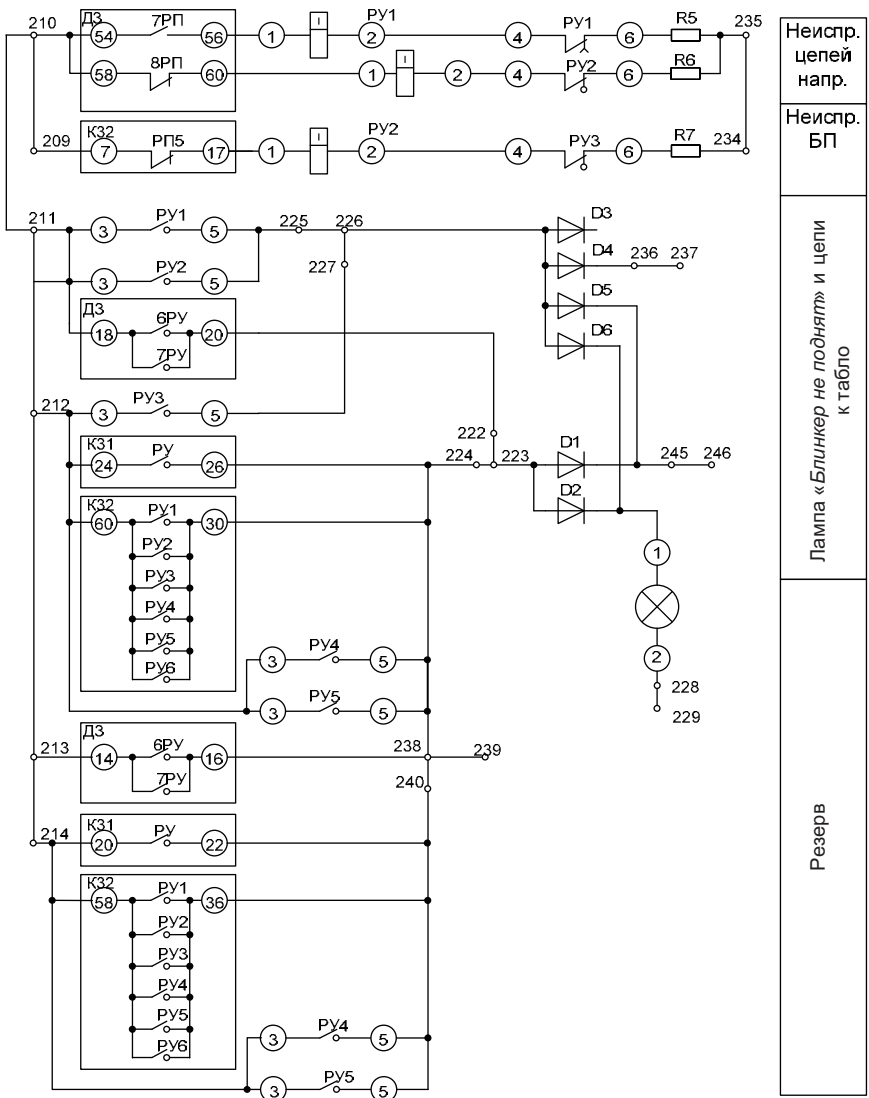


Рис. П2.2. Схема оперативных цепей защиты ЭПЗ-1636 I поколения (дистанционная защита)

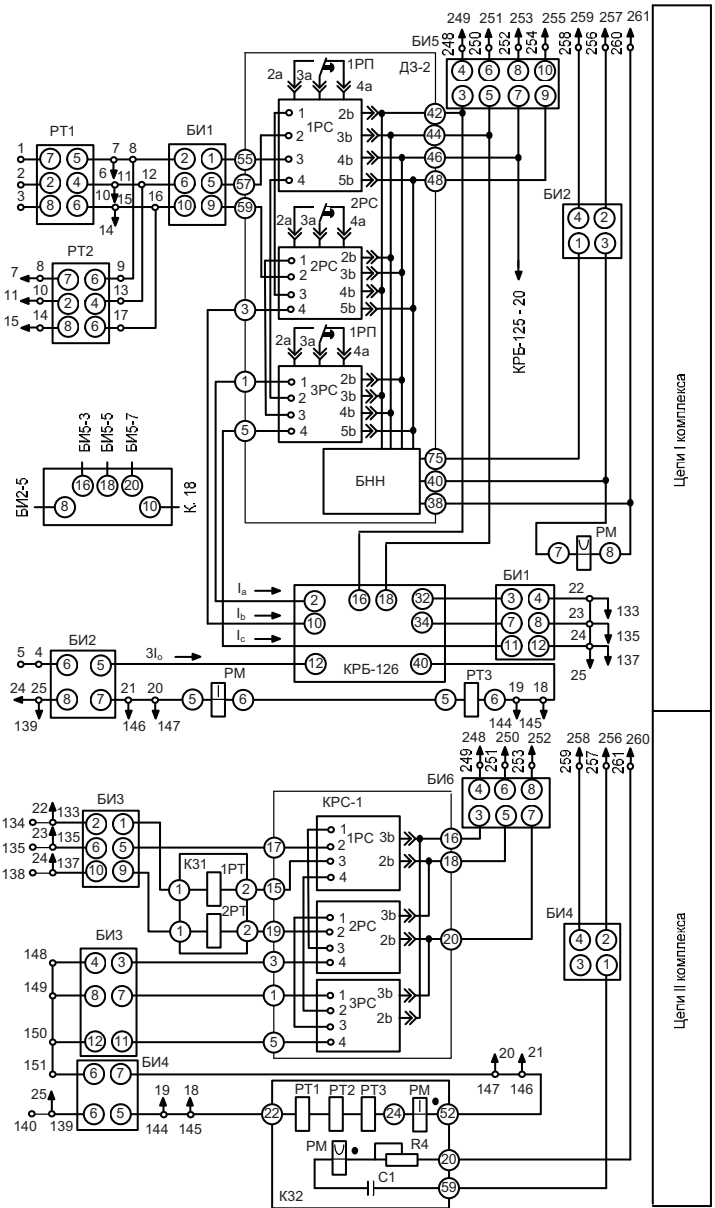


Рис. П2.5. Схема цепей переменного тока и напряжения защиты ЭПЗ-1636 II поколения

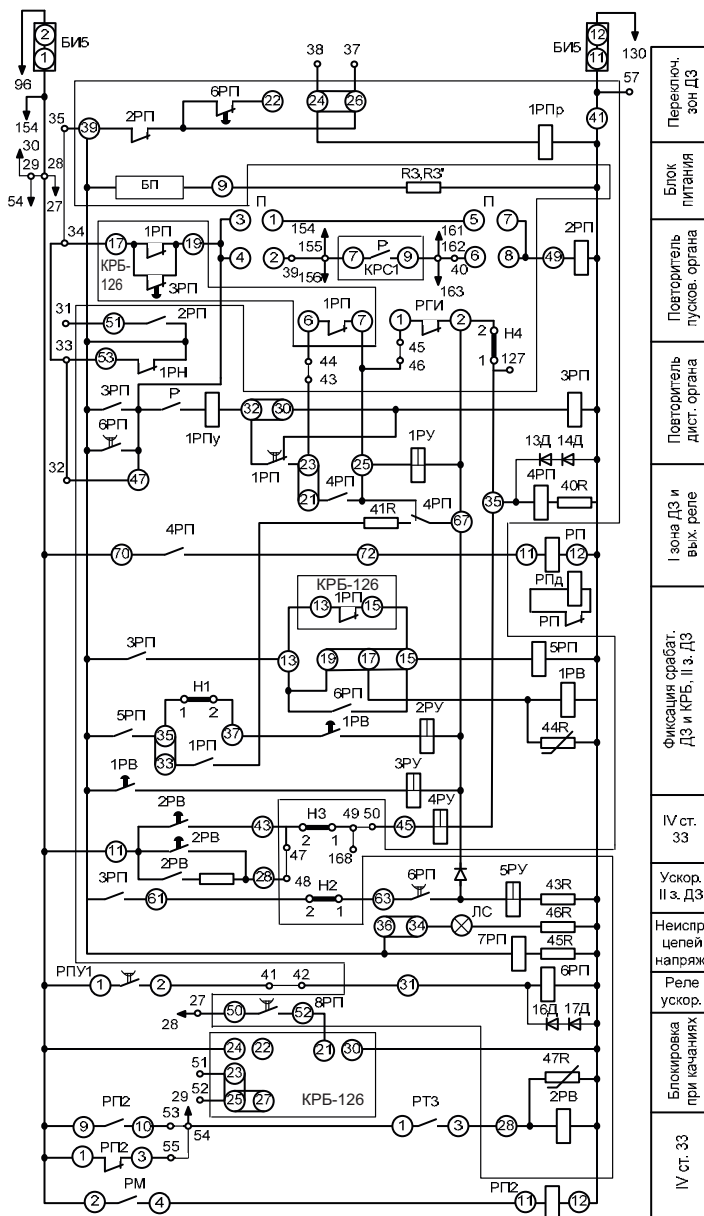


Рис. П2.6. Схема оперативных цепей защиты ЭПЗ-1636 II поколения (1-й комплекс)

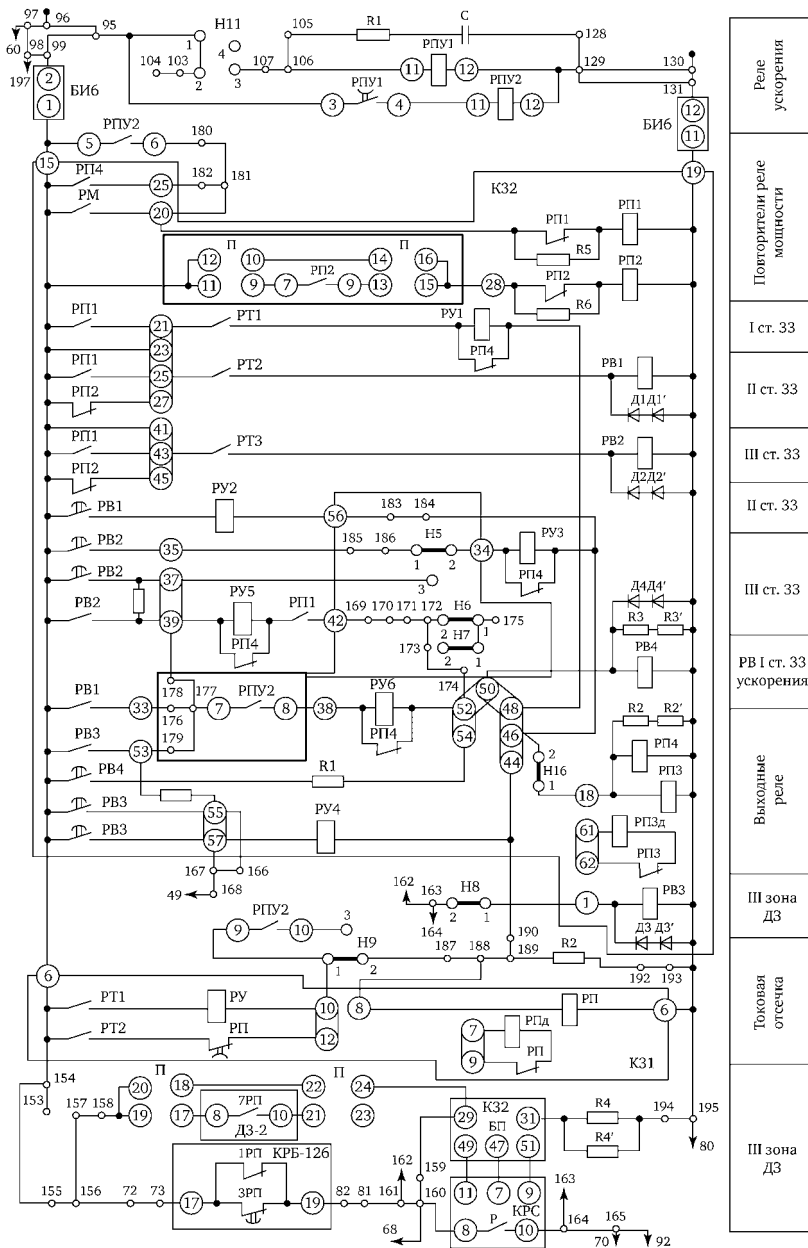


Рис. П2.7. Схема оперативных цепей защиты ЭПЗ-1636 II поколения (2-й комплекс)

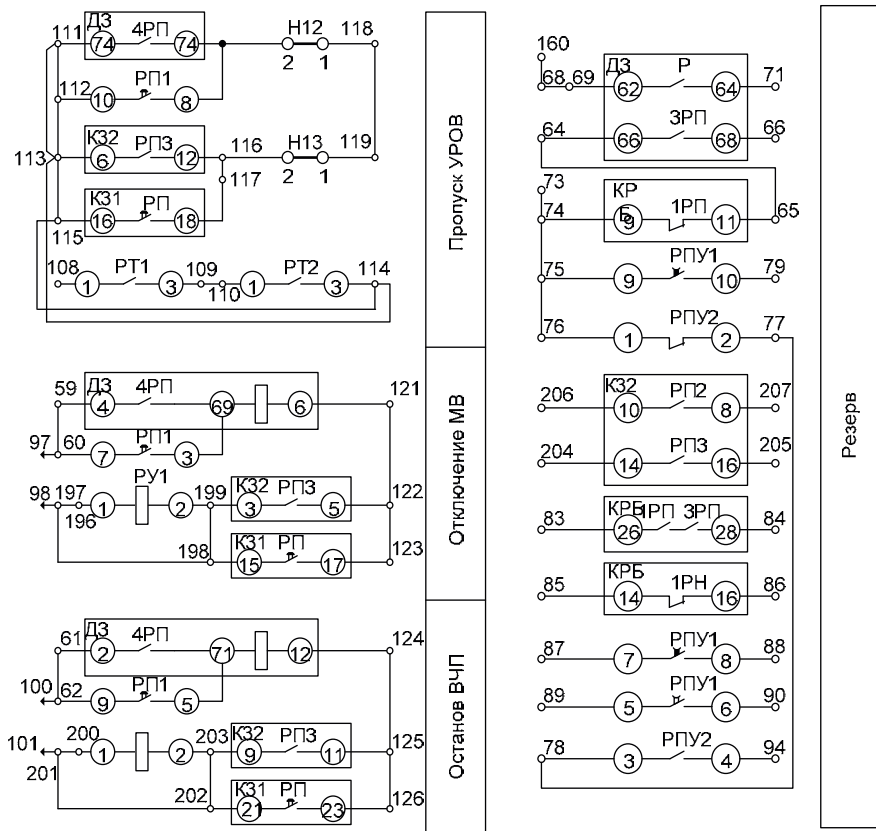


Рис. П2.8. Схема оперативных цепей защиты ЭПЗ-1636 II поколения (выходные цепи и резервные контакты)

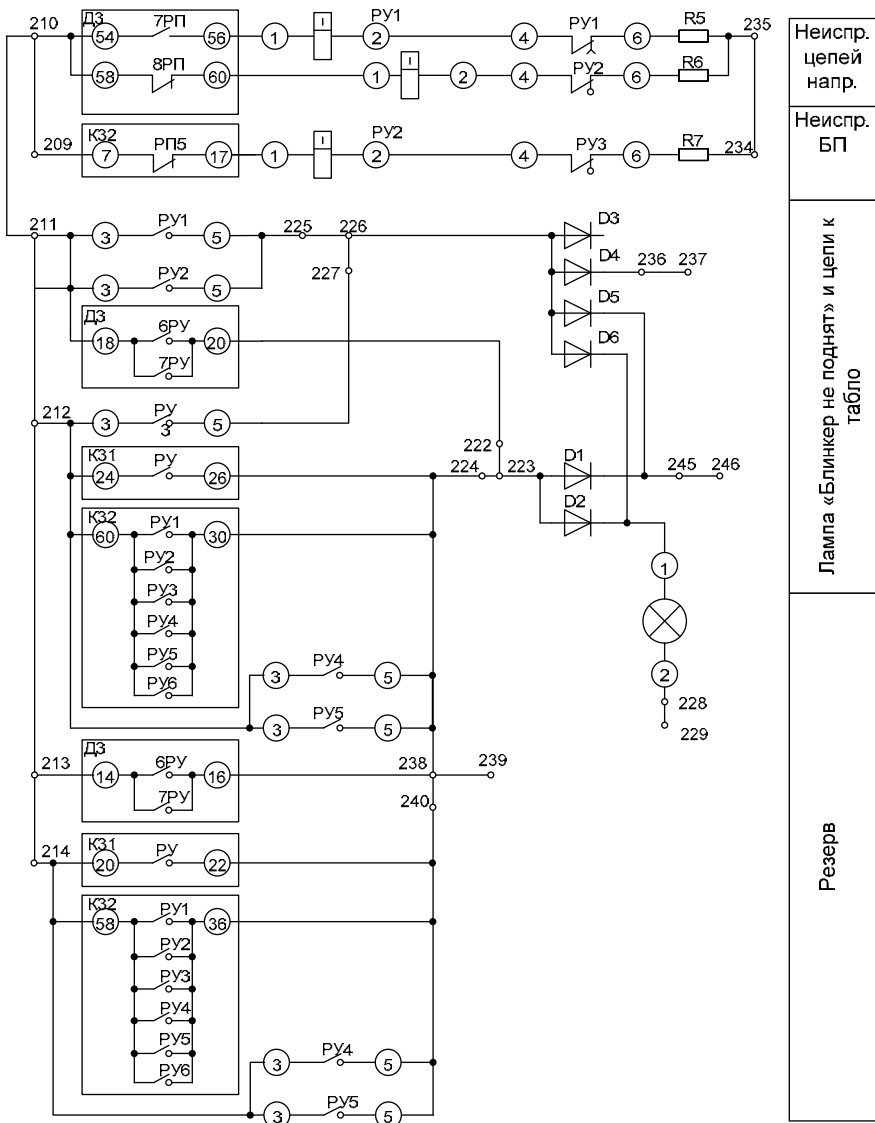


Рис. П2.9. Схема оперативных цепей защиты ЭПЗ-1636 II поколения (цепи сигнализации)

Приложение 3. Технические данные приборов серии РЕТОМ

Таблица ПЗ.1. Параметры прибора РЕТОМ-51

Параметр	Значения
<i>Источники тока</i>	
Число каналов	3
Диапазон изменения тока, А:	
в трехфазном режиме в каждом канале	0,05—35
в однофазном режиме	0,15—108
в режиме источника постоянного тока	0,1—15
Минимальный шаг изменения тока, мА	1,0
Выходная мощность каждого источника, В · А, не менее	500
<i>Источники напряжения</i>	
Число каналов	3
Диапазон изменения напряжения, В:	
в трехфазном режиме в каждом канале	0,05—120
в однофазном режиме	0,05—240
в режиме источника постоянного тока	0,05—320
Минимальный шаг изменения напряжения, мВ	10
Максимальная выходная мощность каждого источника, В · А	60
<i>Источники тока и напряжения</i>	
Промышленная частота, Гц	50
Стандартный диапазон изменения частоты, Гц:	20—70
Минимальный шаг изменения частоты в стандартном диапазоне, Гц	0,01
Расширенный диапазон изменения частоты, Гц	1—500
Минимальный шаг изменения частоты в расширенном диапазоне, Гц	0,1
<i>Аналоговые входы</i>	
Число	2

Параметр	Значения
Назначение	Измерение и осциллографирование напряжения постоянного и переменного тока
Общие характеристики	
Напряжение питания устройства от сети переменного тока частотой 50 Гц, В	220
Потребляемая мощность, ВА	2200
Условия эксплуатации	
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	5 ÷ 40
Дискретные входы	
Число	8
Тип	«Сухой контакт», транзисторный ключ, ТТЛ 15 В с допустимым значением напряжения постоянного тока определённой полярности на входе до 300 В
Дискретные выходы	
Число	4
Тип	Реле РЭК-51
Коммутационная способность при напряжении до 250 В, А	5

Таблица ПЗ.2. Параметры прибора РЕТОМ-61

Параметр	Значение
Источники тока	
Число каналов	6 независимых
Диапазон изменения тока, А	
в режиме двух трехфазных источников	0,010—15,000
в режиме одного трехфазного источника (два канала соединены параллельно)	0,010—30,000
в однофазном режиме (источники соединены параллельно)	0,030—90,000
в режиме постоянного тока (источники соединены параллельно)	0,010—30,000 (свыше 30—120)
Минимальный шаг изменения тока, мА	1,0
Максимальное выходное напряжение (амплитудное значение), В, не менее	32
Максимальная выходная мощность каждого источника, В·А, не менее	250,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения постоянного и переменного тока (действующее значение), А	$\pm(0,005X + 0,0001X_{\text{н}})$
Источники напряжения	
Число каналов	4 независимых (включая один с изолированной нейтралью)
Диапазон изменения напряжения, В	
в трехфазном режиме	0,03—135,00
в однофазном режиме (два источника соединены последовательно)	0,06—270,00
в режиме постоянного тока (два источника соединены последовательно)	0,09—380,00
Минимальный шаг изменения напряжения, мВ	10
Максимальная выходная мощность каждого источника, В·А, не менее	80
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного и постоянного тока, В	$\pm(0,004X + 0,00004X_{\text{н}})$
Дискретные входы	
Число	32

Параметр	Значение
Тип	«Сухой контакт», транзисторный ключ, ТТЛ 15 В с допустимым значением напряжения постоянного тока определённой полярности на входе до 300 В
Дискретные выходы	
Число	24
Тип	Реле РЭК-51
Общие характеристики	
Испытательное напряжение изоляции, В	1500
Питание устройства испытательного: напряжение, В частота, Гц потребляемая мощность, В·А, не более	220—22 (+44) 48—51 3200
Масса устройства, кг, не более	24
Габариты устройства (без ручки), мм, не более	525×490×165
Условия эксплуатации	
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	5—40
Относительная влажность воздуха при 25 °С, %, не более	80

Таблица ПЗ.3. Параметры прибора РЕТ-ТН

Параметр	Значение			
Входное напряжение на каждой фазе, В, не более	120			
Выходное напряжение на каждой фазе, В, не более	600			
Максимальная выходная мощность каждой фазы, В·А, не менее	60			
Выходное напряжение холостого хода при соответствующих коэффициентах K , K_d	$U_{вх} K K_d \pm 2\%$			
Коэффициент трансформации K^*	0,58	1	1,732	5
Добавочный коэффициент трансформации K_d	1,00; 1,05			
Номинальный ток нагрузки, А	0,5	0,5	0,3	0,1
Максимальный ток нагрузки, А, не более	1,2	1,2	0,7	0,3
Коэффициент жесткости нагрузочной характеристики блока, В/А, не более	1,5	12	30	200
Диапазон частот, Гц	45—185			
Погрешность передачи фазы на частоте 50 Гц, град, не более	1	1	1	2,5
Габариты, мм, не более	345×265×110			
Масса, кг, не более	9			
Диапазон температур окружающей среды, °С	-20 ÷ +50			

* У старых блоков вместо коэффициента трансформации $K=0,58$ указано значение 0,1.

Таблица ПЗ.4. Параметры прибора РЕТ-GPS

Параметр	Значение
Антенна	Активная GPS-антенна
Тип крепления	Магнитное основание
Длина кабеля, м	5
Питание	По основному кабелю от приемного модуля
Габариты приемного модуля, мм	125 × 70 × 35
Масса приемного модуля, в месте с антенным кабелем, кг	1,5
Питание	По межмодульному кабелю от модуля управления
Габариты модуля управления, мм	215 × 102 × 50
Длина межмодульного кабеля, м	30
Масса модуля управления, в месте с кабелем и блоком питания, кг	1,5
Количество каналов синхронизации, шт.	2
канал 1	Сигнал 1 Гц
канал 2	По абсолютному времени
Длительность импульса, мс	200, синхронизация по переднему фронту
Задержка сигнала, мкс, не более	0,5
Тип канала	Транзистор, ОК
Ток коммутации, мА, не более	40
Точность синхронизации двух блоков, мс	1
Порт управления блоком	USB
Питание:	
напряжение, В	12
ток потребления, мА, не более	700

Таблица ПЗ.5. Параметры прибора РЕТОМ-21

Параметр	Значение		
Источник 1. Выход «=U1». Регулируемое напряжение постоянного тока			
Диапазон регулирования напряжения, В	176—264		
Номинальная выходная мощность, Вт, не менее:	220		
Размах пульсаций напряжения при $U_{\text{вых}}=220$ В и номинальной выходной мощности, %, не более	1		
Защита выходной цепи от КЗ, перегрузки и внешнего напряжения	+		
Источник 2. Выход «~U2». Регулируемое напряжение переменного тока			
Диапазон работы (выбирается в меню)	10	65	250
Диапазоны регулирования выходного напряжения, В	0—10	0—65	0—250
Выходной ток, А, не более	10	1,5	0,6
Дискретность установки выходного напряжения, В, не более	0,01	0,08	0,3
Выходная мощность, В·А, не более	100*	100*	150*
Коэффициент нелинейных искажений, %, не более	1,0		
Диапазоны воспроизводимых частот, Гц	22—45	св. 45—55	св. 55—1000
Дискретность изменения частоты, Гц, не более	0,5	0,001	0,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения частоты в интервале от 45 до 55 Гц, Гц	±0,001		
Диапазон изменения фазы, град.	0—359,9		
Дискретность изменения фазы, град., не более	0,5		
Защита выходной цепи от КЗ, перегрузки и внешнего напряжения	+		
Источник 3. Выход «~U3». Регулируемые переменный ток или напряжение			
Положение переключателя	«~500 В, 4 А»	«~250 В, 8 А»	«~ 50 А, 40 В»
Диапазоны регулирования тока, А	0—8	0—16	0—100
Диапазоны регулирования напряжения, В	11—500	5,5—250	0,9—40
Выходная мощность, В·А, не менее:			
номинальная	2000		
в течение 1 мин	2500		

Продолжение табл. ПЗ.5

Параметр	Значение		
в течение 5 с	3600		
Номинальный ток (защита выходной цепи — терморерывателя), А	4,5	8	–

Источник 3. Выход «=U4». Регулируемое постоянное или выпрямленное напряжение

Положение переключателя	«= 250 В, 8 А»	
Пункт в меню работы для постоянного тока <i>Источника 3</i>	«Выпрям- ленный»	«Сглаженный»
Род тока	Выпрямленный	Постоянный
Диапазон регулирования напряжения, В	5,4—250	7,6—350
Диапазон регулирования тока, А	0—10	0—5
Отключаемый ток, А	8	1
Номинальная выходная мощность, Вт	2000	

Источник 3. Выход «~U5». Регулируемый переменный ток

Положение переключателя	«~200 А, 10 В»	
Диапазон регулирования напряжения, В	0—10	
Выходная мощность, В · А, не менее:		
номинальная	2000	
в течение 1 мин	2400	
в течение 5 с	3200	
в течение 1 с	4500	
Выходной ток, А, не менее:		
длительно	200	
в течение 1 мин	300	
в течение 5 с	500	
в течение 0,5 с	800	

**Источник 3. Выход «~U6». Регулируемое напряжение переменного тока
(выход ЛАТР)**

Диапазон регулирования выходного напряжения, В	0— 250
Максимальный ток, А, не менее:	
длительно	6

Параметр	Значение
в течение 1 мин	10
в течение 5 с	20
в течение 0,5 с	30

Амперметр

Пределы измерения тока, А	0,25	2,5	10	50	300
Разрешающая способность измерителя тока, А	0,0001	0,001	0,01	0,01	0,1
Минимальное время измерения тока, мс, не более	1				
Минимальное допустимое значение измеряемой величины, % предела, при измерении тока: <i>Источника 2 и РА</i>	5				
<i>Источника 3</i>	10				
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения тока, А: <i>для предела «250 мА»</i>	$\pm (0,015X + 0,0015X_k)$				
<i>для остальных пределов</i>	$\pm (0,01X + 0,001X_k)$				

Вольтметр

Пределы измерений напряжения, В	2,5	25	250	500
Разрешающая способность измерителя напряжения, В	0,001	0,01	0,1	0,1
Минимальное время измерения напряжения, мс, не более	1			
Минимальное допустимое значение измеряемой величины, % предела	10			
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения, В	$\pm [0,005X + 0,0005X_k]$			
Входное сопротивление вольтметра, кОм, не менее	500			

Частотомер

Диапазоны (пределы) измерения частоты, Гц	10—45	45—55	55—1000
Разрешающая способность измерения частоты, Гц	0,01	0,001	0,1
Минимально допустимый уровень сигнала при измерении частоты, мВ	50	20	50

Параметр	Значение		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты напряжения, Гц	$\pm 0,1$	$\pm 0,005$	$\pm 0,1$
Фазометр			
Диапазон измерения угла сдвига фаз, град.	0—359,9		
Разрешающая способность измерения фазы, град.	0,1		
Минимально допустимый уровень сигнала при измерении фазы:			
напряжение, мВ	20		
ток, мА	10		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла сдвига фаз по напряжению, град.	$\pm 0,5$		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла сдвига фаз по току, град.	$\pm 1,0$		
Условия эксплуатации			
Диапазон рабочих температур, °С	-20 ÷ +50		
Питание устройства:			
частота однофазной сети, Гц	45—65		
напряжение сети, В	187—264		

* Выходные сигналы с частотой ниже 40 и выше 200 Гц могут иметь меньшую мощность.

Примечания. 1. Ток свыше 300 А измеряется с помощью РЕТ-ДТ. 2. Угол сдвига фаз измеряется только в пределах отклонения частоты 45—55 Гц.

Таблица ПЗ.6. Параметры прибора РЕТОМ-6000

Параметр	Значение		
Режим «Мегаомметр»			
Испытательные напряжения постоянного тока	250 В; 500 В; 1 кВ; 2,5 кВ; 5 кВ		
Диапазоны измерения сопротивления при испытательном напряжении:			
250 В	100 кОм — 100 МОм		
500 В	200 кОм — 200 МОм		
1 кВ	400 кОм — 400 МОм		
2,5 кВ	1000 кОм — 1000 МОм		
5 кВ	2 МОм — 2000 МОм		
Разрешающая способность измерения сопротивления:			
до 1000 кОм	0,1 кОм		
свыше 1000 кОм	0,1 МОм		
Пределы допускаемой относительной погрешности установки испытательного напряжения в автоматическом режиме, %:			
для напряжения 250 В	+5; -10		
для напряжений 500 В; 1 кВ; 2,5 кВ; 5 кВ	±5		
Пределы допускаемой относительной основной погрешности измерения сопротивления, %	±5		
Максимальный ток (амплитудное значение), мА	2,5		
Длительность выдержки воспроизведения высокого напряжения (ручной режим), с	30, 60, 90, 180, 900		
Длительность выдержки воспроизведения высокого напряжения (автоматический режим), с	5, 10, 30, 45		
Разрешающая способность измерения времени, с	1		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения времени, с	±1		
Режим «Испытание изоляции»			
Источник высокого напряжения (выход)	~U2	=U3	~U4
Диапазон плавного регулирования выходного напряжения, кВ	0,1—3	0,2—6	0,2—6
Максимальный выходной ток, А	0,5	0,02	0,1
Диапазон измерений выходного напряжения, кВ	0,10— (0,30— 3,00)*	0,20 — (0,60— 6,00)*	0,20 — (0,60— 6,00)*

Продолжение табл. ПЗ.6

Параметр	Значение		
Пределы допускаемой относительной основной погрешности при измерении напряжения переменного тока синусоидальной формы частотой 50 Гц, %	±2		
Пределы допускаемой относительной основной погрешности при измерении напряжения постоянного тока с амплитудой пульсаций, не превышающей 5% установленного значения напряжения, %	±2		
Пределы допускаемой относительной основной погрешности при измерении переменного тока синусоидальной формы частотой 50 Гц, %	±1		
Установка заданных значений напряжений в автоматическом режиме, В	250, 500, 1000, 1250, 2500, 1500, 3000	1000, 1250, 1500, 2500, 3000, 3600, 3750, 4500, 5000, 6000	1000, 1250, 1500, 2500, 3000, 3600, 3750, 4500, 5000, 6000
Установка заданных значений тока утечки, мА	1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, «Прожиг 3 кВ»	1, 2, 5, 10, 20	1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100
Максимальная выходная мощность, В·А	1500**	120**	600**
Дискретность установки выходного напряжения, кВ, не более	0,01	0,02	0,02
Длительность выдержки воспроизведения высокого напряжения (ручной режим), с	30***, 60, 90, 180, 900, длительно****		
Длительность выдержки воспроизведения высокого напряжения (автоматический режим), с	1, 30, 60, 90, 180		
Разрешающая способность измерения времени, с	1		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения времени, с	±1		

Параметр	Значение	
Пределы допускаемой дополнительной погрешности при измерении напряжения и тока, обусловленной изменением температуры окружающей среды	Не более 0,5 предела основной погрешности на каждые 10 °С	
Режим «Снятие вольт-амперной характеристики»		
Источник высокого напряжения (выход)	~U1	
Диапазоны плавной регулировки выходного напряжения переменного тока (с частотой питающей сети), кВ	0,03—1,0	0,03—2,0
Максимальный выходной ток, А	2	1
Максимальная выходная мощность, В·А	2000*	
Дискретность установки выходного напряжения, кВ, не более	0,01	
Диапазон измерений выходного напряжения, кВ	0,03—(0,20—2,00)**	
Диапазон измерений переменного тока (с частотой питающей сети), мА	2—(100—2000)**	
Пределы допускаемой относительной основной погрешности при измерении напряжения переменного тока синусоидальной формы частотой 50 Гц, %	±2	
Пределы допускаемой относительной основной погрешности при измерении силы переменного тока синусоидальной формы частотой 50 Гц, %	±1	
Дополнительные функции		
Номинальный ток защиты входной цепи — терморывателя, А	10	
Возможность блокировки пуска устройства от датчика закрытия двери защитного ограждения	Есть	
Возможность экстренного отключения высокого напряжения	Есть	
Снятие остаточного напряжения с объекта испытания после проведения испытания	Есть	
Фиксация измеряемых параметров в момент пробоя, окончания счета таймера, после нажатия кнопки «Стоп»	Есть	
Индикация наличия высокого напряжения на высоковольтных гнездах	Есть	

Параметр	Значение
Звуковые сигналы наличия высокого напряжения, пробоя, окончания счета таймера, превышения предельного значения	Есть
Общие технические данные	
Степень защиты по ГОСТ 14254—96: оболочки выходных клемм	IP67 IP40
Требования безопасности по ГОСТ Р 52319—2005: изоляция степень загрязнения микросреды	Основная 2
Способ защиты человека от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0—75	Класс I
Испытательное переменное напряжение 50 Гц электрической прочности изоляции, В: цепей сетевого питания относительно корпуса высоковольтного выхода «~U4» относительно цепей сетевого питания/корпуса	1500 6600
Сопrotивление изоляции между корпусом и гальванически изолированными токоведущими частями устройства, МОм, не менее	20
Класс оборудования по ЭМС (в соответствии с ГОСТ Р 51522—99)	A
Потребляемая мощность, В·А, не более	2200
Масса устройства, кг, не более	35
Габариты устройства, мм, не более:	540×460×300

* В скобках указан диапазон с нормируемыми метрологическими характеристиками.

** При номинальном напряжении питания.

*** Параметр устанавливается по умолчанию.

**** Параметр в режиме «Прожиг 3 кВ».

Таблица ПЗ.7. Параметры прибора РЕТОМЕТР-М2

Параметр	Значение		
<i>Измерение напряжения</i>			
Число измерительных каналов	3		
Диапазон частот измеряемого напряжения переменного тока, Гц	40—80		
Входное сопротивление, МОм, не менее	1		
<i>Основной канал — «U1»</i>			
Род тока	Переменный/постоянный		
Диапазоны измерений напряжения канала U1, В	0,060— 6,000	6,00— 60,00	60,0— 750,0
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения, В	$\pm(0,005X + 0,003)$	$\pm(0,005X + 0,03)$	$\pm(0,005X + 0,3)$
<i>Дополнительные каналы — «U2» и «U3»</i>			
Род тока	Переменный		
Диапазоны измерений напряжения каналов U2 и U3, В	0,060— 6,000	6,00— 60,00	60,0 — 750,0
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения, В	$\pm(0,01X + 0,005)$	$\pm(0,01X + 0,05)$	$\pm(0,01X + 0,5)$
<i>Измерение тока</i>			
Число измерительных каналов	3		
Род тока	Переменный		
Диапазон частот измеряемого переменного тока, Гц	45—65		
Диапазон измерений переменного тока промышленной частоты (используется клещевая приставка из комплекта поставки), А	0,04—40		
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения переменного тока, А, для поддиапазонов:			
от 0,040 до 0,400 А	$\pm(0,02X + 0,003)$		
от 0,400 до 6,000 А	$\pm(0,015X + 0,003)$		
от 6,00 до 20,00 А	$\pm(0,015X + 0,03)$		
от 20,00 до 40,00 А	$\pm(0,02X + 0,03)$		
Диапазон изменения входного напряжения для каналов I1, I2, I3 (в режиме «РЕТ-ДТ»), В	0,3—3		

Параметр	Значение
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерения по каналам I1, I2, I3 при использовании их в режиме «РЕТ-ДТ» (без учета погрешности измерения РЕТ-ДТ), В	$\pm (0,005X + 0,009)$
Измерение частоты	
Диапазон измерений частоты напряжения, Гц	40—80
Диапазон напряжения переменного тока, В	0,6—750
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения, Гц	$\pm 0,01$
Измерение угла сдвига фаз	
Диапазон измерений угла сдвига фаз между напряжением и напряжением, током и током, напряжением и током, град.	$-180 \div +180$
Диапазон частот измеряемых сигналов, Гц	45—55
Диапазон напряжения переменного тока, В	0,06—750
Диапазон переменного тока (для клещевой приставки из комплекта поставки), А	0,04—40
Пределы допускаемой абсолютной основной приведенной погрешности измерения угла сдвига фаз, град.: <ul style="list-style-type: none"> • между напряжением и напряжением (между входами $U1, U2, U3$) для поддиапазонов: <ul style="list-style-type: none"> от 0,06 до 0,6 В $\pm 1,8$ от 0,6 до 750 В $\pm 0,5$ • между напряжением и током (между входами $I1$ и $I2, I3$) для поддиапазонов: <ul style="list-style-type: none"> от 0,04 до 0,2 А $\pm 3,6$ от 0,2 до 40 А $\pm 1,5$ • между током и током (между входами $I1$ и $I3$) для поддиапазонов: <ul style="list-style-type: none"> от 0,04 до 0,2 А $\pm 5,0$ от 0,2 до 40 А $\pm 2,5$ 	

Параметр	Значение
Дополнительные функции	
Возможность проведения измерения трехфазной векторной диаграммы напряжения и тока	Есть
Возможность проведения измерения прямой, обратной и нулевой последовательностей трехфазного сигнала	Есть
Расчет однофазной мощности по измеренному напряжению и току (полная, активная или реактивная)	Есть
Диапазон отображаемых значений, В·А, Вт, вар, кВ·А, кВт, квар	0,001—999,9
Расчет сопротивления по измеренному напряжению и току (полное, активное или реактивное с учетом знака)	Есть
Диапазон отображаемых значений, Ом, кОм	0,001—999,9
Проверка целостности проводника	В режиме «Прозвонка»
Пороговое значение сопротивления в режиме «Прозвонка», Ом	10±2
Проверка полярности обмоток трансформаторов	Есть
Общие характеристики	
Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения напряжения и переменного тока от изменения температуры окружающего воздуха на 10 °С	±(0,5 основной погрешности)
Масса прибора (без клещевой приставки, без токовой петли, без чехла), кг, не более	0,5
Масса комплекта (с тремя клещевыми приставками из комплекта поставки, чехлом, сумкой, блоком питания, измерительными щупами и ЗИП), кг, не более	3
Габариты (без чехла), мм, не более	110×195×45
Габариты (в сумке), мм, не более	270×173×130
Время непрерывной работы от полностью заряженного аккумулятора, ч, не менее	20
Условия эксплуатации	
Диапазон рабочих температур, °С	-20÷+40
Нормальная температура, °С	20±5
Температура транспортирования, °С	-50÷+50

Параметр	Значение
Температура хранения, °С	5—40
Относительная влажность воздуха при 25 °С, %, не более	80
Высота над уровнем моря, м, не более	2000

Примечания:

1. В диапазоне от 0,0 до 0,06 В погрешность не нормируется. Индикаторный режим.
2. В диапазоне от 0,0 до 40 мА погрешность не нормируется. Индикаторный режим.
3. В диапазоне от 0,06 до 0,6 В абсолютная погрешность измерения частоты, не более $\pm 0,1$ Гц.
4. В формулах основной погрешности принято обозначение: X — измеренное значение параметра.

Список литературы

1. **Типовая** инструкция по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций: РД 34.35.302—90. М.: СПО ОРГРЭС, 1991.
2. **Правила** технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110—750 кВ: РД 153-34.0-35.617—2001. 3-е изд., перераб. и доп. М.: СПО ОРГРЭС, 2001.
3. **Единые** формы протоколов проверки при новом включении устройств релейной защиты и электроавтоматики. Вып. 1—3. М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.
4. **Инструкция** по проверке трансформаторов напряжения и их вторичных цепей. М.: СПО Союзтехэнерго, 1979.
5. **Инструкция** по наладке и проверке релейной части дифференциально-фазной высокочастотной защиты типа ДФЗ-2. М.: БТИ ОРГРЭС, 1965.
6. **Инструкция** по наладке и эксплуатации дистанционных защит ПЗ-2/2 и ПЗ-2/1. М.: СПО ОРГРЭС, 1977.
7. **Методические** указания по техническому обслуживанию реле максимального тока РТ-80, РТ-90: МУ 34-70-036—83. М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.
8. **Методические** указания по техническому обслуживанию реле мощности обратной последовательности РМОП-2: МУ 34-70-046—83. М.: СПО Союзтехэнерго, 1983.
9. **Методические** указания по техническому обслуживанию фильтр-реле РНФ-1М и РНФ-2: МУ 34-70-021—82. М.: СПО Союзтехэнерго, 1982.
10. **Методические** указания по техническому обслуживанию

промежуточных реле РП8, РП9, РП11, РП12.РП16, РП17, РП18, РВ01, РВ03, РСВ13, РСВ14: РД 153-34.0-35.647—99. М.: СПО ОРГРЭС, 2000.

11. **Методические** указания по техническому обслуживанию реле тока РСТ11-РСТ14, реле напряжения РСН14-РСН17 и РСН11, РСН12, РСН18: РД 34.35.644-97. М.: СПО ОРГРЭС, 1998.

12. **Методические** указания по техническому обслуживанию реле РСН-13-1: РД 153-34.0-35.646—97. М.: СПО ОРГРЭС, 1999.

13. **Чернобровов Н. В.** Релейная защита. — 5-е изд. М.: Энергия, 1974.

14. **Эксплуатационный циркуляр Ц-04-89(Э)** «О повышении надежности работы защит ЭПЗ-1636-67, ДФЗ-201, ДФЗ-503, ДФЗ-504 с нуль-индикаторами на интегральных микросхемах».

15. **Правила** технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской федерации: РД 34.20.501—95. — 15-е издание, переработанное и дополненное. М.: СПО ОРГРЭС, 1996.

16. **Сборник** директивных материалов по эксплуатации энергосистем: Электротехническая часть / Минэнерго СССР. — 2-е издание, переработанное и дополненное. Ч. 1. М.: Энергоиздат, 1981.

17. **Удрис А.П.** Панель релейной защиты типа ЭПЗ-1636 для ВЛ 110—220 кВ. М.: НТФ Энергопрогресс, 2000 [Библиотека электротехника, вып. 6 (18)].

18. **Дорохин Е.Г., Дорохина Т.Н.** Основы эксплуатации релейной защиты и автоматики. Краснодар: ОАО «Издательство «Советская Кубань», 2006.

19. **РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М.** Универсальная испытательная система для релейной защиты / Техническое описание и инструкция для пользователей 13.092.133.1 ТО. Чебоксары: НПО «Динамика».

20. **ЭПЗ-1636.** Программа автоматической проверки / Техническое описание и инструкция для пользователей 13.092.133.2 ТО. Чебоксары: НПП «Динамика»

21. **РЕТОМ-51.** Комплекс программно-технический измерительный / Руководство по эксплуатации БРГА.44132.3003 РЭ. Чебоксары: НПП «Динамика».

22. **Специальная программа** «Проверка панели ЭПЗ-1636» / Руководство по эксплуатации 13092133.015.01 РЭ. Чебоксары: НПП «Динамика».

Содержание

Предисловие	3
Глава 1. Панель ЭПЗ-1636	6
1.1. Общие вопросы	6
1.2. Назначение и составные части панели ЭПЗ-1636	7
1.3. Краткое описание принципа работы реле сопротивления	9
1.4. Устройства блокировки при качаниях	20
1.5. Устройство блокировки при неисправности цепей напряжения ..	21
1.6. Токовая защита	25
Глава 2. Проверка и настройка защиты	26
2.1. Общие вопросы	26
2.2. Проверка, настройка и регулировка реле	27
2.3. Магнитоэлектрические реле	33
2.4. Проверка элементов постоянного тока	35
2.5. Проверка настройки частотных фильтров	40
2.6. Проверка устройства блокировки при качаниях КРБ-126	42
2.7. Проверка реле сопротивления	50
2.8. Настройка реле сопротивления комплекта КРС-1	54
2.9. Настройка реле сопротивления комплекта ДЗ-2	60
2.10. Проверка токовых реле УРОВ типа РТ-40/Р	62
2.11. Проверка блокировки при неисправностях в цепях напряжения	69
2.12. Проверка фильтра тока обратной последовательности КРБ-126 ..	70
Глава 3. Программа проверки панели ЭПЗ-1636	76
3.1. Назначение программы	76
3.2. Общие сведения о работе программы	77
3.3. Главное окно программы. Параметры панели	79
3.3.1. Назначение кнопок панели инструментов	81
3.3.2. Строка Меню	81

3.4. Проверка комплекта ДЗ-2	83
3.4.1. Проверка реле сопротивления	83
3.4.2. Выбор условий проверок РС	83
3.4.3. Подключение	85
3.4.4. Пуск проверки и ее результаты	85
3.4.5. Алгоритмы проверки РС	87
3.5. Проверка блокировки при неисправности цепей напряжения	91
3.5.1. Алгоритмы проверки БНН	96
3.6. Проверка КРС-1	98
3.6.1. Проверка реле сопротивления	99
3.6.2. Задание условий проверок РС	99
3.6.3. Подключение	101
3.6.4. Алгоритмы проверки	101
3.7. Проверка блокировки при качаниях КРБ-126	104
3.7.1. Задание уставок	105
3.7.2. Задание условий проверок РС	106
3.7.3. Подключение	109
3.7.4. Алгоритмы поиска параметров	109
3.8. Быстрая проверка КРБ-126	115
3.8.1. Общее описание режима быстрой проверки	115
3.8.2. Задание параметров быстрой проверки	116
3.8.3. Схема проверки	116
3.8.4. Алгоритмы проверки	116
3.9. Проверка блокировки при качаниях КРБ-125	121
3.9.1. Задание уставок	122
3.9.2. Задание условий проверки	123
3.9.3. Подключение	123
3.9.4. Алгоритмы проверки	125
3.10. Проверка реле направления мощности	128
3.10.1. Задание уставок	128
3.10.2. Задание условий проверки	128
3.10.3. Подключение	130
3.10.4. Алгоритмы проверки	133
3.11. Проверка реле тока ТЗНП	135
3.11.1. Алгоритм проверки	136
3.12. Проверка реле тока междуфазной отсечки (комплект КЗ-9)	138
3.12.1. Алгоритм проверки	139
3.13. Проверка реле тока для УРОВ (РТ-40/р)	140
3.13.1. Алгоритмы проверки	142
3.14. Проверка промежуточных реле	142
3.14.1. Проверка напряжений срабатывания и возврата	143
3.14.2. Проверка тока и напряжения удерживания реле	144
3.14.3. Проверка времён срабатывания и возврата	144
3.14.4. Указания по подключению прибора	145
3.15. Комплексная проверка панели ЭПЗ-1636	151

Глава 4. Проверка панели ЭПЗ-1636 с помощью программ стандартного пакета	156
4.1. Общие положения	156
4.1.1. Подключение к панели	156
4.1.2. Блок РЕТ-ТН	156
4.1.2. Блок РЕТ-10	158
4.1.3. Временная диаграмма	159
4.1.4. Дискретные выходы	161
4.2. Проверка ТНЗНП и токовой отсечки	163
4.2.1. Органы управления	164
4.2.2. Окно задания условий	166
4.2.3. Протокол	169
4.2.5. Работа с программой	169
4.2.4. Рекомендации при проверке ЭПЗ-1636	171
4.3. Проверка дистанционной защиты	172
4.3.1. Органы управления	172
4.3.2. Окно задания условий	174
4.3.3. Настройка возврата блокировки при качаниях	178
4.3.4. Комплексная проверка дистанционной защиты	179
4.3.5. Быстрое тестирование характеристики реле сопротивления	181
4.3.6. Быстрая проверка реле сопротивления	184
4.3.7. Ручной режим	185
4.6. Проверка устройства блокировки при качаниях КРБ-126	186
4.6.1. Поиск $I_{2\text{ср}}$ и $I_{2\text{вз}}$ без торможения	187
4.6.2. Заглубление уставки по I_2 на 5-й гармонике	189
4.6.3. Проверка тока срабатывания и возврата $3I_0$ без торможения	189
4.6.4. Поиск $I_{2\text{ср}}^r$ и $I_{2\text{вз}}^r$ с торможением	191
4.6.5. Проверка комплексного тока срабатывания	192
4.6.6. Проверка уставки реле напряжения К4	193
4.6.7. Проверка времени фиксации пуска	193
4.6.8. Проверка времени разрешения работы ДЗ	194
4.6.9. Проверка времени запрещения работы ДЗ	195
4.7. Проверка устройства блокировки при неисправностях в цепях напряжения (КРБ-12)	195
4.8. Проверка других реле	197
Заключение	198
Глава 5. Устройства серии РЕТОМ	199
5.1. Программно-аппаратный комплекс РЕТОМ-51	200
5.2. Прибор РЕТОМ-61	205
5.3. Блок однофазного преобразователя тока РЕТ-10	207
5.4. Блок трехфазного преобразователя РЕТ-ТН	210
5.5. Блок расширения дискретных входов и выходов РЕТ-64/32	212
5.6. Блок временной синхронизации РЕТ-GPS	216
5.7. Прибор РЕТОМ-21	220

5.8. Устройство РЕТОМ-6000	225
5.9. Прибор РЕТОМЕТР-М2	227
Заключение	230
Приложение 1. Технические данные панели ЭПЗ-1636.....	232
Приложение 2. Схемы электрические принципиальные ЭПЗ-1636.....	235
Приложение 3. Технические данные приборов серии РЕТОМ.....	244
Список литературы	262

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Производственно-практическое издание

ДОРОХИНА ТАТЬЯНА НИКОЛАЕВНА
ЗАЙЦЕВ БОРИС СЕРГЕЕВИЧ
ЩУКИН СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ
ШАЛИМОВ АЛЕКСАНДР СТАНИСЛАВОВИЧ

**Проверка панели ЭПЗ-1636 с помощью
прибора РЕТОМ-51(61)**

Редакторы: *Л. Л. Жданова, Н. В. Ольшанская*
Компьютерная верстка и художественное
оформление *В. В. Дёмкин*

Подписано в печать с оригинал-макета 00.12.2012.
Формат 60×88/16. Бумага офсетная № 1.
Усл.-печ. л. 16,75. Уч.-изд. л. 16,83. Тираж 500 экз.

ООО «Издательство Машиностроение»
107076, Москва, Стромьинский пер., 4
www.mashin.ru

Отпечатано в типографии ООО «Галлея-принт»

ISBN 978-5-94275-687-1



Специальные программы автоматической проверки



Уже более 8 лет наше предприятие выпускает испытательный комплекс PETOM-51 для проверки сложных устройств релейной защиты и автоматики. За это время специалисты на практике оценили преимущества, которые дает им использование специальных программ, позволяющих производить проверку определенных типов устройств релейной защиты в автоматическом режиме:

- в 3-4 раза сокращается продолжительность работ;
- многократно уменьшаются трудозатраты;
- 100% достоверный результат;
- автоматически формируется протокол испытаний без участия пользователя;
- автоматический анализ результатов испытаний с оценкой погрешности.

В настоящее время специалистами НПП «Динамика» разработано более 60 программ:

- проверка шкафа защиты линии и автоматики управления линейным выключателем типа ШЭ 2607 011021 (012021), ШЭ 2607 011 (012), 011011 (012012);
- проверка шкафа защиты присоединения и автоматики управления обходным выключателем типа ШЭ 2607 013022 (014022), 013 (014);
- проверка шкафа дистанционной и токовой защит линии ШЭ 2607 021 (021 021);
- проверка шкафа защит присоединений для обходного выключателя ШЭ 2607 022;
- проверка шкафа направленной ВЧ защиты линии типа ШЭ 2607 031;
- проверка шкафа дифференциально-фазной защиты линии ШЭ 2607 081;
- проверка микропроцессорного устройства дистанционной защиты SIPROTEC 7SA522;
- проверка многофункционального устройства защиты с функциями местного управления SIPROTEC 7SJ64;
- проверка терминала управления присоединением высокого и сверхвысокого напряжения SIPROTEC 6MD66x;
- проверка устройства дистанционной защиты MiCOM P437;
- проверка устройства дистанционной защиты MiCOM P435;
- проверка панелей типа ЭПЗ 1636-67 всех исполнений;
- проверка шкафа ШДЭ 2801 (02)
- проверка панели ВЧ-направленной защиты линий ПДЭ 2802
- проверка панели защит ДФЗ-201;
- проверка устройства микропроцессорной защиты Sepam 1000+ M41;
- проверка устройства МП защиты Sepam 1000+ S40 (41,42);
- проверка МП терминала F650;
- проверка систем возбуждения генераторов;
- проверка комплектного устройства защиты и автоматики линий 6-35 кВ SPAC 810-Л;

- проверка МП реле МП 700;
- проверка комплектного устройства защиты и автоматики линий 6-35 кВ TOP 200-Л;
- проверка терминала защиты, автоматики и управления линии типа БЭ2502А01ХХ;
- проверка МП блока релейной защиты воздушных или кабельных линий 6/10/35 кВ БМРЗ-КЛ-05;
- проверка МП блока релейной защиты БМРЗ-ДЗ;
- проверка МП терминала Сириус-М;
- проверка МП терминала Сириус-2-МЛ (21-МЛ);
- проверка устройства МП защиты 6-35 кВ Сириус-2-Л (21-Л);
- проверка устройства МП защиты 6-35 кВ Сириус-2-С (21-С);
- проверка комплектного устройства защиты и автоматики TOP 100-НТЗ 21(61);
- проверка МП терминала SPAC-801;
- проверка устройства МП защиты Sepam 1000+ S20;
- проверка устройства МП защиты сборных шин Sepam 1000+ B21;
- проверка устройства МП защиты сборных шин Sepam 1000+ B22;
- проверка устройства МП защиты трансформаторов Sepam 1000+T40;
- проверка устройства МП защиты трансформаторов Sepam 1000+T20;
- проверка МП устройства релейной защиты и автоматики УЗА-10А.2;
- проверка МП устройства защиты, автоматики, контроля и управления присоединений 6-35 кВ МРЗС-05;
- проверка МП терминала ТЭМП 2501-1Х;
- проверка МП блока релейной защиты и автоматики БЭМП 1-01;
- графическое задание сигналов токов и напряжений любой формы;
- проверка устройств АЧР и ЧАПВ;
- проверка устройств АПВ (моделирование сигналов токов и напряжений в циклах АПВ);
- проверка дифференциальных реле серии ДЗТ;
- проверка дифференциальных реле серии РНТ;
- проверка реле максимального тока РС 80 М2-11, 12, 13, 14, 18;
- проверка приборов-определителей места повреждения (ОМП);
- проверка железнодорожной защиты серии УЭЗФМ;
- проверка счетчиков электроэнергии;
- проверка реле направления мощности (РНМ) серии РБМ, РМ;
- проверка комплекта реле сопротивлений КРС 1;
- проверка комплекта дистанционной защиты ДЗ 2;
- проверка реле напряжения РН-53;
- проверка реле напряжения РН-54;
- проверка реле сдвига фаз РН-55;
- проверка реле тока УРОВ РТ-40/Р;
- проверка реле максимального тока РТ 40;
- проверка и настройка автосинхронизаторов типа АС-М (АС-М2, «Спринт», СА-1 и т.п.);
- проверка устройства блокировки при качаниях КРБ 126;
- проверка устройства блокировки при качаниях КРБ 125;
- проверка реле тока обратной последовательности РТФ;
- проверка защит с использованием RИО-данных;
- проверка реле напряжения РН-58.

Перечень специальных программ для автоматической проверки постоянно расширяется!