SCAN DJAU

biblem elektromonter

Библиотечка электротехника

А. П. Кузнецов, В. Ю. Лукоянов,
А. Н. Бирг, В. Н. Димитриев,
В. А. Герасимов, С. А. Кузьмин

СОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ
ЭНЕРГЕТИК

Библиотечка электротехника

— приложение к журналу "Энергетик"

План выпусков

Первая половина 2001 г.

Курбангалиев У. К. **Самозапуск двигателей собственных нужд электростанций.**

Овчинников В. В. **Автоматическое повторное включение.**

Кузнецов А. П., Лукоянов В. Ю. и др. **Современные испытательные устройства для релейной защиты и автоматики.**

Вихров М. А., Кузьмин А. В., Милованов С. В. **Тепловой неразрушающий контроль в энергетике.**

Шабад М. А. **Защита генераторов малой и средней мощности.**

Шуин В. А., Гусенков А. В. **Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6 – 10 кВ.**

Вторая половина 2001 г.

Шкарин Ю. П. **Высокочастотные тракты каналов связи по линиям электропередачи.**

Безчастнов Г. А., Красильников А. М. и др. **Контроль состояния изоляции электрических машин.**

Овчаренко Н. И. **Аналоговые элементы комплексов релейной защиты и автоматики энергосистем.**

Конюхова Е. А., Киреева Э.А. **Надежность электроснабжения промышленных предприятий.**

Таубес И. Р., Удрис А. П. **Использование реле ДЗТ-21 и ДЗТ-23 для защиты трансформаторов.**

Иноземцев Е. К. **Ремонт высоковольтных электродвигателей электростанций** (две части).

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении связи по объединенному каталогу **"ПРЕССА РОССИИ". Том 1. Российские и зарубежные газеты и журналы.**

Индексы "Библиотечки электротехника"

— приложения к журналу "Энергетик"

88983 — для предприятий и организаций;

88982 — для индивидуальных подписчиков.

Библиотечка электротехника

— приложение к журналу "Энергетик"

Основана в июне 1998 г.

Выпуск 3(27)

А. П. Кузнецов, В. Ю. Лукоянов,
А. Н. Бирг, В. Н. Димитриев,
В. А. Герасимов, С. А. Кузьмин

СОВРЕМЕННЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Москва
НТФ "Энергопрогресс", "Энергетик"
2001

УДК 621.316.925
ББК 31.27-05
К 89

Главный редактор журнала "Энергетик" А. Ф. ДЬЯКОВ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

"Библиотечки электротехника"

В. А. Семенов (*председатель*), И. И. Батюк (*зам. председателя*), Б. А. Алексеев, К. М. Антипов, Г. А. Безчастнов, А. Н. Жулев, В. А. Забегалов, В. Х. Ишкин, Ф. Л. Коган, В. И. Кочкарев, Н. В. Лисицын, Л. Г. Мамиконянц, Л. Ф. Плетнев, В. И. Пуляев, Ю. В. Усачев, М. А. Шабад

Авторы: **Кузнецов А. П.** (гл. 1), **Лукоянов В. Ю.** (гл. 1), **Бирг А. Н.** (гл. 2, 3), **Димитриев В. Н.** (гл. 2, 3), **Герасимов В. А.** (гл. 2, 3), **Кузьмин С. А.** (гл. 2, 3)

К 89 Современные испытательные устройства для релейной защиты и автоматики. — М. НТФ "Энергопрогресс", 2001. — 80 с.; ил. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу "Энергетик ; Вып. 3(27)].

Приведено техническое описание и характеристики испытательных устройств "Сатурн-М", "Сатурн-М1", испытательной системы "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" и испытательного прибора "РЕТОМ-11". Рассмотрены методы работы с испытательными устройствами для проверки электрических характеристик автоматических выключателей присоединений 380/220 В и средств РЗА присоединений 6 – 750 кВ. Приведены методы экспериментального определения значений токов КЗ в сетях 380/220 В переменного тока и в сетях 220 В постоянного тока.

ISSN 0013-7278 © НТФ "Энергопрогресс", "Энергетик", 2001

Предисловие

Надежность работы устройств релейной защиты и автоматики в значительно степени определяется качеством их первичной наладки и проверки характеристик в условиях эксплуатации.

В настоящее время во многих ЭЭС практически отсутствуют специализированные комплектные испытательные устройства для проверки автоматических выключателей (АВ) присоединений 0,4 кВ и средств релейной защиты (РЗ) присоединений 6 – 35 кВ. Прекращен выпуск установок типа УПЗ, У5050, ЭУ5000 для проверки сложных устройств РЗА сетей 110 – 750 кВ.

В таких условиях ЭЭС испытывают определенные трудности, связанные с нехваткой проверочных установок, и, как следствие, с выполнением графика и объема технического обслуживания устройств РЗА.

Для проверки АВ с большими номинальными токами часто используются громоздкие нагрузочные трансформаторы (НТ) с токопроводами большого сечения и специальные источники питания. Проверка устройств РЗА осуществляется при длительном отключении оборудования и сопряжена с большими трудозатратами эксплуатационного персонала.

АО "Фирма ОРГРЭС" совместно с НПФ "Радиус" разработала специализированные испытательные устройства "Сатурн-М" и "Сатурн-М1". Эти устройства позволяют производить проверку электрических характеристик АВ и средств РЗ непосредственно от сети 0,4 кВ без применения НТ и обеспечивают уставку заданного значения тока с помощью управляемых тиристоров.

"Сатурн-М" обеспечивает возможность проверки характеристик АВ непосредственно от электросети без НТ при значениях тока до 2,5 кА, позволяет производить проверку АВ с электромагнитными расцепителями и РЗ с малыми выдержками времени в автоматическом режиме при задании значений тока и времени оператором, обеспечивает возможность проверки в автоматическом режиме тепловых расцепителей АВ и РЗ с выдержками вре-

мени до 100 с. "Сатурн-М1" дополнительно содержит силовой блок, позволяющий расширять диапазон токов до 12000 А, получаемых непосредственно от электросети, без НТ. Оба устройства снабжены встроенной системой автоматического контроля работоспособности и автоматической блокировкой, предотвращающей возможность ошибочного задания параметров оператором. Рекомендованы для применения Департаментом науки и техники РАО "ЕЭС России" (Циркуляр № Ц-02-96 от 19.02.96).

НПП "Динамика" является разработчиком и изготовителем компьютерных испытательных систем "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" для автоматизированной проверки сложных устройств РЗА и портативных электромеханических приборов "РЕТОМ-11" для проверки простых реле.

Испытательная система "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" в сочетании с ПЭВМ типа Notebook поднимает на принципиально новый уровень качество и объективность выполнения проверочных работ на сложных панелях и в шкафах РЗА.

Портативный мощный испытательный прибор "РЕТОМ-11" является современной альтернативой устаревшим и громоздким устройствам класса У5050 и ЭУ5000. Два этих устройства, выпускаемые НПП "Динамика", органично дополняют друг друга, позволяют проверять практически все устройства РЗА сети 0,4 – 750 кВ.

Брошюра написана коллективом авторов, материал распределился следующим образом: глава 1 написана А. П. Кузнецовым и В. Ю. Лукояновым, главы 2 и 3 — А. Н. Биргом, В. Н. Димитриевым, В. А. Герасимовым, С. А. Кузьминым.

Замечания и пожелания по брошюре просим направлять по адресу: 109280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23. Редакция журнала "Энергетик".

Авторы

ГЛАВА ПЕРВАЯ

Комплектные испытательные устройства "Сатурн-М" и "Сатурн-М1"

1.1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Назначение. Испытательные устройства "Сатурн-М" и "Сатурн-М1" (в дальнейшем — устройства) предназначены для проверки и настройки АВ с тепловыми и электромагнитными расцепителями присоединений 220/380 В, проверки характеристик средств РЗ присоединений 6 – 35 кВ и экспериментального определения значения тока КЗ цепи "фаза – нуль" и "фаза – фаза" присоединений 220/380 В.

Устройства имеют два исполнения: "Сатурн-М" и "Сатурн-М1".

Устройство "Сатурн-М" — одноблочное, "Сатурн-М1" — двухблочное, состоящее из базового блока, полностью аналогичного "Сатурну-М", и силового блока, соединяемых при работе кабелем. Базовый блок может использоваться автономно аналогично устройству "Сатурн-М".

Устройства обеспечивают возможность проверки характеристик АВ, подключенных непосредственно к электросети без нагрузочного трансформатора путем создания искусственного замыкания за местом установки проверяемого аппарата с плавным регулированием значения тока тиристорами, измерением его эффективного значения и времени отключения аппарата. Устройства позволяют также производить проверку характеристик АВ совместно с НТ, при этом обеспечивают регулирование первичного тока, измерение эффективного значения вторичного тока и времени отключения проверяемого аппарата.

Устройства обеспечивают возможность проверки средств РЗ присоединений 6 – 35 кВ вторичным током совместно с НТ, при этом оно используется для регулирования первичного тока трансформатора, измерения эффективного значения вторичного тока, установ-

ки заданной длительности протекания тока измерения времени срабатывания защит.

Позволяют производить проверки характеристик РЗ электрических присоединений 6 – 35 кВ первичным током без НТ от сети 380/220 В при значениях тока до 2000 А (до 12 000 А с силовым блоком устройства "Сатурн-М1") и с НТ при значениях тока до 30 000 А.

Устройства позволяют экспериментально определять значения тока КЗ цепи "фаза — нуль" и "фаза — фаза" присоединений 380 В для выбора характеристик РЗ, плавких вставок и АВ.

Технические характеристики

Диапазон регулирования и измерения тока в схеме без НТ, А:	
"Сатурн-М", базовый блок "Сатурна-М1"	10 – 2000
силовой блок "Сатурна-М1"	30 – 12 000
Диапазон регулирования первичного тока в схеме с НТ, А	0,5 – 300
Диапазон измерения тока в схеме с ТТ:	
встроенным, А	10 – 2500
внешним, кА	0,1 – 99,99
Диапазон задания и измерения длительности протекания тока и времени отключения аппарата, с	0,01 – 99,99
Диапазон регулирования угла открытия тиристоров, %	1 – 100
Диапазон задания роста угла открытия тиристоров, %	1 – 10
Относительная погрешность измерения действующего значения тока в рабочем диапазоне, %	± 10
Абсолютная погрешность измерения времени отключения аппарата и установки заданной длительности тока при частоте 50 Гц, В	$\pm (0{,}005 \times T_{изм} + 0{,}01)$
Напряжение питания от сети переменного тока частоты 50 Гц, В	220
Потребляемая мощность по цепям питания, Вт, не более	40
Габаритные размеры базового и силового блоков, мм, не более	400 × 235 × 230
Масса базового и силового блоков, кг, не более	13
Средний срок службы (с заменой комплектующих изделий), лет, не менее	10

Устройство "Сатурн-М" выполнено в одноблочном варианте со съемной крышкой. Под крышкой расположены входные выводы, клавиатура, индикаторы, переключатели и другие органы управления.

Устройство "Сатурн-М1" выполнено в виде двух блоков: базового и силового. Базовый блок аналогичен "Сатурну-М", а силовой такой же по габаритам и массе, может работать лишь вместе с базовым. При работе блоки соединяются между собой кабелем. Базовый блок "Сатурна-М1" отличается от устройства "Сатурн-М" только нали-

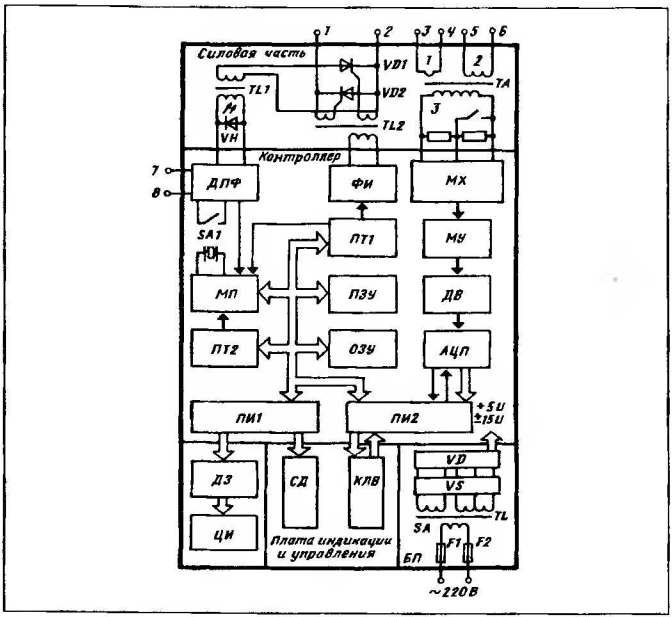

Рис. 1.1. **Структурная схема устройства "Сатурн-М"**

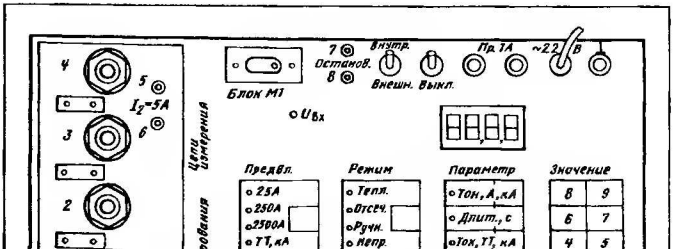

Рис. 1.2. **Внешний вид лицевой панели устройства "Сатурн-М"**

чием разъема для подключения силового блока. При автономном использовании в гнездо разъема должна быть вставлена заглушка.

Принцип действия устройств. Структурная схема и внешний вид лицевой панели устройства "Сатурн-М" приведены соответственно на рис. 1.1 и 1.2.

В состав силовой части входят два встречно-параллельно включенных силовых тиристора *VD1*, *VD2*; трансформатор тока *TA* с двумя первичными обмотками *1* и *2* и одной вторичной обмоткой *3*; трансформатор выделения нуля фазы входного напряжения *TL1* с индикаторным световодом *VH* и импульсный трансформатор для включения тиристоров *TL2*.

Выводы тиристоров *1 – 2* и первичных обмоток трансформатора тока *TL2* *3 – 4* и *5 – 6* выведены раздельно для подключения их в разные цепи при использовании устройств в разных схемах.

Контроллер содержит:

а) цифровую часть в составе микропроцессора *МП*, постоянного запоминающего устройства *ПЗУ*, оперативного запоминающего устройства *ОЗУ*, двух программируемых таймеров *ПТ1*, *ПТ2* и двух параллельных интерфейсов *ПИ1* и *ПИ2*;

б) аналоговую часть в составе детектора перехода фазы напряжения через нуль *ДПФ*, формирователя импульсов на открытие тиристоров *ФИ*, аналогового мультиплексора переключения пределов измерения тока *МХ*, масштабного усилителя *МУ*, двухполупериодного выпрямителя *ДВ* и аналого-цифрового преобразователя *АЦП*.

Плата индикации и управления содержит клавиатуру *КЛВ* с кнопками и светодиоды *СД* для индикации. Дешифраторы знакогенераторов *ДЗ* и семисегментные цифровые индикаторы *ЦИ* установлены на плате контроллера.

Блок питания содержит понижающий трансформатор *TL*, подключаемый к электросети через переключатель *SA* и предохранители *F1* и *F2*, выпрямители *VS* и стабилизаторы *VD*. Блок питания обеспечивает устройство стабилизированным напряжением +15 В (0,2 А), – 15 В (0,1 А) и +5 В (1,2 А).

Работа схемы устройства определяется программным обеспечением, записанным в микросхему ПЗУ. Процессор считывает команды из ПЗУ и их выполняет. Команды производятся над двоичными восьмиразрядными числами. Кроме этого, МП выполняет арифметические и логические действия с числами, осуществляя обработку поступающей информации и выполняя вычислительные операции.

При включении питания осуществляется автоматическая проверка исправности основных элементов устройства, при этом проверяется информация ПЗУ на сохранность по контрольной сумме,

работоспособность всех ячеек ОЗУ путем записи в них и считывания из них различных кодов, работа программируемых таймеров по прерыванию МП, две БИС параллельного интерфейса путем записи и считывания из них информации и проверка АЦП.

Проверяются также клавиатура (все кнопки должны быть разомкнуты), цифровые индикаторы и светодиоды.

В случае обнаружения неисправности работа устройства прекращается и на индикатор выдается мигающий код ошибки с символом *L*. Расшифровка кодов неисправностей приведена ниже. После прохождения тестов МП ожидает ввода данных и команд оператора.

По команде "Пуск" МП проверяет корректность введенных параметров и, если все нормально, выполняет цикл управления тиристорами и измерения тока, который заключается в следующем: сигнал с детектора нуля фазы сети осуществляет привязку к частоте сети, в соответствии с заданным углом открытия МП записывает в таймер коэффициент счета для формирования импульсов на открытие тиристоров и по истечении объема памяти (за время, равное 0,2 с) процесс измерения тока прекращается, но процесс управления тиристорами продолжается до истечения заданного времени.

При отключении проверяемого автоматического выключателя приходит сигнал "Стоп", МП прекращает измерение и управление тиристорами и рассчитывает действующее значение тока по формуле

$$I_{д} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{0}^{T} i^2 dt},$$

где i — мгновенное значение тока; T — время измерения, не превышающее 0,2 с.

Аналоговый тракт контроллера содержит детектор нуля фазы напряжения сети, обеспечивающий прерывание МП каждые полпериода частоты сети (0,01 с), причем с привязкой фазы импульса к моменту перехода через нуль напряжения; транзисторный усилитель мощности импульсов для открытия тиристоров и канал измерения тока.

Осциллограммы напряжений на элементах устройства "Сатурн-М" приведены на рис. 1.3.

Для останова секундомера устройства при работе в схеме с НТ необходима подача сигнала "*Стоп*". Это делается замыкающими контактами проверяемого АВ, подключенными к выводам "*Останов*" при переключателе в положении "*Внутр.*". Для размыкающих контактов АВ надо перевести переключатель в положение "*Внешн.*".

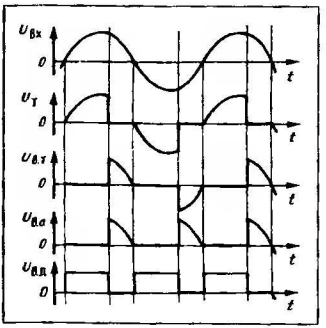

Рис. 1.3. **Осциллограммы напряжений на элементах устройства "Сатурн-М":**

$U_{вх}$ — входное напряжение; $U_т$ — напряжение на тиристорах при открытии на 40 %; $U_{в.т}$ — напряжение на выходе трансформатора тока; $U_{в.а}$ — напряжение на входе АЦП; $U_{в.д}$ — напряжение на выходе детектора нуля фазы напряжения сети ДПФ

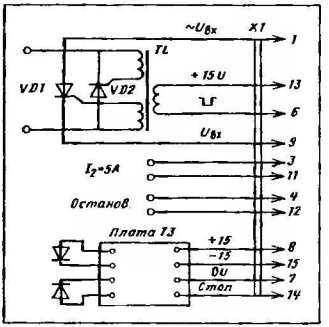

Рис. 1.4. **Схема силового блока устройства "Сатурн-М1"**

При работе без НТ автоматическим выключателем разрывается цепь тиристоров, что вызывает останов устройства. При этом переключатель "*Останов*" должен находиться в положении "*Внутр.*".

Измерение тока в пределах 10 – 2500 А осуществляется с использованием встроенного в устройство ТТ, при этом токовые цепи подключаются к выводам *3 – 4* устройства.

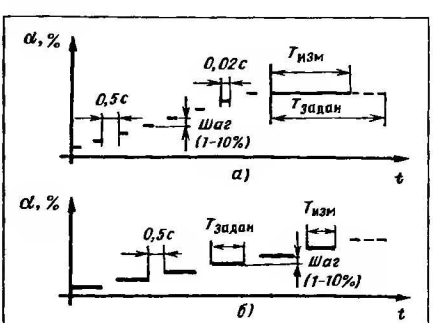

Рис. 1.5. **Зависимость угла открытия α тиристоров устройства "Сатурн-М" от времени *t* при работе в режимах "Тепл." (*а*) и "Отсеч." (*б*)**

При работе с НТ или при использовании силового блока устройства "Сатурн-М1" может применяться внешний измерительный трансформатор тока с номинальным вторичным током 5 А. Его вторичная обмотка подключается к выводам $5-6$ ($I_2 = 5$ А) испытательного устройства. Используя режим работы с ТТ и выводя значение первичного тока ТТ, можно получить пересчитанное МП, измеренное действующее значение тока.

Силовой блок (рис. 1.4) содержит два мощных тиристора *VD1* и *VD2* на ток до 1000 А на радиаторах с выводами, импульсный трансформатор *TL* для открытия тиристоров выводы для внешнего останова, выводы для подключения внешнего трансформатора тока и узел тепловой защиты тиристоров. Все узлы и выводы силового блока аналогичны размещенным в базовом блоке, за исключением более мощных тиристоров.

На рис. 1.5 показаны зависимости угла открытия тиристоров от времени *t* в режимах проверки устройством "Сатурн-М" тепловых расцепителей АВ и РЗ с выдержкой времени (*а*) и в режиме проверки электромагнитных расцепителей АВ и РЗ без выдержки времени (*б*).

Набор заданного значения тока при проверке тепловых расцепителей производится короткими импульсами тока длительностью 0,02 с, которые практически не вызывают дополнительного нагрева тепловых расцепителей.

1.2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕТОДАМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Виды и объемы технического обслуживания АВ и средств РЗ, используемых в распределительных электросетях, определяются действующими "Правилами технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4 – 35 кВ" [1]. Техническое обслуживание устройств РЗ производится в соответствии с действующими правилами [2, 3]. Методика проверки описана в "Типовой инструкции по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций" [4] и в методических указаниях по техническому обслуживанию АВ и средств РЗ [5 – 10].

Для проверки характеристик АВ и РЗ в ЭЭС используют различные типы испытательной аппаратуры, приборов и комплектных испытательных устройств, выпускаемых серийно и изготавливаемых силами ЭЭС [11 – 16].

При работе с испытательным устройством необходимо соблюдать требования техники безопасности, распространяющиеся на

устройства РЗА ЭЭС. К работе допускаются лица, изучившие техническое описание, инструкцию по эксплуатации испытательного устройства и прошедшие проверку знаний правил техники безопасности по эксплуатации электроустановок электрических станций и подстанций.

Подключение входных выводов устройства к токоведущим цепям должно производиться после проверки отсутствия напряжения. При проверке АВ непосредственно от сети 380 В подключение входных выводов должно производиться через АВ с уставками, большими, чем у проверяемого. Соединительные провода сначала должны быть подключены к устройству, а затем уже к токоведущим цепям. На все время измерения входные выводы устройства должны быть закрыты изоляционной крышкой. Перед работой с испытательным устройством вывод "Корпус" устройства необходимо соединить с контуром заземления.

При работе необходимо следить за допустимой длительностью протекания тока через тиристоры. Устройства "Сатурн-М" и "Сатурн-М1" снабжены тепловой защитой тиристоров, что позволяет увеличить допустимую длительность тока для этих устройств в 1,5 – 2 раза. Значения допустимой длительности протекания тока при различных значениях приведены в прилагаемой к устройствам документации.

Перед выполнением работ по проверке характеристик АВ и средств РЗ необходимо ознакомиться с их устройством и характеристиками. Не допускается производить проверку АВ со снятой или незакрепленной крышкой и без дугогасительных камер, а также при открытых дверцах ячеек КТП (КРУ).

1.3. ПОРЯДОК РАБОТЫ С УСТРОЙСТВАМИ

Перед работой с испытательными устройствами следует заземлить с помощью вывода "Корпус" медным проводом сечением, не меньшим, чем у проводов, подключенных к силовым цепям, но не менее 4 мм^2.

При использовании силового блока (устройство "Сатурн-М1") блок соединяется кабелем с базовым блоком. При автономной работе базового блока в розетку этого блока вставляется разъем-заглушка.

Схема испытаний собирается согласно одному из представленных в § 1.5 вариантов. Выводы блоков закрываются изоляционной крышкой. Сетевая вилка подключается к розетке 220 В, 50 Гц. После этого включается переключатель питания устройства.

При включении питания устройство должно пройти начальные тесты. Состояние "0000" и включенные светодиоды "Тепл.", "2500", "Ввод", "Ток" соответствуют готовности к работе.

Устройства имеют четыре режима работы:

проверка тепловых расцепителей АВ и РЗ с выдержкой времени;

проверка электромагнитных расцепителей АВ и РЗ без выдержки времени;

ручной режим проверки;

непрерывный режим работы в течение длительного времени.

Выбор режима осуществляется кнопкой "Режим" путем последовательного циклического перебора с индикацией включенного режима. Устройства имеют пределы измерения действующего значения тока: 25, 250, 2500 А для работы со встроенным ТТ и предел ТТ, кА, для работы с внешним измерительным ТТ. Для ввода любого из параметров необходимо выбрать режим "Ввод", нажать кнопку соответствующего параметра и затем ввести его числовое значение. При этом первая цифра появляется в правой позиции индикатора, а при вводе следующей цифры сдвигается на одну позицию влево. Соответственно при вводе пятой цифры первая пропадает, что позволяет исправлять ошибки ввода параметров. Ввод параметров можно производить в любой последовательности.

В устройстве предусмотрен ввод параметров с помощью следующих кнопок:

"Ток, А" — действующее значение тока для проверки теплового и электромагнитного расцепителей АВ и РЗ;

"Длит., с" — длительность включения тиристоров для автоматической и ручной проверках;

"Ток ТТ, кА" — значение первичного тока внешнего измерительного трансформатора (при его использоваии);

"Откр., %" — угол открытия тиристоров для автоматических режимов работы;

"Шаг, %" — ступень роста угла открытия тиристоров для автоматического режима работы.

При включении питания автоматически вводятся следующие параметры:

ток — 0000 А;

длительность протекания тока — 00,02 с;

ток ТТ — 25,00 кА;

угол открытия тиристоров — 0000 %;

шаг угла открытия тиристоров — 0002 %.

В случае необходимости они заменяются другими.

При проверке теплового расцепителя и РЗ с выдержкой времени следует:

выбрать предел измерения и ввести нужное значение тока;

ввести длительность протекания тока (на 30 – 50 % больше ожидаемого времени срабатывания аппарата);

ввести шаг угла открытия тиристоров (типичное значение 2 %);

нажать кнопку "Пуск".

При срабатывании АВ или РЗ индикатор указывает время срабатывания, а измеренное значение тока можно посмотреть, нажав кнопку "Ток" в режиме "Результат". В случае перегрузки входных цепей предел измерения автоматически переключается на более грубый. Процесс измерения в любой момент можно прервать нажатием кнопки "Стоп".

При проверке электромагнитного расцепителя и токовой отсечки РЗ следует:

выбрать предел измерения и ввести значение тока на 20 – 30 % больше ожидаемого тока срабатывания;

ввести длительность тока (типичное значение 0,02 с);

ввести шаг угла открытия тиристоров (типичное значение 2 %);

нажать кнопку "Пуск".

При срабатывании АВ или РЗ индикатор указывает время срабатывания, а измеренное значение тока можно посмотреть, нажав кнопку "Ток" в режиме "Результат".

При ручном режиме проверки следует:

ввести длительность протекания тока;

ввести желаемый угол открытия тиристоров;

выбрать ожидаемый предел измерения тока;

нажать кнопку "Пуск".

Секундомер работает до истечения заданного времени или до срабатывания аппарата. Измеренное значение тока можно посмотреть нажав кнопку "Ток" в режиме "Результат". Если предел измерения выбран неправильно, то при перегрузке входных цепей устройства индикатор начинает мигать, высвечивая измеренное значение тока и указывая на необходимость перехода на более грубый предел.

При непрерывном режиме работы следует:

ввести угол открытия тиристоров (может быть определен в режиме "Тепл." для требуемого тока) и нажать кнопку "Пуск". При этом индикатор отсчитывает минуты и секунды до остановки по кнопке "Стоп" или до срабатывания аппарата.

При работе с внешним ТТ следует:

подключить вторичную обмотку ТТ к выводам *5 – 6* устройства. Выводы продублированы на силовом блоке устройства "Сатурн-М1";

выбрать предел "ТТ, кА" и ввести значение первичного тока ТТ, при этом все дальнейшие показания тока пересчитываются и отображаются на индикаторе в килоамперах.

В устройстве предусмотрены следующие пределы при вводе параметров:

длительность протекания тока — 0,01 – 99,99 с;

задаваемое значение тока при автоматических режимах проверки — 25, 250, 2500 А; 99,99 кА;

задаваемый угол открытия тиристоров — 0 – 100 %;

задаваемый шаг угла открытия тиристоров — 1 – 10 %.

При ошибочном задании параметров после нажатия кнопки "Пуск" индикатор мигает, показывая неправильно введенный параметр. При использовании НТ останов секундомера производится контактом проверяемого аппарата, подключаемого к выводам "Останов".

В зависимости от используемого замыкающего или размыкающего контакта переключатель устанавливается соответственно в положение "Внутр." или "Внешн.". Выводы внешнего останова продублированы на силовом блоке устройства "Сатурн-М1".

Если при включении питания на индикаторе высвечивается мигающее число с символом *L* в левой позиции, то работа с устройством невозможна. Диагностика неисправностей приведена в заводском техническом описании.

При использовании устройства иногда возникает проблема со слишком грубым регулированием тока тиристорами, т.е. кривая характеристики "% открытия тиристоров — измеренный ток, А" имеет очень большой угол наклона. Для более плавного регулирования рекомендуется включить последовательно в токовую цепь резистор или дроссель.

В целях повышения надежности в устройстве "Сатурн-М" и "Сатурн-М1" введена тепловая защита силовых тиристоров. При нагреве корпусов тиристоров выше критической температуры срабатывает схема контроля, включается светодиод "Стоп", блокируется режим "Пуск" и выключаются тиристоры. Повторный пуск возможен только при погасании свётодиода "Стоп" после остывания тиристоров (через 40 – 60 с). Схема тепловой защиты эффективна при длительном протекании тока, поэтому во избежание выхода силовых

тиристоров из строя необходимо придерживаться требований, описанных в § 1.2.

При работе с устройством следует учитывать, что погрешность измерения минимальная при большом процентном открытии тиристоров и большом времени измерения.

1.4. ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Проверку технического состояния испытательных устройств рекомендуется производить не реже 1 раза в год, а также перед началом эксплуатации после приобретения в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

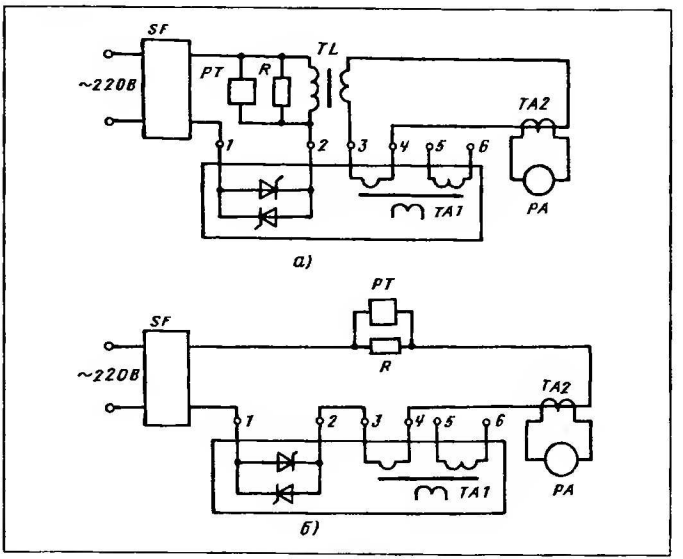

Рис. 1.6. **Варианты схем проверки электрических характеристик испытательного устройства "Сатурн" с нагрузочным трансформатором (*а*) и без нагрузочного трансформатора (*б*)**

До проведения проверки проводится внешний и внутренний осмотры устройства. При осмотре проверяется выполнение требований ПТЭ и ПУЭ [2, 3], отсутствие механических повреждений, надежность болтовых соединений, четкость фиксации переключателей во всех положениях.

Опробование и проверку погрешности измерения значений тока и времени рекомендуется производить с использованием НТ по схеме на рис. 1.6, *а*. Для проверки в схеме используется эталонный амперметр *PA*, реагирующий на эффективное значение тока *TA2*, а также нагрузочный трансформатор *TL*, обеспечивающий возможность получения тока во вторичных цепях 500 – 1000 А. Резистор *R* сопротивлением 50 – 100 Ом используется в схеме для обеспечения открытого состояния тиристоров при малых углах их открытия в целях расширения диапазона регулирования тока.

Соотношение погрешностей средств измерения и проверяемого испытательного устройства должно быть не менее 1 : 3. В качестве измерительного ТТ может быть использован трансформатор типа УТТ-6М2 с номинальным первичным током 2000 А класса точности 0,2, либо трансформатор типа И-523 с номинальным первичным током 10 кА класса точности 0,05.

Проверка производится в ручном режиме при длительности подачи тока 5 – 10 с и разной степени открытия тиристоров. Относительная погрешность измерения тока должна быть не более ± 10 %. Аналогично проверяется точность измерения испытательного устройства с внешним *TA2*. При этом первичная обмотка *3 – 4* встроенного в испытательное устройство *TA1* из схемы исключается, а первичная обмотка *5 – 6 TA1* включается во вторичную цепь *TA2* последовательно с амперметром *PA*.

Погрешность измерения времени рекомендуется проверять по эталонному секундомеру *PT* при длительности 40 – 60 с. Погрешность измерения при указанной длительности не должна превышать 0,3 с.

Опробование и проверка погрешности измерения испытательного устройства может производиться по упрощенной схеме без нагрузочного трансформатора (рис. 1.6, *б*). Для расширения диапазона регулирования тока в схеме используется резистор *R*, сопротивление которого выбирается из условий получения тока, близкого к номинальному току АВ *SF* при полном открытии тиристоров (8 – 10 Ом). Для снижения требуемой мощности резистора проверку точности измерения времени рекомендуется производить при длительности протекания тока 5 – 6 с. Погрешность измерения времени при указанной длительности не должна превышать 0,1 с.

1.5. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ ПРИСОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Условия проверки. До проверки электрических характеристик АВ должна быть произведена проверка качества монтажа и технического состояния выключателя, работоспособность расцепителей.

Проверку характеристик тепловых расцепителей выключателей рекомендуется выполнять для каждого полюса отдельно. При этом выключатель должен находиться в рабочем положении, установлен на вертикальной плоскости с выводами неподвижных контактов вверху. Токоподводящие проводники должны быть плотно соединены с выводами выключателя для исключения дополнительного нагрева контакта, из-за которого возможна дополнительная погрешность проверки расцепителей. Проверку тепловых расцепителей рекомендуется производить при трехкратном номинальном токе расцепителя, указанном на выключателе. Значения токов, при которых рекомендуется производить проверку, и расчетное время срабатывания расцепителя приведены в методических указаниях по техническому обслуживанию выключателей конкретного типа.

Ток срабатывания электромагнитных расцепителей (ЭМР) калибруется на заводе-изготовителе и указывается на выключателе. Проверку работоспособности ЭМР выключателей с тепловыми расцепителями рекомендуется выполнять после проверки тепловых расцепителей, что обеспечивает защиту выключателей при недопустимой длительности протекания тока.

Проверка автоматических выключателей непосредственно от сети 0,4 кВ осуществляется путем создания искусственного замыкания с

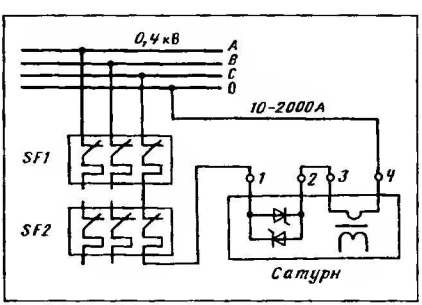

Рис. 1.7. **Схема проверки устройством "Сатурн" автоматических выключателей непосредственно от электросети постоянно подключенного к электросети (*SF1*) и подключенного к электросети на время проверки (*SF2*)**

Таблица 1.1

Номинальный ток теплового расцепителя, А	Максимальный ток при проверке теплового расцепителя, А	Максимальный ток при проверке ЭМР и определении тока КЗ, А	Сечение проводников, мм^2
16 – 40	150	500	5
50 – 100	450	1500	10
125 – 160	600	3000	16
200 – 250	900	5000	30
320 – 400	1400	8000	50
500 – 630	2200	12 000	95

регулируемым значением тока в цепи проверяемого АВ (рис. 1.7). Этим методом могут проверяться АВ, постоянно подключенные к электрической сети (S*F1*) и подключаемые к электросети на время проверки (S*F2*). Проверку рекомендуется производить с последовательно включенными тепловым и электромагнитным расцепителями с более грубыми уставками срабатывания. При проверках АВ с малыми токами срабатывания для повышения плавности регулирования тока последовательно в цепь замыкания может дополнительно включаться дроссель или резистор.

Ток срабатывания ЭМР рекомендуется проверять в режиме "Отсеч." с установкой предельного значения тока на 20 – 30 % больше предполагаемого тока срабатывания, с установкой длительности тока 0,02 с и шага роста открытия тиристоров 2 %. При необходимости длительность тока и шаг можно изменить.

С учетом ограничения времени протекания тока в процессе проверки для создания цепи замыкания могут использоваться проводники сравнительно небольшого сечения. Сечения проводников для соединения схемы проверки должны быть не менее указанных в табл. 1.1. Переключатель "Останов" должен быть установлен в положение "Внутр.", при этом разрыв силовой цепи производится контактом АВ.

Проверка мощных АВ непосредственно от сети производится с применением силового блока устройства "Сатурн-М1". При этом проверка выключателей может производиться с помощью встроенного в базовый блок ТТ при значения тока до 2500 А и с помощью внешнего ТТ при токе проверки до 12 кА. Схемы подключения для обоих вариантов приведены на рис. 1.8, *а* и *б* соответственно.

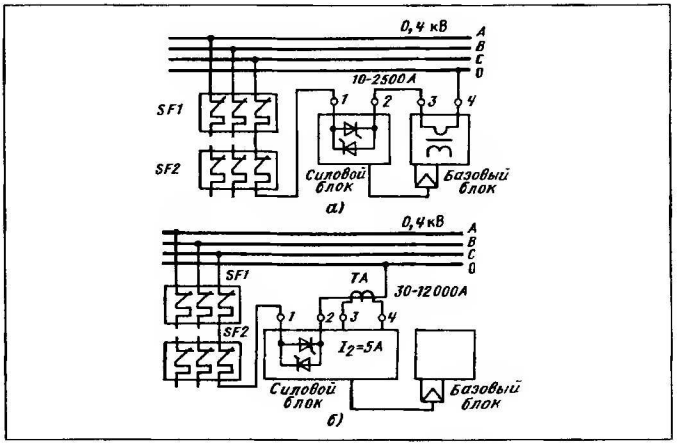

Рис. 1.8. **Варианты схем проверки устройством "Сатурн-М1" автоматического выключателя *SF1* (*SF2*) непосредственно от электросети со встроенным (*а*) и внешним (*б*) трансформатором тока**

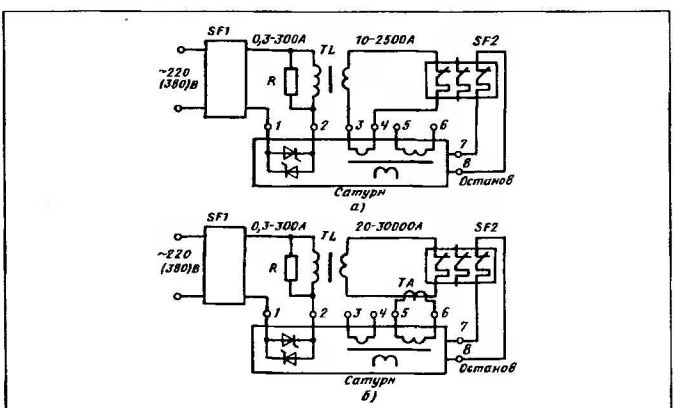

Рис. 1.9. **Варианты схем проверки устройством "Сатурн" автоматических выключателей с НТ и остановом секундомера от резервных контактов *SF2* при использовании встроенного (*а*) и внешнего (*б*) трансформатора тока**

При отсутствии ТТ для измерения больших значений тока (до 12 кА) может быть использован встроенный в устройство измеритель тока с расширенным диапазоном измерения, включенный через разветвители тока.

Бóльшие значения токов для проверки аппаратуры могут быть получены при включении проверяемого АВ через устройство "Сатурн-М1" непосредственно на выводы фаз 380 В трансформатора собственных нужд (ТСН). При мощности ТСН 6/0,4 кВ 630 и 1000 кВ · А можно получить ток соответственно до 8 и 12 кА.

Проверка автоматических выключателей с использованием нагрузочного трансформатора. Схема проверки со встроенным ТТ приведена на рис. 1.9, *а*, а с внешним ТТ — на рис. 1.9, *б*. Применение силового блока в схеме с НТ нецелесообразно, так как для регулирования тока в первичной цепи НТ достаточно мощности тиристоров, встроенных в базовый блок. Переключатель "Останов" должен быть переведен в положение "Внешн.", так как для останова секундомера нужно использовать контакты проверяемого АВ.

Резистор *R* служит для обеспечения удерживания открытого состояния тиристоров при малых углах их открытия. При сопротивлении резистора 70 — 100 Ом обеспечивается возможность регулирования первичного тока в диапазоне 0,3 — 300 А. Мощность резистора составляет 150 — 200 Вт.

В качестве НТ в схеме могут быть использованы НТ-9 и НТ-12 соответственно на токи до 9 и до 12 кА.

Измерение тока срабатывания электромагнитного расцепителя при малых углах открытия тиристоров. При проверке тока срабатывания электромагнитного расцепителя (ЭМР) при малых углах открытия тиристоров остроконечная форма импульсов тока может приводить к некоторому завышению тока срабатывания отсечки автомата. Для обеспечения плавного регулирования тока и повышения точности проверки тока срабатывания электромагнитного расцепителя непосредственно от электросети рекомендуется включать в цепь замыкания дополнительный резистор (дроссель), обеспечивающий увеличения угла открытия тиристоров (до 30 — 40 % и более) при токе срабатывания расцепителя. При проверке ЭМР с относительно малым током срабатывания (до 300 А) в качестве дополнительного резистора может быть использован маломощный (с учетом малой длительности тока) реостат сопротивлением 5 — 10 Ом и номинальным током соответственно 5 — 10 А.

При углах открытия тиристоров 40 — 50 % и более разница в токе срабатывания автоматического выключателя не превышает 5 % по сравнению с проверкой при чисто синусоидальном токе. Устройст-

во "Сатурн-М" точно измеряет действующее значение тока независимо от угла открытия тиристоров.

При проверке ЭМР с относительно большим током срабатывания (более 300 А) в качестве дополнительного резистора могут использоваться отходящие от проверяемого автомата провода, либо включенный в цепь тока вспомогательный провод сравнительно малого сечения. Это позволяет производить проверку ЭМР с увеличенным углом открытия тиристоров, и следовательно, с меньшей погрешностью.

Для обеспечения плавности регулирования тока и повышения точности проверки тока срабатывания ЭМР в схемах с использованием НТ в цепь первичной обмотки НТ может быть включен добавочный резистор, либо использованы вторичные провода НТ с меньшим сечением.

При измерении тока срабатывания теплового расцепителя несинусоидальная форма тока, формируемая устройством "Сатурн-М", практически не отражается на точности измерения тока срабатывания расцепителя, так как происходит интегрирование значения тока при относительно больших временах измерения. При проверке характеристик тепловых расцепителей тока использование добавочного резистора необязательно.

Применение встроенного измерителя тока с расширенным диапазоном измерения. Встроенный в устройство "Сатурн" измеритель тока обеспечивает возможность измерения тока без внешнего ТТ до значения 2500 А. При использовании устройства "Сатурн" для измерения бо́льших значений тока устройство подключается к цепи тока через измерительный трансформатор тока с соответствующим номинальным током.

При отсутствии такого трансформатора для измерения больших значений тока встроенный в устройство измеритель тока может включаться через разветвитель тока. При этом через измеритель протекает часть общего тока, подлежащего измерению.

Варианты схемы измерения больших значений тока с использованием разветвителей тока приведены на рис. 1.10 и 1.11.

При использовании в качестве измерительного ТТ трансформатора тока НПФ "Радиус" типа ТМ-0,66-Р-5 с первичным током 5 кА и применении разветвителя в виде четырех параллельно включенных проводников равной длины и равного сечения верхний предел измерения тока повышается до 20 кА.

При использовании разветвителя в виде двух параллельно включенных проводников с таким измерительным ТТ верхний предел измерения тока повышается до 10 кА.

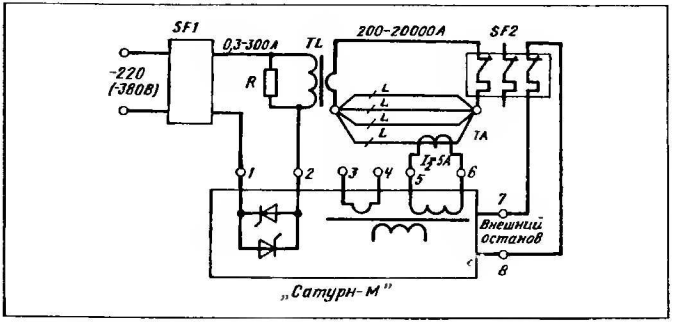

Рис. 1.10. **Схема проверки автоматического выключателя *SF2* с применением НТ, измерительного ТТ (*TA*) и разветвителя тока в виде четырех проводников *L***

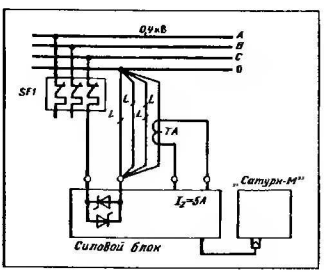

Рис. 1.11. **Схема проверки автоматического выключателя *SF1* непосредственно от сети 0,4 кВ с применением измерительного ТТ (*TA*) и разветвителя тока в виде четырех проводников *L***

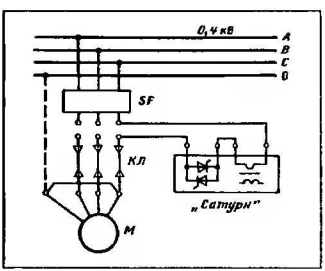

Рис. 1.12. **Схема измерения тока однофазного КЗ присоединения при искусственном замыкании в конце присоединения**

Экспериментальное определение значений тока КЗ цепи "фаза – нуль" и "фаза – фаза" присоединений 0,4 кВ. Испытательное устройство "Сатурн" обеспечивает возможность измерения значения тока КЗ цепи "фаза — нуль" и "фаза — фаза" на присоединениях 0,4 кВ для выбора характеристик автоматических выключателей, плавких вставок и средств РЗ. Расчетное определение тока КЗ трудоемко и приводит к большим погрешностям, так как требует точ-

ного учета всех индуктивных и активных сопротивлений петли КЗ, включая проводники, ТТ, реакторы и контактные соединения [10].

Экспериментальное определение тока КЗ производится путем создания искусственного замыкания устройством "Сатурн" с использованием схемы, представленной на рис. 1.7. Измерения значения тока КЗ рекомендуется производить в ручном режиме с установкой длительности протекания тока 0,02 с и значения тока 100 % при ожидаемом токе КЗ до 2000 А.

Определение значения тока КЗ на коротких линиях с большими значениями тока КЗ и на шинах 380 В рекомендуется производить путем измерения тока при неполном открытии тиристоров, например на 50 %. При этом полный ток КЗ определяется умножением измеренного значения тока на коэффициент, равный 2.

Определение значений тока при КЗ в конце присоединения производится по схеме, представленной на рис. 1.12.

Экспериментальное определение тока КЗ дает более точные результаты по сравнению с расчетными методиками.

1.6. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ СЕТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ОТ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Для защиты присоединений 220 В постоянного тока от КЗ и перегрузок в ЭЭС широко используются АВ с электромагнитными и тепловыми расцепителями серий АП-50, АВМ, А3100, А3700, ВА и др.

Проверка электрических характеристик АВ присоединений постоянного тока из-за отсутствия на энергопредприятиях источников постоянного тока с регулированием и приборов для измерения больших значений токов производится, как правило, от нагрузочных устройств переменного тока. При проверках характеристик АВ от источников переменного тока во многих случаях не обеспечиваются необходимая точность из-за отличия характеристик АВ при проверках от источников постоянного и переменного тока, которые существенно зависят от типа АВ. При этом персонал часто ограничивается лишь указанием в протоколах проверки вида установки, с помощью которой выполнялась проверка. При отсутствии на предприятии быстродействующих измерителей тока, обеспечивающих фиксацию тока в течение срабатывания ЭМР, выполняется только проверка работоспособности ЭМР без определения значения действительного значения тока срабатывания. Проверка характеристик АВ без специальной проверочной аппаратуры, обеспечивающей подачу

тока на АВ с нормированной длительностью протекания тока, часто приводит к повреждению расцепителей АВ.

Проведенный АО "Фирма ОРГРЭС" анализ опыта применения методов проверки характеристик АВ постоянного тока от установок переменного тока и результатов исследований фирмы АО "Контактор" показал, что характеристики тепловых расцепителей АВ, реагирующих на действующее значение тока, практически не отличаются при испытаниях от установок постоянного и переменного токов. Тепловые расцепители АВ могут испытываться от установок переменного тока и использоваться на присоединениях 220 В постоянного тока с полученными при испытаниях характеристиками практически без поправочных коэффициентов.

Ток срабатывания электромагнитных расцепителей АВ при проверках от установок постоянного и переменного тока может существенно отличаться для разных типов АВ в зависимости от собственно времени их срабатывания. Для быстродействующих АВ с собственным временем срабатывания до 0,01 с, таких как АП-50, А3100, ВВА 51, ВА 52, при проверке ЭМР от установок переменного тока и использовании АВ в установках постоянного тока ток срабатывания ЭМР следует увеличивать на поправочный коэффициент 1,3. Характеристики ЭМР АВ с относительно большим собственным временем срабатывания, таких как АВМ 15Н, АВМ20Н, А3120 в значительно меньшей степени зависят от рода тока. Эти АВ могут испытываться от установок переменного тока и использоваться на присоединениях постоянного тока с полученными при испытаниях характеристиками без поправочных коэффициентов.

Проверка электрических характеристик АВ постоянного тока от сети переменного тока может быть произведена с помощью комплектных испытательных устройств серии "Сатурн-М".

Проверка характеристик АВ присоединений 220 В постоянного тока с помощью устройства "Сатурн-М" может производиться непосредственно от сети 220 В переменного тока без нагрузочного трансформатора. В этой схеме (см. рис. 1.7) проверяемый АВ (*SF2*), предназначенный для использования в сети постоянного тока, подключается к сети переменного тока через устройство "Сатурн-М". С помощью испытательного устройства создается искусственное замыкание с регулируемыми значениями тока и длительности его протекания. Регулирование значения тока осуществляется управляемыми тиристорами. Установка заданного значения тока и времени его протекания при испытании электромагнитных и тепловых расцепителей АВ производится устройством в автоматическом режиме. Измерение тока и времени отключения АВ производится

встроенным в устройство "Сатурн-М" цифровым измерителем автоматически.

Устройство "Сатурн-М" позволяет производить проверку характеристик АВ постоянного тока также совместно с НТ. При этом испытательное устройство "Сатурн-М" используется для регулирования первичного тока и времени отключения проверяемого аппарата (см. рис. 1.9).

В качестве НТ могут использоваться трансформаторы НТ-9 и НТ-12. Измерение тока до 2500 А в схеме с НТ производится встроенным в устройство измерителем тока. Для измерения токов более 2500 А измеритель тока включается через внешний ТТ или разветвитель тока.

Следует иметь в виду, что при использовании тиристорных регуляторов в схемах проверки АВ постоянного тока большая точность измерения достигается при наибольших углах открытия тиристоров. Это условие обеспечивается оптимальным выбором параметров первичных проводников в схеме, представленной на рис. 1.7, и проводников, подключаемых ко вторичной обмотке НТ при испытании разных типов АВ в схеме, представленной на рис. 1.9.

При проверках АВ постоянного тока по схеме на рис. 1.7 непосредственно от сети переменного тока рекомендуется использовать силовые проводники длиной по 2 м и сечением не менее 2,5; 10; 25; 2 × 25 мм^2 при номинальном токе расцепителя АВ соответственно до 10, 50, 250 и 500 А.

При проверках характеристик АВ по схеме на рис. 1.9 при номинальных токах расцепителей 10, 100, 250 и 450 А рекомендуется использовать проводники сечением соответственно не менее 2,5; 50; 95 и 3 × 70 мм^2.

Проверка характеристик расцепителей должна выполняться для каждого полюса отдельно. Проверку характеристик тепловых расцепителей рекомендуется выполнять при трехкратном значении номинального тока расцепителя с измерением времени его срабатывания. При проверке характеристик расцепителей должны измеряться ток срабатывания и время отключения АВ.

Значительная часть отказов АВ и предохранителей в электросетях 24 – 220 В постоянного тока вызывается отсутствием достоверных данных о значениях тока КЗ на шинах и присоединениях в этих сетях, необходимых для правильного выбора уставок защитных аппаратов.

НПФ "Радиус" совместно с АО "Фирма ОРГРЭС" разработаны комплектные испытательные устройства "Импульс", позволяющие экспериментально определять значения токов КЗ в сетях постоянного тока [16]. Устройства изготавливаются НПФ "Радиус".

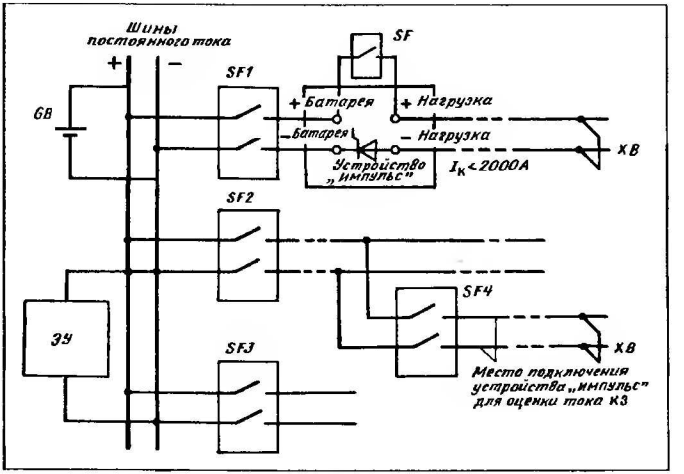

Рис. 1.13. **Варианты включения устройства "Импульс" для экспериментального определения значений тока при КЗ на шинах и присоединениях сети постоянного тока**

Устройство "Импульс" подключается в разрыв цепи проверяемого присоединения совместно с дополнительным автоматическим выключателем, предназначенным для отключения тока КЗ (рис. 1.13). Принцип действия устройства основан на измерении тока и падения напряжения в месте подключения устройства при включении присоединения на короткозамыкающую перемычку *XB*, установленную в конце присоединения. Обычно место подключения выбирается сразу за головным АВ присоединения или за одним из промежуточных АВ.

Включение присоединения на КЗ осуществляется с помощью встроенного в устройство тиристора, а отключение — с помощью дополнительного АВ. При этом устройство "Импульс" непосредственно измеряет ток при КЗ в конце присоединения при значениях тока до 2 кА и рассчитывает ток на шинах сети в начале присоединения или в месте подключения устройства при токах до 30 кА. Средняя относительная погрешность при непосредственном измерении тока КЗ не превышает 3 %.

1.7. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Условия проверки. До проверки электрических характеристик средств РЗ производится проверка соответствия установленной аппаратуры проекту и заданным уставкам, а также проверка качества монтажа и технического состояния аппаратуры. При внешнем осмотре проверяется правильность выполнения монтажа проводов, кабелей и правильность выполнения заземлений цепей вторичных соединений. При внутреннем осмотре проверяется состояние уплотнений крышек и целости стекол, состояние контактных поверхностей.

Проверка электрических характеристик средств РЗ должна производиться в соответствии с требованиями Правил [1] и заводскими инструкциями для конкретных типов средств релейной защиты.

Проверка средств РЗ вторичным током. Испытательное устройство "Сатурн" может быть использовано для опробования и проверки средств РЗ и приводов выключателей без длительного отключения присоединений. Применение устройства особенно эффективно на линиях 6 – 35 кВ, вывод из работы которых на длительное время для обычной проверки средств РЗ часто бывает затруднен.

Проверка средств РЗ, реагирующих на действующее значение тока, осуществляется путем подачи во вторичные токовые цепи РЗ присоединения с выключателем заданного значения тока и времени срабатывания РЗ. Схема представлена на рис. 1.14, *а*. В качестве нагрузочного трансформатора TL может использоваться любой трансформатор, обеспечивающий получение тока в цепях РЗ до 100 – 200 А, например, ОСО-250-220/127, ТН61-220-50 и др.

При испытаниях переключатель "Останов" должен находиться в положении "Внутр.", если используется замыкающий контакт РЗ(*К*); и в положении "Внешн." при использовании размыкающего контакта. Схема проверки позволяет регулировать первичный ток НТ в широких пределах и производить измерение тока в цепях РЗ в пределах 5 – 200 А. В качестве резистора *R1* рекомендуется использовать резистор сопротивлением 50 – 100 Ом, мощностью 400 – 800 Вт. В случаях, когда проверка средств РЗ должна обязательно производиться при синусоидальном токе, в первичную цепь НТ дополнительно включается резистор сопротивлением 5 – 10 Ом на ток

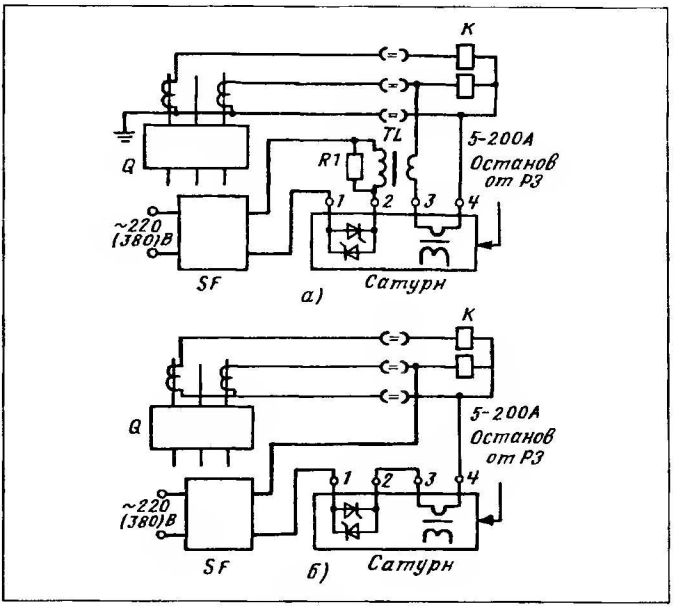

Рис. 1.14. **Варианты схем проверки устройством "Сатурн" средств РЗ вторичным током с НТ (*а*) и без НТ (*б*)**

5 – 10 А. При этом испытания производятся при полном открытии тиристоров с вводом значения "Откр., %", равным 100 %, а регулирование тока производится дополнительным резистором.

Для измерения времени действия АПВ может использоваться обычный электросекундомер, включенный в цепь вспомогательного контакта выключателя *Q*. Проверка характеристик средств РЗ с использованием устройства "Сатурн" может производиться по упрощенной схеме без НТ (рис. 1.14, *б*). При использовании этого варианта на время проверки отсоединяется заземление вторичных токовых цепей.

Варианты схем, представленные на рис. 1.14, рекомендуется использовать для проверки средств РЗ отключенных от электро-

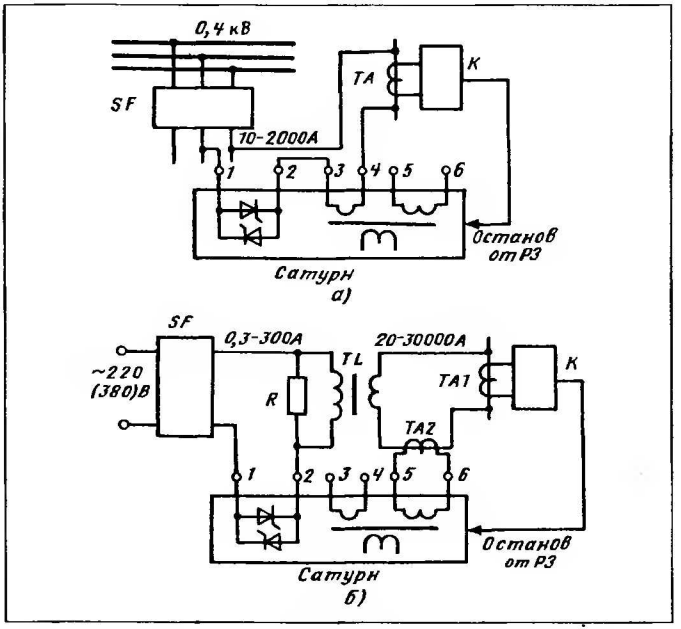

Рис. 1.15. **Варианты схем проверки устройством "Сатурн" средств РЗ электрических присоединений первичным током непосредственно от сети 380 В без НТ (*а*) и с НТ (*б*)**

сети присоединений и присоединений с относительно малыми значениями тока нагрузки (до 10 – 20 % номинального).

Проверка средств РЗ первичным током. Проверка осуществляется путем подачи в первичные цепи РЗ присоединения заданного значения тока в течение заданного времени с измерением действующего тока и времени срабатывания РЗ. Варианты схем проверки представлены на рис. 1.15. Схема проверки, представленная на рис. 1.15, *а*, позволяет производить проверку характеристик средств РЗ, отключенных от сети присоединений первичным током без НТ, непосредственно от сети 380 В при токах от 10 до 2000 А, а с силовым блоком устройства "Сатурн-М1" при токах до 12000 А.

Вариант схемы проверки, представленной на рис. 1.15, *б*, предназначен для проверки характеристик средств РЗ первичным током с использованием НТ. При проверке обеспечивается возможность регулирования тока в первичной цепи НТ в пределах 0,3 – 300 А и измерения тока во вторичной цепи в пределах 10 – 2500 и 20 – 30000 А при использовании соответственно встроенного и внешнего ТТ. В качестве резистора *R* может использоваться резистор сопротивлением 70 – 100 Ом и мощностью 150 – 200 Вт.

Останов секундомера должен производиться от контактов проверяемых средств РЗ(*К*), либо вспомогательного контакта выключателя присоединения в положении "Внутр." или "Внешн." для замыкающего или размыкающего контакта соответственно.

1.8. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ "САТУРН-М" И "САТУРН-М1"

Измерение значений токов КЗ рекомендуется проводить в ручном режиме при длительности протекания тока 0,02 с и ожидаемых значениях тока до 2 кА при открытии тиристоров 100 %.

При ожидаемых значениях тока в пределах 2 – 12 кА рекомендуется устанавливать открытие тиристоров на 50 %, при этом использовать силовой блок. Коэффициент расчета истинного тока КЗ следует принимать равным 2. По возможности следует уточнить ток КЗ при 100 % открытии тиристоров.

Измерение значений токов КЗ рекомендуется производить при длительности протекания тока 0,02 с независимо от типа установленного автоматического выключателя. Четное число полуволн способствует повышению точности измерения тока КЗ.

Задание и измерение синусоидального тока запрещается при ожидаемых значениях тока более 2 кА для базового блока и более 12 кА для силового устройства. Установка угла открытия тиристоров на 50 % и менее в этом случае не рекомендуется для избежания возможного повреждения тиристоров из-за большего мгновенного значения тока.

Для повышения точности измерения тока при наличии апериодической составляющей измерение тока при проверке ЭМР АВ рекомендуется производить при установке целого числа периодов тока.

Следует учитывать, что снижению апериодической составляющей способствует увеличение активной составляющей в сопро-

тивлении цепи тока по отношению к реактивной (индуктивной). Поэтому при проверке автоматических выключателей рекомендуется применять дополнительные провода относительно небольшого сечения (исходя из термической и электрической прочности при малом времени протекания тока) для увеличения активного сопротивления цепи, в которой производится искусственное КЗ. Это благоприятно сказывается на снижении апериодической составляющей, а также позволяет увеличить угол открытия тиристоров, что уменьшает погрешности при измерении несинусоидального тока.

При проверке тепловых расцепителей АВ влияние апериодической составляющей тока практически не отражается на точности измерения, но в ряде случаев измеренный ток оказывается меньше установленного. Истинным значением тока следует считать измеренное значение тока.

При проверке ЭМР АВ в автоматическом режиме периодическое воздействие импульсов тока иногда может уменьшить значение тока срабатывания ЭМР АВ. Проверка ЭМР АВ (особенно ЭМР с выдержкой времени) может производиться в ручном режиме при однократной подаче тока с установкой угла открытия тиристоров, предварительно определенном в автоматическом режиме.

Измерение тока срабатывания ЭМР АВ для обеспечения плавного регулирования тока, снижения влияния дискретности регулирования тока и повышения точности проверки рекомендуется производить при углах открытия тиристоров 30 – 40 % и более.

При проверках ЭМР с относительно малым током срабатывания (до 200 – 300 А) для этого последовательно в цепь тока рекомендуется включать дополнительный резистор сопротивлением 0,5 – 1,0 Ом (мощностью 1 – 2 кВт). При проверках ЭМР с большим током срабатывания (более 300 А) в качестве резистора могут использоваться отходящие от АВ провода или включенный в цепь тока дополнительный провод.

Проверку характеристик АВ большой мощности рекомендуется производить с помощью нагрузочного трансформатора, например, НТ-12 производства НПФ "Радиус". При этом существенно (в 20 – 30 раз) снижается нагрузка на сеть, уменьшается напряжение на контактах АВ и износ контактов. Включение указанного в паспорте резистора параллельно первичной обмотке НТ при этом обязательно, так как при его отсутствии возможны сбои в работе устройства.

ГЛАВА ВТОРАЯ

Универсальная компьютерная испытательная система для проверки сложных устройств релейной защиты "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М"

2.1. НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И НОВЫЕ УНИКАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

НПП "Динамика" выпускает компьютерные испытательные системы с 1993 г.: сначала — "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-31", затем — "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41" и, начиная с 1998 г., приступило к выпуску

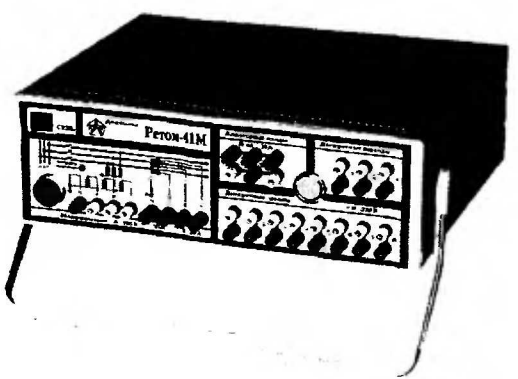

Рис. 2.1. **Испытательный прибор "РЕТОМ-41М"**

своей новой испытательной системы — "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" на базе нового мощного прибора "РЕТОМ- 41М" (рис. 2.1).

При разработке прибора "РЕТОМ-41М" был учтен шестилетний опыт эксплуатации приборов класса "РЕТОМ". В нем существенно повышена надежность, значительно улучшены некоторые технические характеристики и расширены функциональные возможности.

Новый прибор "РЕТОМ-41М" является универсальным испытательным средством и может использоваться как:

универсальный источник трехфазного тока и трехфазного напряжения, при этом каждая из величин может независимо регулироваться по амплитуде и фазе;

испытательная установка для проверки устройств РЗА с выдачей протокола испытаний;

универсальный измеритель токов, напряжений и частоты в широком диапазоне.

С помощью испытательной системы "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" можно проводить автоматизированные проверки простых и сложных устройств РЗА всех поколений: от электромеханических панелей и реле до самых современных отечественных и зарубежных микропроцессорных систем РЗА.

Кроме выполнения традиционных функций, испытательная система "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" предоставляет пользователю новые возможности и дополнительный сервис:

встроенный цифровой мультиметр;

имитация циклов однофазного и трехфазного АПВ для проверки устройств АПВ;

графическое задание сигналов токов и напряжений любой формы;

анализ поведения аппаратуры РЗА путем воспроизведения аварийной ситуации с любого цифрового осциллографа в формате COMTRADE. Предусмотрена возможность синхронизации нескольких приборов "РЕТОМ" для увеличения количества воспроизводимых сигналов тока и напряжения;

регулировка и проверка приборов определения места повреждения (ОМП);

проверка устройств РЗА путем имитации различных видов КЗ и качаний при помощи программы "Модель энергосистемы", в том числе при двухфазных КЗ на землю, КЗ с дугой, при обрыве фазы и др.;

формирование высокочастотных составляющих входных сигналов вплоть до сигнала 10-й гармоники, а также апериодических составляющих с любым требуемым законом изменения;

синхронизация двух приборов "РЕТОМ"для проверки полукомплектов РЗА.

2.2. КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

Испытательная система "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" работает совместно с компьютером IBM Pentium-166 и выше и включает в себя (рис. 2.2):

1) испытательный прибор "РЕТОМ-41М";

2) стандартное программное обеспечение, которое позволяет:

производить ручное управление источниками тока и напряжения;

проверять реле тока и напряжения в ручном и автоматическом режимах;

проверять дистанционную защиту в ручном и автоматическом режимах;

воспроизводить аварийные процессы, записанные цифровыми осциллографами;

проверять характеристики при несинусоидальных входных сигналах;

имитировать многофункциональный миллисекундомер;

моделировать энергосистемы;

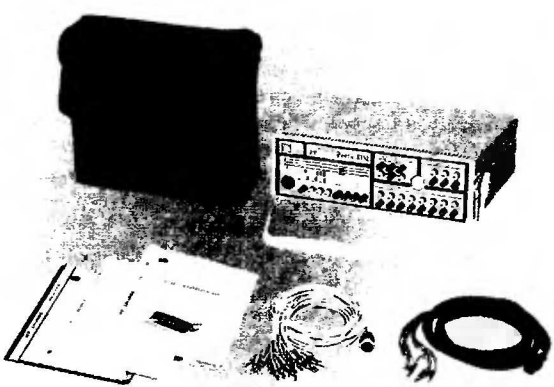

Рис. 2.2. **Комплект поставки испытательной системы "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М"**

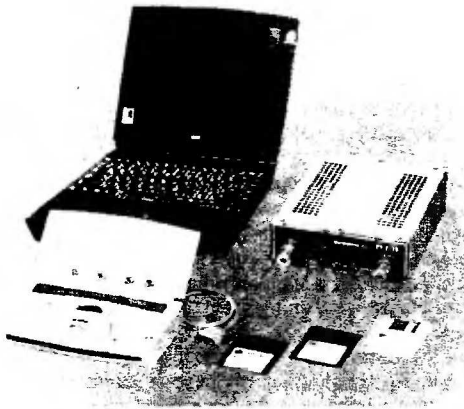

Рис. 2.3. **Дополнительное оборудование, включаемое в комплект поставки по желанию заказчика**

выполнять функции цифровых ампервольтметров, частотомера.

В комплект поставки также входят:

аксессуары: сумка для транспортирования прибора, кабель для подключения к компьютеру, кабель для силовых цепей (четыре провода для цепей напряжения, четыре провода для цепей тока, цветовая маркировка, оконцеватели: со стороны прибора — разъем типа ШР, со стороны защиты — штекеры), кабель для сигнальных цепей (13 пар для аналоговых измерительных входов, дискретных входов и контактных выходов, цветовая маркировка, оконцеватели: со стороны прибора — разъем типа ШР, со стороны защиты — штекеры), универсальный двухпроводный кабель — 4 шт.

По желанию заказчика в комплект поставки дополнительно могут быть включены (рис. 2.3):

специальные программы автоматизированной проверки различных типов реле и комплектных устройств РЗА с выдачей протокола испытаний;

блоки прецизионных трансформаторов тока "РЕТ-10";

портативный компьютер NOTEBOOK;

портативный принтер.

В настоящее время в дополнение к стандартному пакету программ разработаны для продажи следующие специальные программы для испытательной системы "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М":

проверка шкафов ШДЭ 2801, ШДЭ 2802;

проверка панели ДФЗ-201;

проверка панелей типа ЭПЗ 1636-67 всех исполнений;

проверка приборов ОМП;

задание сигналов токов и напряжений в циклах АПВ;

графическое задание сигналов токов и напряжений любой формы;

проверка и настройка синхронизатора типа СА-1;

проверка устройств АЧР;

проверка комплекта дистанционной защиты ДЗ-2;

проверка комплекта реле сопротивлений КРС-1;

проверка счетчиков электроэнергии;

проверка дифференциальных реле серий ДЗТ-10; РНТ-560;

проверка устройств блокировки при качаниях КРБ-125, КРБ-126;

проверка реле направления мощности РБМ-177, РБМ-178;

проверка максимального реле тока РТ-40, РТ-80, РТ-90;

проверка реле тока обратной последовательности РТФ-8, РТФ-9;

проверка реле тока РТ-40/Р;

проверка реле сдвига фаз РН-55;

проверка реле напряжения РН-53, РН-54; РН-58.

НПП "Динамика" совместно с АО "Фирма ОРГРЭС" проводит работы по расширению номенклатуры специальных программ, разработке форм протоколов и приведению их в соответствие с действующими нормативно-техническими документами по эксплуатации устройств РЗА.

2.3. БЛОК ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА ТИПА "РЕТ-10"

Блоки "РЕТ-10" (рис. 2.4) предназначены для расширения функциональных возможностей новой испытательной системы "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" и позволяют с высокой точностью масштабировать один из выходных токов токовых каналов с коэффициентами передачи 10 и 0,1 и обеспечивать работу прибора "РЕТОМ-41М" в широком диапазоне токов и нагрузок.

С потребительской точки зрения блок "РЕТ-10" позволяет существенно расширить технические возможности прибора "РЕТОМ-41М", а именно:

увеличить максимальный выдаваемый ток до 200 А;



Рис. 2.4. **Блок "РЕТ-10" в транспортной сумке**

уменьшить минимальный достоверный выдаваемый ток до 1 мА;
выдавать ток в диапазоне до 2 А при нагрузках до 65 Ом.

2.4. СТРУКТУРА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

На рис. 2.5 приведена структура испытательной системы "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ".

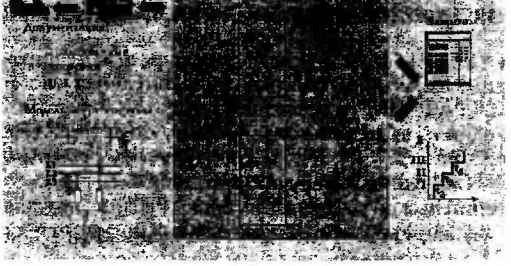

Рис. 2.5. **Структура испытательной системы**

Пользователь задает на ПЭВМ необходимые ему режимы работы, ПЭВМ рассчитывает заданные режимы и вырабатывает цифровые выборки токов и напряжений. Эти выборки передаются в прибор "РЕТОМ". Силовые цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) масштабируют поступающие цифровые выборки и формируют аналоговые сигналы токов I_A, I_B, I_C и напряжений U_A, U_B, U_C. Указанные сигналы подаются на вход проверяемого устройства РЗА. Выход проверяемого устройства в виде контактов реле подключается к цифровому входу прибора "РЕТОМ" и считывается ПЭВМ, которая обрабатывает эту информацию, синхронизирует ее с реальным временем и выдает в виде протокола испытаний на экран дисплея или внешнее печатающее устройство. ПЭВМ управляет также реле, установленными в приборе "РЕТОМ" (цифровой выход).

2.5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПРИБОРА "РЕТОМ-41М"

Источники тока

Количество	3	
Диапазон изменения тока	I	II
в трехфазном режиме в каждом канале, А	0.01 – 2,0	0,05 – 20,0
в однофазном режиме, А	–	0,6 – 60,0
в режиме источника постоянного тока, А	–	0,02 – 20,0
Минимальный шаг изменения тока, мА	0,25 ± 0,05	2,5 ± 0,5
Основная погрешность:		
в интервале 10 – 100 мА	± 0,5 мА	–
в интервале 0,1 – 2,0 А	0,5 %	–
в интервале 50 – 1000 мА	–	± 7,0 мА
в интервале 1,0 – 20,0 А	–	0,5 %
Дополнительная погрешность:		
в интервале 10 – 100 мА	± 0,5 мА	–
в интервале 0,1 – 2,0 А	0,25 %	–
в интервале 50 – 1000 мА	–	± 5,0 мА
в интервале 1,0 – 20,0 А	–	0,15 %
Характеристики по точности сохраняются в диапазоне нагрузок	0 – 0,62 Ом	
Максимальная выходная мощность каждого источника, Вт	не менее 250	

Каждый канал имеет защиту от перенапряжения при обрыве цепи нагрузки.

Зависимость максимального выходного тока от сопротивления нагрузки показана на рис. 2.6.

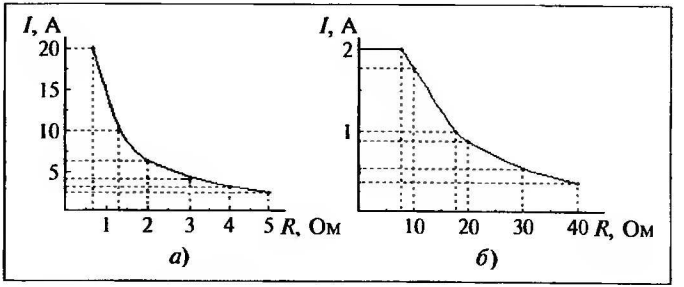

Рис. 2.6. **Зависимость максимального выходного тока от сопротивления нагрузки:** *а* — диапазон 20 А; *б* — диапазон 2 А

Источники напряжения

Количество	3
Диапазон изменения напряжения, В:	
в трехфазном режиме в каждом канале	0,1 – 120
в однофазном режиме	0,2 – 240
в режиме источника напряжения постоянного тока	0,2 – 320
Минимальный шаг изменения напряжения, мВ	12,5 ± 0,5
Коэффициент пульсаций постоянного напряжения при сопротивлении нагрузки 4,3 кОм	не более 0,1 %
Основная погрешность в диапазоне 0,1 – 120 В:	
в интервале 0,1 – 5,0 В	± 0,04 В
в интервале 5,0 – 120,0 В	0,5 %
Дополнительная погрешность:	
в интервале 0,1 – 5,0 В	± 0,04 В
в интервале 5,0 – 120,0 В	0,15 %
Сопротивление нагрузки, при котором сохраняются характеристики по точности, Ом	не менее 150
Максимальный выходной ток каждого источника, А	1
Максимальная выходная мощность каждого источника, Вт	не менее 60 (при напряжении 60 В)
Мощность в каналах напряжения остается максимальной при снижении напряжения сети питания, %	до 5

Каждый канал имеет защиту от КЗ в цепи нагрузки и от перегрузки усилителей по току и мощности.

При проверке времени возврата устройств с большой индуктивностью ($X_L/R > 5$) в режиме источника постоянного тока необходимо обеспечить защиту от перенапряжения внешними элементами (включение диода параллельно нагрузке).

Источники тока и напряжения

Промышленная частота, Гц . . . . . 50 ± 0,001
Диапазон изменения
промышленной частоты, Гц . . . . . 20 – 70 с шагом 0,01 Гц
Диапазон изменения фазы в каналах тока и напряжения
на промышленной частоте, град . . . . . 0 – 359
Минимальный шаг изменения фазы, град 0,1
Погрешность установки фазы каналов тока и напряжения, град 0.05
Расширенный диапазон частот
выдаваемых сигналов, Гц . . . . . 0,2 – 500,0 с шагом 0,2 Гц
Диапазон выдаваемых частот в режиме
эмуляции переходных процессов аварийных
ситуаций . . . . . от 0 Гц до 10-й гармоники промышленной частоты
Частотный диапазон в режиме синтеза сигналов сложной формы
и воспроизведения записей с цифровых регистраторов, Гц . . . . . от 0 до 500

Дискретные входы для приема состояния входной цепи

$R \leq 500$ Ом . . . . . замкнуто
$R \geq 1000$ Ом . . . . . разомкнуто
Количество . . . . . 8 (4 — стандартные, 4 — универсальные)
Тип . . . . . контакт, транзистор, ТТЛ 15 В
Допустимое напряжение на клеммах, В . . . . . 0 ÷ ≅ 220
Разрешающая способность определения изменения
состояния контактов, мс . . . . . не хуже 0,4
Погрешность измерения времени, % 0,1
Гальваническая изоляция входов между собой, В 500

Аналоговые измерительные входы

Количество	4	
Диапазон изменения	I	II
тока	0 – 20 мА	0 – 20 А
напряжения	0 – 10 В	0 – 300 В
Погрешность измерений, %	0,5 (I — для диапазона 0 – 20 А)	
Гальваническая изоляция от усилителей, В	1000	

Дискретные выходы

Тип	Оптореле	Контакт	Оптореле
Количество	2	1	1
Коммутационная способность при напряжении до 250 В	50 мА	5 А	0,5 А
Гальваническая изоляция выходов между собой	500 В		

Условия эксплуатации

Диапазон рабочих температур, °С . . . . . +1 ÷ +40
Нормальная температура, °С . . . . . 20 ± 5

Влажность воздуха . . . . . до 80 % при 25°С
Высота над уровнем моря, м . . . . . не более 2000
Группа условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1 . . . . . М23

Степень защиты испытательного устройства по ГОСТ 14254

По оболочке. IP20
Выходных клемм IP00
Класс защиты от поражения электрическим током
по ГОСТ 12.2.007.0 01
Гальваническая изоляция корпуса устройства, В 2500

Питание

Сеть 220 В $^{+10\%}_{-15\%}$ . . . . . 45 – 65 Гц

Потребляемая мощность, Вт . . . . . не более 2200

Массогабаритные показатели

Масса, кг . . . . . не более 18
Габариты, мм . . . . . 450 × 155 × 412 (без ручки).

2.6. РАБОТА ПРИБОРА "РЕТОМ-41М" ВМЕСТЕ С ТРАНСФОРМАТОРОМ ТОКА "РЕТ-10"

Как следует из технических параметров "РЕТОМ-41М", базовая погрешность его токовых каналов (0,3 %) регламентируется в диапазоне нагрузок 0 – 0,65 Ом. Чтобы расширить этот диапазон и сохранить при этом высокую точность выдачи тока, можно использовать прецизионный трансформатор "РЕТ-10", который производится НПП "Динамика" специально для работы с системой "РЕТОМ-41М" . Трансформатор выполнен на базе нанокристаллического сплава и имеет чрезвычайно малый ток намагничивания в штатных режимах.

Техинческие характеристики трансформатора

Базовая точность коэффициентов трансформации 0,3
Максимальное напряжение обмотки 2 А с $K_t = 10$,
при котором сохраняется базовая точность, В 125
Максимальное напряжение обмотки 200 А с $K_t = 0{,}1$,
при котором сохраняется базовая точность, В 1,2
Максимальное сопротивление нагрузки для обмотки 2 А, Ом 65
Максимальное сопротивление нагрузки для обмотки 200 А, мОм. 6
Номинальная мощность трансформатора, В · А 250
Время непрерывной работы на номинальной мощности, мин 10
Диапазон температур окружающей среды, °С. . . . . 0 ÷ +40

Габаритные размеры, мм . . . . . 100 × 260 × 320
Масса, кг 8,5
Сопротивление электрической изоляции корпуса
от токоведущих частей при $U_{исп}$ = 2,5 кВ, МОм 50

В комплект поставки испытательной системы "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" могут быть включены один или три блока "РЕТ-10". При этом выходные характеристики усилителей тока прибора "РЕТОМ-41М" будут расширены следующим образом:

Диапазон токов и выходная мощность:
с тремя блоками "РЕТ-10" . . . . . 3 × 0 ÷ 200 А; 3 × 250 В · А
1 × 0 ÷ 600 А; 1 × 750 В · А
с одним блоком "РЕТ-10" . . . . . 1 × 0 ÷ 200 А; 1 × 250 В · А
2 × 0 ÷ 20 А; 2 × 250 В · А
Шаг изменения тока:
при K_I = 10 . . . . . 2,5 мА в диапазоне до 20 А
25 мА в диапазоне до 200 А
при K_I = 0,1 . . . . . 0,025 мА в диапазоне до 0,2 А
0,25 мА в диапазоне до 2 А
Погрешность, % 0,3

2.7. ОСОБЕННОСТИ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Структурная схема аппаратной части испытательной системы показана на рис. 2.7.

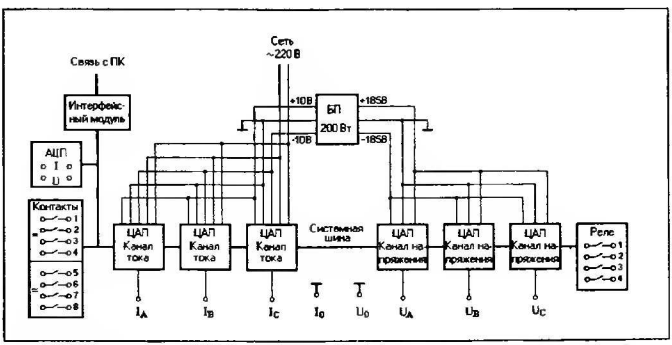

Рис. 2.7. **Структурная схема аппаратной части**

Основные узлы этой структуры:

три токовых канала с цифроаналоговыми преобразователями *ЦАП*;

три канала напряжения *ЦАП*;

интерфейсный модуль, осуществляющий связь "РЕТОМ" — ПЭВМ;

импульсные источники питания;

блок дискретных сигналов;

блок аналого-цифрового преобразования *АЦП*;

блок выходных реле.

Токовые каналы имеют два режима работы — 2 и 20 А. Это позволяет улучшить работу в области малых значений токов. Переключение между режимами работы можно осуществлять в любом канале независимо друг от друга.

Канал напряжения имеет нелинейную нагрузочную характеристику. На отрезке от 0 до 60 В характеристика имеет прямую зависимость выходной мощности от выходного напряжения, от 60 до 120 В — выходная мощность не зависит от напряжения и равна 60 Вт. Данная структура усилителя позволяет полнее реализовать энергетические параметры усилителя при проверках устройств РЗА.

Входы дискретных сигналов разбиты на две группы. Первая группа предназначена для проверки контактов с наличием напряжения постоянного тока (до 250 В), а вторая дополнена возможностью работы с напряжением переменного тока (до 250 В). Все каналы независимы, гальванически развязаны и могут работать с контактами типа "сухой контакт".

Выходные реле имеют разные характеристики по коммутируемому току, что существенно расширяет область их использования.

Двенадцатиразрядное АЦП двойного интегрирования имеет один канал, к которому подключены четыре входа: 20 мА, 20 А, 10 В, 300 В. Переменный сигнал перед измерением преобразуется в постоянный.

2.8. СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ

На рис. 2.8 приведена схема подключения проверяемой РЗА к устройству "РЕТОМ", а на рис. 2.9 — расположение соединительных клемм на лицевой панели устройства "РЕТОМ".

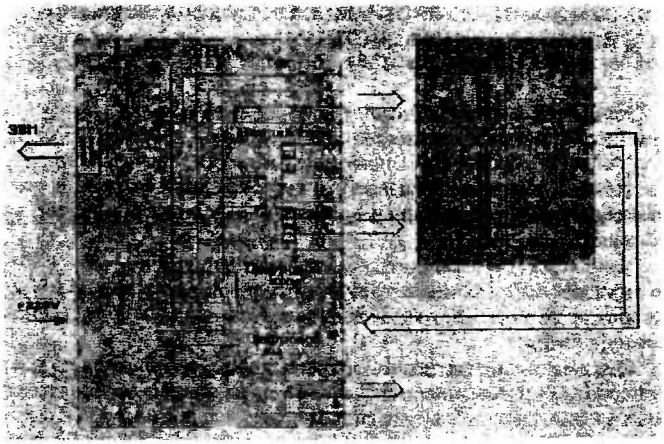

Рис. 2.8. **Схема подключения**

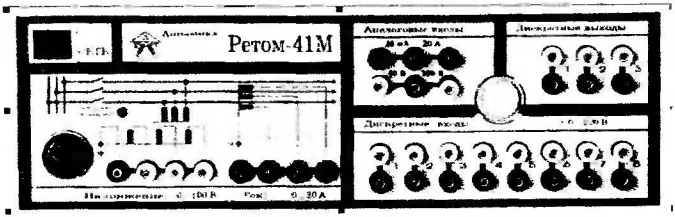

Рис. 2.9. **Передняя панель "РЕТОМ-41М"**

Питание устройства осуществляется от сети 220 В, 50 Гц.

Все операции по подключению проверяемой РЗА к устройству "РЕТОМ" осуществляются на его лицевой панели. Подключение устройства "РЕТОМ" к ПЭВМ осуществляется при помощи стандартного 25-контактного разъема, установленного на задней панели устройства. При этом со стороны ПЭВМ используется разъем для подключения принтера (параллельный порт LPT1).

2.9. СТАНДАРТНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М"

Стандартное программное обеспечение обязательно входит в комплект поставки испытательной системы "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" и обеспечивает новые возможности, значительно превосходящие возможности известных отечественных устройств и самых современных зарубежных испытательных приборов аналогичного класса.

Очень важно, что наличие дружественного интерфейса при работе с прибором абсолютно не требует специальных знаний в программировании и позволяет производить работы специалисту средней квалификации.

Кроме выполнения традиционных плановых и наладочных работ стандартное программное обеспечение предоставляет пользователю много новых возможностей, например: моделирование КЗ и качаний в ЭЭС, воспроизведение аварийных ситуаций с помощью формата COMTRADE, цифровой мультиметр, проверка характеристик при несинусоидальных сигналах и др.

Ручное управление источниками тока и напряжения. Программа предназначена для независимого управления тремя источниками тока и тремя источниками напряжения в ручном режиме. С помощью этой программы можно подвести к устройству РЗА следующие величины:

токи I_A, I_B, I_C, каждый из которых регулируется независимо друг от друга в диапазоне 0 – 20 А, при любых фазовых соотношениях между ними. При этом ток в нулевом проводе I_0 формируется как сумма фазных токов;

симметричный трехфазный ток в диапазоне 0 – 20 А. Фаза этой симметричной системы токов может изменяться относительно системы координат;

однофазный ток в диапазоне 0 – 60 А;

постоянный ток в диапазоне 0 – 30 А;

напряжения U_A, U_B, U_C, каждое из которых регулируется независимо друг от друга в диапазоне 0 – 120 В, при любых фазовых отношениях между ними;

симметричное трехфазное напряжение в диапазоне 0 – 120 В. Фаза симметричной системы может изменяться относительно системы координат;

однофазное напряжение в диапазоне 0 – 240 В;

напряжение постоянного тока в диапазоне 0 – 320 В.

Программа позволяет менять частоту выдаваемых параметров в диапазоне от 0,2 до 500 Гц с шагом 0,2 Гц, в диапазоне от 20 до 70 Гц с шагом 0,01 Гц.

Предусмотрена возможность подачи к проверяемой защите обратной последовательности токов и напряжений в трехфазном режиме.

Программа позволяет проводить проверку не только уставок по токам (напряжениям) срабатывания и возврата путем их плавного изменения, но и обеспечивает измерение времен срабатывания и возврата путем скачкообразного изменения любого из выбранных входных параметров, в том числе и частоты всей системы.

Встроенный в программу калькулятор облегчает работу при ручной проверке РЗА.

Проверка реле тока и напряжения. Программа предназначена для проверки тока и напряжения в ручном или автоматическом режимах и позволяет независимо управлять токами и напряжениями, создавать при проверке любую векторную диаграмму и осуществлять в режимах однофазных, двухфазных и трехфазных КЗ следующее:

проверку токов срабатывания и возврата реле тока с зависимой и независимой выдержками времени, напряжений срабатывания и возврата реле напряжения;

автоматическое вычисление коэффициента возврата и класса точности реле;

проверку времени срабатывания и возврата реле с учетом всех возможных углов возникновения повреждения;

построение зависимости $t = f(I)$ для многоступенчатой токовой защиты;

выдачу протокола испытаний.

Проверка дистанционной защиты. Программа предназначена для проверки дистанционных реле в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах и позволяет осуществить при однофазных, двухфазных и трехфазных КЗ следующее:

построение характеристик срабатывания всех ступеней дистанционных защит при повреждениях фаза – земля и фаза – фаза;

определение времени срабатывания и возврата быстродействующих ступеней с учетом всех возможных углов возникновения повреждения;

построение зависимости $t_{ср} = f(Z)$, характеризующей уставки всех ступеней дистанционной защиты и времена срабатывания ступеней при повреждениях фаза – земля и фаза – фаза;

выдачу протокола испытаний.

Модель энергосистемы. Математическая модель ЭЭС, реализованная на ПЭВМ, в сочетании с испытательным устройством "РЕТОМ", обеспечивающим физическое воспроизведение результатов математических расчетов, дает пользователю уникальную возможность проверки РЗА при режимах, близких к реальным режимам повреждений в ЭЭС. Дружественный диалоговый интерфейс позволяет удобно задавать параметры ЭЭС, токи и напряжения нагрузочного режима, место установки РЗА, вид и место повреждения.

Результаты испытаний обрабатываются и наглядно отображаются на экране дисплея. При этом на вход проверяемой РЗА подводятся токи и напряжения, рассчитанные с учетом переходных процессов в представленной ЭЭС. На основе этих испытаний пользователь может принять решение о параметрах, характеристиках и уставках РЗА, соответствующих его условиям.

Воспроизведение аварийных процессов, записанных цифровыми осциллографами. Для осуществления подробного анализа поведения устройств РЗА во время аварии "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ"позволяет многократно воспроизводить эту аварию, если она зафиксирована цифровым регистратором аварийных событий в формате COMTRADE. Наличие большого количества этих записей позволяет протестировать имеющееся оборудование и принять решение об использовании нового, вновь приобретаемого оборудования любых фирм.

Проверка характеристик при несинусоидальных входных сигналах. Программа предназначена для проверки характеристик различных устройств РЗА при подаче на их вход токов и напряжений произвольной формы. Несинусоидальность задается пользователем по его усмотрению путем введения во входные сигналы до десяти высших гармонических и апериодической составляющих.

Эта программа существенно упрощает настройку всевозможных фильтров, проверку земляных и дифференциальных реле, а также может использоваться для анализа отклонений характеристик срабатывания различных реле при несинусоидальных входных сигналах.

Имитатор многофункционального секундомера. Программа предназначена для проверки времен функционирования различных реле (промежуточных, времени, тока, напряжения) и позволяет измерять времена:

срабатывания;

возврата;

кратковременного переключения (срабатывания и возврата);

разновременности срабатывания двух контактов;

разновременности возврата двух контактов.

Имеется возможность задать число повторов измерения с расчетом индикацией среднего, максимального и минимального значений времени из серии измерений.

Для анализа времен переключения контактов (до восьми) устройства РЗА (например, ступенчатой токовой) в программе предусмотрен регистратор.

Цифровой мультиметр. Режим цифрового мультиметра предназначен для:

проверки работоспособности прибора "РЕТОМ";

контроля внешних силовых цепей тока или напряжения;

измерения промежуточных токов (напряжений) срабатывания и возврата;

автоматизации проверок устройств, имеющих стандартные аналоговые выходы.

Цифровой мультиметр измеряет ток, напряжение и частоту входного сигнала.

Диапазоны измерения по цепям тока:

синусоидального до 10 А, до 20 А (кратковременно);

синусоидального до 20 мА; постоянного до 10 А; постоянного до 20 мА.

Диапазоны измерения по цепям напряжения:

синусоидального до 300 В;

синусоидального до 10 В;

постоянного до 300 В;

постоянного до 10 В.

Диапазон измерения частоты:

от 30 до 300 Гц при измерении сигнала от прибора "РЕТОМ";

от 10 до 300 Гц при измерении внешнего сигнала.

При измерении частоты уровень сигнала должен быть выше 10 % максимального уровня на заданном диапазоне тока или напряжения.

Не допускается одновременное подключение сразу к двум измерительным клеммам напряжения или к двум клеммам тока. При этом выбирается только один из каналов (ток или напряжение) для отображения на экране. Частота сигнала отображается во всех режимах.

2.10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОВЕРКИ

Новое направление в разработках НПП "Динамика" — создание специальных автоматических проверочных работ для наиболее сложных и широко используемых в эксплуатации реле и комплектных устройств РЗА. В сочетании с испытательным прибором "РЕТОМ-41М" эти проверочные программы с автоматической выдачей протокола испытаний позволяют существенно повысить объективность проверки, значительно снизить трудозатраты и в 3 – 4 раза сократить продолжительность работ.

В программах имеется возможность создавать архив проверок, используется ориентированный на пользователя интерфейс (меню, кнопки, горячие клавиши), в режиме *Помощь* представлены схемы соединения соответствующих реле с прибором "РЕТОМ" во время проверки и пояснения по работе программ, что делает их легкими для изучения и использования.

Программы автоматически оценивают результат проверки по каждому пункту меню и выдают сообщения о необходимых действиях персонала при каждой проверке, после окончания которой можно напечатать полный или выборочный протокол стандартной формы.

Проверка панелей типа ЭПЗ-1636-67. Программа позволяет при работе с испытательным прибором "РЕТОМ-41М" в полном объеме автоматически проверить следующие функции:

ступенчатые характеристики $Z = f(t)$ для дистанционной защиты и $I = f(t)$ для токовой земляной защиты;

для реле сопротивления ДЗ-2 и КРС-1 при всех видах КЗ: характеристику срабатывания и возврата в плоскости Z, угол максимальной чувствительности, сопротивление уставки, коэффициент возврата, смещение, эллиптичность, ток точной работы, время срабатывания и возврата;

для блокировки при качаниях КРБ-126 (125): токи (напряжения) срабатывания и возврата по I_0 и I_2 (U_2), характеристику торможения, зависимость уставки от отклонения частоты и загрубление при частоте гармоник, напряжение срабатывания и возврата реле напряжения, время фиксации пуска;

для блокировки при неисправностях цепей напряжения КРБ-12: исправность резисторов в обмотках "звезды", компенсацию всех обмоток, напряжение срабатывания от фазных обмоток и обмотки разомкнутого треугольника;

для реле направления мощности РБМ-17 (в комплекте КЗ-10 и отдельно установленного): угол максимальной чувствительности и угловую зону действия, характеристику срабатывания в плоскости Z, чувствительность по току и напряжению, отсутствие самоходов, время срабатывания;

для реле тока РТ-40, в том числе в комплектах КЗ-9 (МФО), КЗ-10 (ТЗНП) и реле РТ-40/р (УРОВ): ток срабатывания и возврата, время срабатывания;

электрические характеристики реле постоянного тока.

Проверка основных характеристик измерительных органов панели ЭПЗ-1636-67 при помощи программы занимает от 4 до 8 ч. Дружественная оболочка программы позволяет изменять параметры проверки и масштаб характеристик. Развитая *Помощь* предлагает проверяющему схемы подключения аппаратуры и подсказывает необходимые действия при переходе к очередному пункту проверки.

Проверка шкафа защит типа ШДЭ-2801(02) осуществляется в следующем объеме.

Дистанционная защита:

определение уставок срабатывания всех ступеней при всех видах междуфазных КЗ;

определение угла максимальной чувствительности и эллипсовидности для 1-й ступени;

определение тока точной работы для каждой ступени в отдельности;

проверка правильности формы характеристик срабатывания реле сопротивления;

проверка смещения "за спину" для 2-й ступени;

контроль правой боковой стороны характеристики для 2-й и 3-й ступеней;

проверка времени действия контура памяти и его направленности;

проверка времени ввода канала автоматического ускорения при включении выключателя;

определение времени срабатывания всех ступеней с учетом различных видов ускорений;

определение чувствительности блокировки при качании по чувствительному и грубому каналам прямой и обратной последовательностей;

определение времен ввода по быстрому каналу для чувствительного и грубого входов;

определение времен ввода по медленному каналу;

проверка работоспособности блокировки при неисправности в цепях напряжения;

комплексная проверка дистанционной защиты.

Токовая защита:

определение уставок срабатывания ТЗНП I – 4-й ступеней максимальной токовой отсечки (МТО), УРОВ;

проверка времен срабатывания ТЗНП I – 4-й ступеней с различными ускорениями;

проверка времени срабатывания по каналам МТО, УРОВ;

определение угла максимальной чувствительности и мощности срабатывания органа напрвления мощности (ОНМ);

комплексная проверка токовой защиты.

Резервный комплект:

определение уставок срабатывания всех ступеней ДЗ при всех видах междуфазных КЗ;

определение угла максимальной чувствительности и эллипсовидности для 1-й ступени;

определение тока точной работы для каждой ступени ДЗ в отдельности;

проверка правильности формы характеристик срабатывания реле сопротивления;

проверка смещения "за спину" и контроль правой боковой стороны для 2-й ступени ДЗ;

проверка времени действия контура памяти и его направленности;

определение времени срабатывания ДЗ I и 2-й ступеней;

определение уставок срабатывания ТЗНП I и 2-й ступеней;

проверка времен срабатывания ТЗНП I и 2-й ступеней;

определение угла максимальной чувствительности и мощности срабатывания ОНМ;

комплексная проверка дистанционной и токовой защиты.

Задание сигналов тока и напряжений в циклах АПВ. Программа позволяет сымитировать до восьми циклов АПВ (как однофазного, так и трехфазного) и проверить логику работы большинства существующих устройств АПВ.

Реализуются следующие функции:

моделирование предшествующего режима: задание симметричной схемы U и I, угла между ними, времени предшествующего режима;

задание аварийного режима (КЗ): *A0*, *B0*, *C0*, *AB*, *BC*, *CA*, *ABC*; значений $U_к$, $I_к$, угла между ними, времени аварии;

задания пофазного или трехфазного отключения, времени отключенного состояния;

задание режима АПВ — успешное или неуспешное, в случае неуспешного АПВ цикл аварии повторяется до 8 раз;

программирование времен срабатывания и возврата двух выходных реле прибора "РЕТОМ" для воздействия на логику АПВ;

просмотр и запись в *Архив* осциллограммы циклов АПВ, срабатывание/возврат контактов;

вывод результатов испытаний на печать.

Программа для автоматической проверки панели защит ДФЗ-201. Проверка дает пользователю возможность удобно и быстро провести полную или частичную проверку основных характеристик панели типа ДФЗ-201, автоматически получив при этом стандартный протокол проверки. Она позволяет проверять любое исполнение панели: с номинальным током 1 или 5 А, с промежуточными ТТ и без них. Программа выполняет весь объем регламентных проверок, заданных методическими указаниями Союзтехэнерго.

В комплекте с прибором "РЕТОМ" программа обеспечивает удобство и наглядность проверки; графическое представление характеристик; автоматическую распечатку и объективность протокола; подсказки (включая схемы подключения аппаратуры при различных видах проверки) и режим *Помощь*; возможность анализировать детали характеристик; ранее недоступные проверки (например, прямую проверку чувствительности пуска защиты по току обратной последовательности).

Проверка пускового органа:

фильтра токов обратной и нулевой последовательности (коэффициент передачи, чувствительность при двух- и однофазных КЗ, стабилизация выходного напряжения);

безынерционного пуска;

токовых фазных реле;

реле сопротивления (фильтр 2-й гармоники, схема сравнения, блок питания, угол максимальной чувствительности, уставка, угловая характеристика, ток точной работы).

Проверка органа управления (манипуляция):

коэффициента передачи;

угла между входным током и выходным напряжением;

чувствительности к трехфазному КЗ.

Проверка органа сравнения фаз:

характеристики манипуляции (зависимость длительности пакета импульсов на выходе приемника от напряжения на выходе органа манипуляции);

фазной характеристики (зависимость тока в приемном реле от угла сдвига пакетов импульсов с двух концов линии);

угла блокировки (токи срабатывания и возврата 2-ПР4, углы срабатывания и возврата);

действия реле 2-ПР3 и 2-ПР4 от переменного напряжения.

Проверка общих цепей панели:

характеристики намагничивания и коэффициента трансформации промежуточных ТТ;

аппаратуры схемы постоянного тока;

потребления в цепях панели.

Комплексная проверка панели:

времени срабатывания при КЗ в зоне;

поведения защиты при КЗ вне зоны;

взаимодействия с другими устройствами.

Проверка приборов ОМП. Программа позволяет в автоматическом режиме проверять приборы ОМП типов ФИП, ФМП, ИМФ и др., устанавливаемые на ВЛ с глухозаземленной нейтралью 110 кВ и выше и фиксирующие все виды КЗ, либо на ВЛ 6 – 35 кВ с изолированной (компенсированной) нейтралью и фиксирующие междуфазные КЗ. Проверка осуществляется путем физического воспроизведения режимов повреждений в ЭЭС.

Программа позволяет:

выбирать необходимую конфигурацию модели ЭЭС:

а) ВЛ с двумя ЭДС;

б) ВЛ с отпайкой, КЗ на отпайке;

в) ВЛ с отпайкой, КЗ наВЛ;

г) параллельные ВЛ, КЗ на своей ВЛ;

задавать значения ЭДС, частоты сети, длину ВЛ, длину отпайки, удельного сопротивления *R1*, *R0*, *X1*, *X0* "своей" ВЛ и отпайки; сопротивления *R1*, *R0*, *X1*, *X0* "за спиной" и на другом конце ВЛ, параллельной ВЛ; коэффициенты трансформации K_U, K_I;

задавать необходимый вид КЗ: однофазное, двухфазное, двухфазное на землю, трехфазное; дуговое или металлическое;

осуществлять ручную типовую проверку ОМП методом задания симметричных составляющих *U* и *I*;

в автоматическом режиме проверять различные дистанции до КЗ через заданные промежутки с разными углами включения и разными сопротивлениями дуги;

записывать проверки в *Архив* и выдавать протокол испытаний на печать;

просматривать осциллограмму аварии.

Проверка комплекта реле сопротивлений КРС-1. Программа предназначена для проверки реле КРС-1 всех исполнений.

Меню полной проверки:

угол максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч}$;

характеристика $Z(\varphi)$ с определением уставки $Z_у$, смещения $Z_{см}$ и коэффициента возврата;

эксцентриситет ε;

ток точной работы $I_{т.р}$ со снятием характеристики $Z_{ср}(I)$;

отсутствие самоходов по току и напряжению;

отсутствие самохода при разомкнутых цепях напряжения;

отсутствие ложного срабатывания при двухфазных КЗ "за спиной" и трехфазных КЗ "за спиной" в тупиковом режиме защищаемой ВЛ;

время срабатывания и возврата. Проверки можно производить для всех двухфазных и трехфазного КЗ.

Графическое представление характеристик реле сопротивления можно по желанию приводить к удобному виду.

Графическое задание сигналов тока и напряжений любой формы. Данную программу можно назвать иначе — "рисование сигналов U и I". Этот продукт дает уникальную возможность работы с прибором "РЕТОМ", а именно:

моделировать предшествующий режим;

в представленном масштабе (ось абсцисс — время, минимальная дискретность 200 мкс, ось ординат — безразмерная единица) рисовать с помощью "мыши" необходимый сигнал, форма которого может быть любой: "испорченная" синусоида, пила, треугольная, прямоугольная и т.д.;

задавать действующее значение нарисованного сигнала: напряжения, тока, частоты (диапазон 20 – 500 Гц), фазы;

задавать время выдачи выбранных сигналов;

если необходимо более одного цикла выдачи, "нарисовать" и последующие циклы (их всего четыре);

записать в архив осциллограммы после просмотра, а результаты испытаний выдать на печать.

Помимо "вольного" обращения с формами U и I, существует одно неоценимое свойство данной программы: вооружившись линейкой и просматривая записанный осциллографом "шлейф" аварии, можно "нарисовать" необходимые токи и напряжения, воспроизводя все циклы аварии, которую можно через прибор "РЕТОМ" вновь подать на РЗА.

Проверка устройств АЧР. Программа позволяет в автоматическом режиме проверить следующие функции:

частоту срабатывания и возврата;

время срабатывания и возврата;

предотвращение глубокого снижения частоты;

контроль восстановления частоты в ЭЭС;

АПВ ранее отключенных нагрузок при повышении частоты до номинальных значений;

предотвращение лавинного снижения частоты по скорости снижения частоты.

Программа дает возможность:

регулировать частоту в диапазоне 40 – 60 Гц с точностью 0,002 Гц;

задавать как снижение, так и увеличение частоты по линейному закону в диапазоне 0,01 – 20 Гц/с;

описывать сценарий изменения частоты в сети как при недостатке мощности, так и при аварии;

внешними контактами управлять изменением частоты;

контролировать времена срабатывания контактов.

Программа написана в содружестве с НТЦ "Механотроника", производителем БМАЧР.

Проверка комплекта дистанционной защиты ДЗ-2. Программа предназначена для проверки двухступенчатой дистанционной защиты типа ДЗ-2. Она охватывает все исполнения ДЗ-2.

Главное меню проверок:

характеристики реле сопротивления 1-й и 2-й ступеней (угол максимальной чувствительности, угловая характеристика, уставка, смещение, ток точной работы, отсутствие самоходов и ложных срабатываний, действие по памяти);

блокировка при неисправности цепей напряжения (ток срабатывания и возврата реагирующего органа, компенсация фазной обмотки обмотками разомкнутого треугольника и линейным напряжением, исправность "звезды" резисторов, напряжение срабатывания от каждой обмотки);

характеристики промежуточных реле (напряжение срабатывания, возврата, времена срабатывания и возврата промежуточных и указательных реле и реле времени — при помощи программных моделей вольтметра и секундомера).

Программа строит на экране и выдает на печать в графическом виде основные характеристики реле сопротивления $Z_{ср}(\varphi)$, $Z_{ср}(I)$.

Проверка и настройка синхронизатора типа СА-1. Программа предназначена для проверки и настройки автоматического синхронизатора включения синхронных генераторов на параллельную работу и устройств подгонки частоты генератора к частоте сети при по-

мощи только испытательного устройства "РЕТОМ-41М" (без привлечения другой аппаратуры).

Программа позволяет в ручном и автоматическом режимах проверять следующие функции:

автоматическое включение выключателя при соблюдении всех условий;

коррекцию частоты генератора;

запрет на включение по разности напряжений;

запрет на включение по предельно допустимой частоте скольжения.

Во время проверки имеется возможность:

задавать напряжения сети и генератора;

задавать частоту генератора в диапазоне 47 – 53 Гц;

задавать скорость изменения частоты генератора от – 3 до +3 Гц/с;

определять время опережения — время от подачи импульса на включение выключателя до момента совпадения вектора напряжения генератора с вектором напряжения сети;

определять угол опережения;

определять частоту скольжения, при которой подан сигнал на включение выключателя;

определять значение ошибки на включение (в электрических градусах);

определять длительность импульса на включение выключателя;

определять длительность корректирующих по частоте импульсов "больше" и "меньше";

определять предельное значение скольжения и разность напряжений, при которых осуществляется запрет на включение выключателя.

Программа написана в содружестве с АО "Колэнерго".

Программа проверки счетчиков электроэнергии предназначена для проверки работоспособности и точности учета любых счетчиков электроэнергии. Она позволяет:

проверять учет активной, реактивной и полной энергии;

проверять точность работы счетчика (с классом до 0,5 включительно);

проверять одно- и трехфазные счетчики;

вводить коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов;

задавать различные условия останова процесса испытания:

по внешнему контакту;

по времени испытания;

по параметру счетчика;

сохранять информацию в архиве;

производить корректировку коэффициентов усиления прибора "РЕТОМ" для повышения класса точности (0,2).

Программа написана в соответствии с предложением, поступившем от ТЭЦ Горьковского автозавода (г. Нижний Новгород).

Программа дифференциальных реле серии ДЗТ-10 предназначена для проверки и регулировки реле типа ДЗТ-10 при профконтроле или первом включении. Она позволяет при однократно заданных условиях и режимах проводить многократную проверку технических параметров, а именно:

производить проверку технических параметров реле:

тока срабатывания и возврата исполнительного органа реле;

МДС срабатывания;

коэффициента возврата;

коэффициента надежности;

времени срабатывания и возврата;

тормозной характеристики;

характеристики намагничивания промежуточных трансформаторов;

отсутствия взаимной индукции между тормозной и вторичной обмотками;

характеристики потребляемой мощности;

производить точное выставление рабочей уставки реле;

вести архив всех протоколов и параметров испытаний;

настраивать параметры испытаний:

технические данные реле, по которым будут анализироваться результаты проверок;

условия проверок;

производить корректировку коэффициентов усиления прибором "РЕТОМ" для повышения класса точности (до 0,2).

Проверка реле напряжения РН-58. Программа предназначена для проверки и регулировки реле напряжения типа РН-58 при профконтроле или первом включении. Она позволяет:

производить проверку технических параметров реле:

напряжения срабатывания и возврата;

времени срабатывания и возврата;

коэффициента возврата по напряжению;

зависимости напряжения срабатывания от частоты;

автоматически составлять протокол проведенных испытаний, который можно распечатать на принтере;

вести архив всех протоколов и параметров испытаний;

измерять напряжение срабатывания при настройке рабочей уставки реле;

устанавливать параметры испытаний:

тип проверки; в зависимости от того, происходит ли новое включение реле или профконтроль, можно увеличить или уменьшить объем проверок;

допустимые отклонения, по которым будут анализироваться результаты проверки;

условия проверки (точность измерений в процентах, время воздействия на реле, пауза между проверками);

диапазон и шаг изменения частоты — для снятия зависимости напряжения срабатывания от частоты;

производить корректировку коэффициентов усиления прибора "РЕТОМ" для повышения класса точности (до 0,2).

Проверка устройства блокировки при качаниях КРБ-126. Программа предназначена для проверки устройства блокировки при качаниях типа КРБ-126 всех типоисполнений.

Меню полной проверки:

уставка по току обратной последовательности I_2 междуфазным, фазным и прямым методом, определение коэффициента возврата;

погрешность уставки по I_2 при отклонении частоты сети на ± 3 Гц;

загрубление уставки по I_2 для тока 5-й гармоники;

коэффициент торможения уставки по I_2 от тока фазы A;

уставка по току нулевой последовательности $3I_0$;

комплексная уставка устройства;

напряжение срабатывания и возврата реле напряжения;

время фиксации пуска прямым методом;

время ввода устройства в работу и время повторной готовности.

Проверка устройства блокировки при качаниях КРБ-125. Программа предназначена для проверки устройства блокировки при качаниях типа КРБ-125 всех типоисполнений.

Меню полной проверки:

уставка по напряжению обратной последовательности U_2 междуфазным, фазным и прямым методом, определение коэффициента возврата;

погрешность уставки по U_2 при отклонении частоты сети; уставка по току нулевой последовательности $3I_0$;

комплексная уставка устройства;

напряжение срабатывания и возврата реле напряжения;

время фиксации пуска прямым методом;

загрубление уставки по U_2 для напряжения 5-й гармоники;

время ввода устройства в работу и время повторной готовности.

Проверка реле направления мощности РБМ-177, РБМ-178. Программа предназначена для проверки реле направления мощности типов РБМ-177, РБМ-178. Она включает в себя:

проверку отсутствия самохода от тока;

проверку отсутствия самохода от напряжения;

проверку угла максимальной чувствительности;

проверку напряжения и мощности срабатывания и возврата;

проверку времени срабатывания и возврата;

проверку отсутствия срабатывания при сбросе обратной мощности;

проверку отсутствия вибрации контактов в заданном диапазоне мощности.

Проверка реле максимального тока РТ-80, РТ-90. Программы предназначены для проверки и регулировки максимальных реле тока типов РТ-80, РТ-90. Они позволяют:

производить проверку технических параметров реле:

тока срабатывания и возврата;

времени срабатывания (расчетного);

времени срабатывания (измеренного);

времени возврата;

коэффициента возврата;

временно́й характеристики;

зависимости времени срабатывания от частоты;

измерять ток срабатывания при настройке рабочей уставки реле;

устанавливать параметры испытаний:

тип проверки;

допустимые отклонения, по которым будут анализироваться результаты проверки;

условия проверки;

коэффициенты;

диапазон и шаг изменения частоты — для снятия зависимости тока срабатывания от частоты;

коэффициент коррекции прибора "РЕТОМ" для повышения класса точности (до 0,2).

Проверка реле тока обратной последовательности РТФ-8, РТФ-9. Программы предназначены для проверки и регулировки реле тока обратной последовательности типов РТФ-8, РТФ- 9. Они позволяют:

производить проверку технических параметров реле:

тока срабатывания и возврата;

времени срабатывания и возврата;

коэффициента возврата;

временной характеристики;

зависимости тока срабатывания от частоты;

зависимости тока срабатывания от оперативного напряжения;

измерять ток срабатывания при настройке рабочей уставки реле;

устанавливать параметры испытаний:

тип проверки;

допустимые отклонения, по которым будут анализироваться результаты проверки;

условия проверки;

коэффициенты;

диапазон и шаг изменения частоты — для снятия зависимости тока срабатывания от частоты;

диапазон и шаг изменения оперативного напряжения — для снятия зависимости тока срабатывания от оперативного напряжения;

коэффициент коррекции прибора "РЕТОМ" для повышения класса точности (до 0,2).

Проверка реле тока РТ-40/р. Программа предназначена для проверки трехфазного реле тока для УРОВ типа РТ-40/р. Полная программа включает в себя:

проверку тока срабатывания;

проверку тока возврата;

проверку коэффициента возврата;

проверку отсутствия вибрации контактов в заданном диапазоне токов;

проверку времени срабатывания;

проверку времени возврата.

Проверка уставки (тока срабатывания) реле производится при имитации всех (или выбранных пользователем) видов КЗ.

Погрешность определяется с автоматическим учетом разного числа витков в фазных обмотках и, значит, разной чувствительности реле к разным видам КЗ.

Проверка реле максимального тока РТ-40. Программа предназначена для проверки и настройки реле тока серии РТ-40. Она позволяет проверить следующие функции:

ток срабатывания реле;

ток возврата и коэффициент возврата;

временные параметры реле;

точную регулировку реле.

Уставки реле могут быть измерены в диапазоне от 0,05 до 200 А, при уставке более 60 А требуется подключение повышающего

трансформатора тока. Перед проверкой тока возврата осуществляется прижатие якоря реле путем подачи повышенного значения тока (более 1,2 $I_{ср}$).

Время срабатывания измеряется при нескольких значениях тока. В программе имеется возможность получить времятоковую характеристику срабатывания реле. Время возврата реле проверяется при скачкообразном уменьшении тока в обмотках реле от 1,2- до 20-кратного значения тока срабатывания. Программа позволяет измерить время переключения контактов, а также проверить отсутствие вибрации контактов.

Проверка реле сдвига фаз РН-55. Программа позволяет в автоматическом режиме проверить следующие функции:

угол срабатывания и возврата;

напряжение срабатывания и возврата;

время срабатывания и возврата;

коэффициент возврата.

Проверка угла срабатывания и возврата производится путем выдачи номинальных напряжений на катушки реле и плавного изменения угла сдвига фаз.

Время срабатывания и возврата проверяется при регулируемой кратности угла по отношению к уставке. Производится анализ измеренных параметров на допустимые отклонения согласно техническим характеристикам реле.

Отличительной чертой программы является проверка характеристик реле на разных частотах и снятие зависимости угла срабатывания от частоты.

В режиме *Новое включение* автоматически осуществляется проверка выбранных параметров на минимальной, максимальной и рабочей уставках. Имеется возможность настроить реле на заданную уставку.

Объем проверок при профконтроле уменьшен, что значительно ускоряет проведение диагностики.

Проверка дифференциальных реле типа РНТ-560. Программа предназначена для проверки и регулировки реле типа РНТ-560 при профконтроле или первом включении. Она позволяет:

производить проверку технических параметров реле:

тока срабатывания и возврата исполнительного органа реле;

МДС срабатывания;

коэффициента возврата;

коэффициента надежности;

времени срабатывания и возврата;

отстройки от апериодической составляющей;

характеристики намагничивания насыщающихся трансформаторов;

правильности подключения КЗ обмотки;

вести протокол проведенных испытаний, который можно распечатать на принтере;

производить точное выставление рабочей уставки реле;

вести архив всех протоколов и параметров испытаний;

настраивать параметры испытаний:

технические данные реле, по которым будут анализироваться результаты проверок;

условия проверок;

производить корректировку коэффициентов усиления прибора "РЕТОМ" для повышения класса точности (до 0,2).

Проверка реле напряжения РН-53, РН-54. Программы предназначены для проверки и регулировки реле типов РН-53, РН-54. Они позволяют:

производить проверку технических параметров реле:

напряжения срабатывания и возврата;

времени срабатывания и возврата;

коэффициента возврата по напряжению;

зависимости напряжения срабатывания от частоты;

автоматически составлять протокол проведенных испытаний, который можно распечатать на принтере;

вести архив всех протоколов и параметров испытаний;

измерять напряжение срабатывания при настройке рабочей уставки реле;

устанавливать параметры испытаний:

тип проверки; в зависимости от того, происходит ли новое включение реле или профконтроль, можно увеличить или уменьшить объем проверок;

допустимые отклонения, по которым будут анализироваться результаты проверки;

условия проверки (точность измерений в процентах, время воздействия на реле, пауза между проверками);

диапазон и шаг изменения частоты — для снятия зависимости напряжения срабатывания от частоты;

производить корректировку коэффициентов усиления прибора "РЕТОМ" для повышения класса точности (до 0,2).

Результаты всех проверок оформляются в виде протокола и выводятся на принтер любого типа. Помимо результатов испытаний протокол отражает и все условия проведения проверок. Протокол может быть также записан на дискету.

2.11. БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТ

В системе "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" предусмотрены специальные решения, обеспечивающие безопасность проведения работ, защиту самого прибора "РЕТОМ" и, что очень важно, — проверяемой аппаратуры РЗА. К этим мерам можно отнести следующие основные программно-аппаратные решения.

Сигнализация о наличии холостого хода в цепях тока на выходе прибора "РЕТОМ-41М". Этот режим неопасен для самого устройства и свидетельствует о неисправностях в цепях тока проверяемой РЗА или ошибках в схеме ее подключения.

Защита и сигнализация о наличии КЗ или перегрузки в цепях напряжения на выходе прибора. Срабатывание защиты свидетельствует о неисправностях в цепях напряжения проверяемой РЗ или ошибках в схеме ее подключения.

Защита от неисправностей в линии связи с ПЭВМ или программных сбоев в ПЭВМ. В этом случае блокируются выходные каскады усилителей и на выходе прибора отсутствуют токи и напряжения.

Тепловая защита, которая выключает силовые каналы в случае перегрева, который может произойти при аномальной работе системы охлаждения.

Индикатор на лицевой панели прибора, сигнализирующий о наличии на выводах прибора опасного для жизни напряжения.

Быстрое и надежное подключение прибора к проверяемой РЗА с помощью двух байонетных разъемов, установленных на лицевой панели прибора. Эти разъемы радикально увеличивают безопасность работ, поскольку устраняют манипуляции с присоединением силовых проводов.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Портативный испытательный прибор "РЕТОМ-11" для проверки простых реле

3.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Прибор "РЕТОМ-11" — это малогабаритный и мощный испытательный прибор, который содержит два независимых источника и обеспечивает:

выдачу регулируемого постоянного напряжения 0 – 300 В (1 А);

выдачу регулируемого однофазного переменного тока 0 – 200 А;

выдачу регулируемого однофазного переменного напряжения 0 – 250 В (4 А);

измерение выдаваемых и внешних токов и напряжений с помощью встроенного цифрового мультиметра;

измерение временны́х характеристик различных реле и коммутационных аппаратов в диапазоне 0,001 – 100 с с помощью встроенного цифрового секундомера.

Работы могут выполняться и на открытом воздухе при температуре от – 20 °С до +50 °С.

Прибор "РЕТОМ-11" для проверки простых реле — это естественное дополнение к компьютерной испытательной системе "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" для автоматизированной проверки сложных устройств РЗА.

Испытательный прибор "РЕТОМ-11" дает возможность производить проверку тока, напряжения, времени срабатывания и возврата соответствующих реле и основных характеристик различных устройств. Прибор "РЕТОМ-11" имеет встроенный цифровой мультиметр (вольтметр и амперметр) и универсальный цифровой миллисекундомер.

3.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПРИБОРА "РЕТОМ-11"

Вспомогательное регулируемое напряжение постоянного тока. Выход = U

Диапазон регулировки выходного напряжения, В . . . . . 0 – 300
Номинальный выходной ток, А 1
Номинальная выходная мощность, Вт 220
Дискретность выставления выходного напряжения, В 0,3
Пульсации напряжения на сопротивлении 220 Ом, % . . . . . не более 6
Временная нестабильность напряжения, %/мин . . . . . не более 0,01
Защита . . . . . плавкий предохранитель, термопрерыватель

Вспомогательное регулируемое напряжение переменного тока. Выход ~ U_1

Диапазон регулировки выходного напряжения, В . . . . . ~ 0 – 220
Номинальный выходной ток, А 1
Номинальная выходная мощность, В · А 220
Дискретность выставления выходного напряжения, В 0,25
Временная нестабильность напряжения, %/мин . . . . . не более 0,005
Защита . . . . . термопрерыватель

Регулируемое переменное напряжение. Выход ~ U_2

Диапазон регулировки выходного напряжения, В . . . . . 0 – 250
Номинальный выходной ток, А 4
Номинальная выходная мощность, В · А 1000
Дискретность выставления выходного напряжения, В 0,5
Временная нестабильность напряжения, %/мин . . . . . не более 0,005
Защита . . . . . плавкий предохранитель, сетевой термопрерыватель

Регулируемый переменный ток или напряжение. Выход ~ U_3, ~ I

Диапазоны регулировки выходного тока, А . . . . . 0 – 10 и 0 – 200
Диапазоны регулировки выходного напряжения, В . . . . . 0 – 100
Возможность выбора одного из шести режимов по номинальному току и напряжению с помощью силового штифтового коммутатора:

Режим	1	2	3	4	5	6
$U_{вых.ном}$, В	250	100	50	20	10	5
$I_{вых.ном}$, А	4	1	10	50	100	200

Номинальная выходная мощность, В · А 1000
Дискретность выставления тока-напряжения . . . . . 0,2 % $X_{вых.ном}$
Временная нестабильность напряжения, %/мин . . . . . не более 0,01
Защита . . . . . плавкий предохранитель, сетевой термопрерыватель

Встроенный цифровой мультиметр

Пределы измерения напряжения, В	2	20	200	200 – 500
Пределы измерения тока, А	0,2	1	10	200

Минимально допустимое значение измерения:
тока . . . . . 5 % предела измерения

напряжения . . . . . 10 % предела измерения
Предел допустимых значений погрешности измерения, %:
силы и напряжения постоянного тока
при температуре 1 – 50 °С . . . . . не более 1,5 (для "2 В")
0,5 (для остальных диапазонов)
при температуре – 20 – 0 °С . . . . . не более 2
силы и напряжения переменного тока
при температуре 1 – 50 °С . . . . . не более 1,5
при температуре – 20 – 0 °С . . . . . не более 4
Входное сопротивление вольтметра, кОм . . . . . 110 ± 5 %
Полное сопротивление амперметра (на частоте 50 Гц), Ом:
предел 200 А, 5 В . . . . . не более 0,075
предел 10 А, 50 В . . . . . не более 0,6
предел 1 А, 100 В . . . . . не более 2,5

Встроенный цифровой секундомер обеспечивает измерение следующих параметров:

времени срабатывания контакта;
времени возврата контакта;
длительности замкнутого состояния контакта;
длительности разомкнутого состояния контакта;
разновременности срабатывания двух контактов;
разновременности отпускания двух контактов.

Диапазон измерения . . . . . до 999,9 мс,
. . . . . до 99,99 с
Предел допустимых значений погрешности измерений:
диапазон (мс), % 1,0
диапазон (с), % 0,01
Тип входных сигналов . . . . . контакт НО, контакт НЗ
Вид входных сигналов . . . . . сухой контакт,
. . . . . контакт с потенциалом до = 250 В

Питание

Однофазная сеть . . . . . 220 В $^{+10\%}_{-15\%}$, 45 – 65 Гц
Потребляемая мощность, В · А 1350

Массогабаритные показатели

Масса, кг . . . . . не более 25
Габариты, мм:
корпуса . . . . . 430 × 350 × 185
с ручкой для переноски и опорными ножками . . . . . 450 × 370 × 195

Условия эксплуатации

Диапазон рабочих температур, °С . . . . . –20 ÷ +50
Нормальная температура, °С . . . . . 20 ± 2

Влажность воздуха, %	до 80 при 25 °С
Высота над уровнем моря, м	не более 2000
Группа условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1	М23

Степень защиты по ГОСТ 14254

Степень защиты:	
по оболочке	IP20
выходных клемм	IP00
Класс защиты от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0	01
Гальваническая изоляция корпуса устройства, В	1000
Изоляция гальванически разделенных цепей, В	1000

3.3. КОНСТРУКЦИЯ

Устройство испытательное "РЕТОМ-11" выполнено в корпусе типа "чемодан" со съемной крышкой. Рабочим положением прибора может быть как горизонтальное — при этом крышка просто откидывается, так и вертикальное — при этом крышка снимается. Рабочее поле устройства сосредоточено на лицевой панели. Внешний вид лицевой панели устройства с кратким описанием всех функциональных элементов панели приведен на рис. 3.1.

На внутренней поверхности крышки изображена функциональная схема устройства, наложенная на рисунок лицевой панели (рис. 3.2). Схема дает представление о назначении всех клемм, переключателей и регулировочных элементов устройства.

Рабочее поле прибора состоит из четырех функциональных зон.

1. ***Источник 1*** имеет два выхода $= U$ или $\sim U_1$. Выход $= U$ предназначен для использования в качестве источника оперативного тока. Выход $\sim U_1$ используется как вспомогательный источник переменного напряжения: диапазон 0 – 220 В, выходной ток до 1 А.

Оба указанных напряжения $= U$ или $\sim U_1$ регулируются с помощью ЛАТР1. *Их одновременное использование* ***недопустимо.***

2. ***Источник 2*** имеет два выхода $\sim U_2$ и $\sim U_3$, $\sim I$, предназначенные для выдачи испытательных токов и напряжений на проверяемое реле. К данным выходам подключается та или иная обмотка встроенного нагрузочного трансформатора. На этих выходах возможно шесть комбинаций номинальных выходных токов и напряжений. Выбор комбинации производится с помощью штифтового коммутатора по принципу "один из шести".

С выхода $\sim U_2$ снимается регулируемое переменное напряжение для проверки реле напряжения: диапазон 0 – 250 В, выходной ток до 4 А.

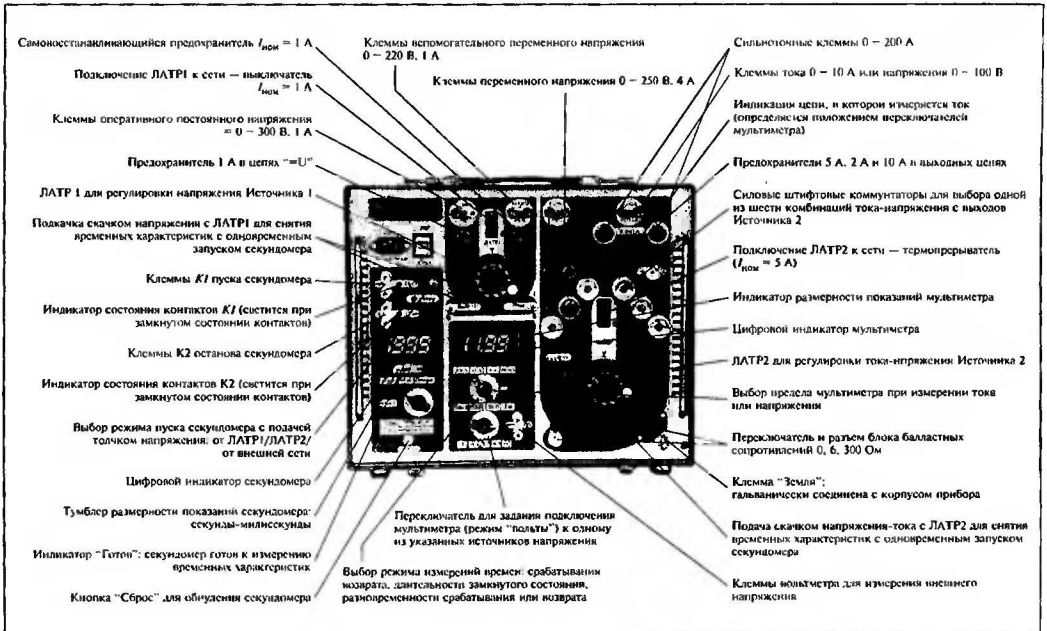

Рис. 3.1. **Лицевая панель устройства "РЕТОМ-11" с кратким описанием функциональных элементов**

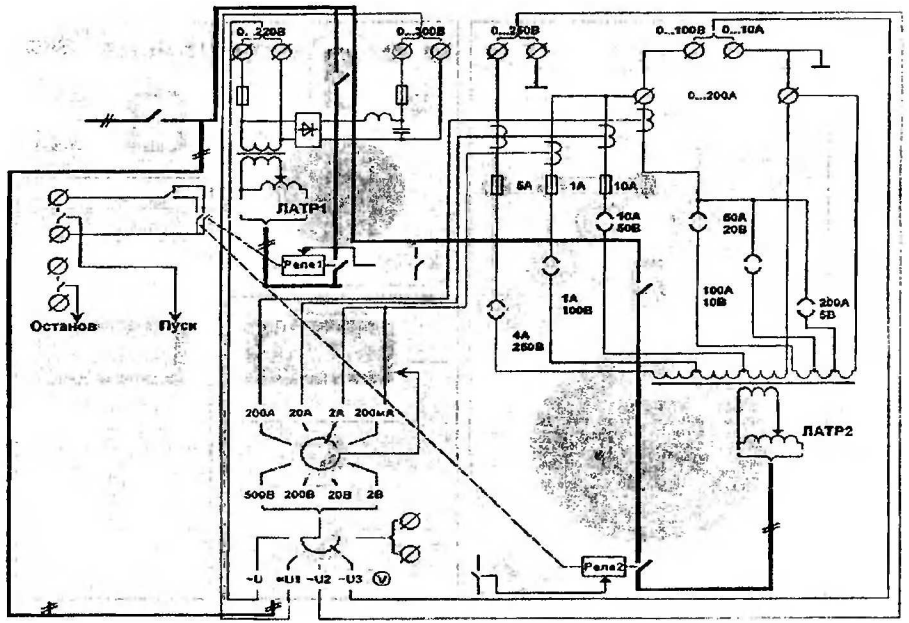

Рис. 3.2. Функциональная схема устройства "РЕТОМ-11"

Выход ~ U_3, ~ I является комбинированным мощным выходом и служит или для подачи регулируемого переменного тока в двух диапазонах: 0 – 10 А (снимается с обычных клемм) и 0 – 200 А (снимается с сильноточных клемм), или для более плавной подачи регулируемого переменного напряжения 0 – 100 В.

Для получения выпрямленного переменного тока до 10 А можно воспользоваться выпрямительным блоком В-210, который можно включить в комплект поставки по желанию потребителя. Подключается В-210 при помощи кабеля, а в устройстве "РЕТОМ-11" используется выход ~ U_3, ~ I (обычные клеммы).

Указанные токи и напряжения регулируются с помощью мощного ЛАТР2. *Одновременное использование выходов ~ U_2 и ~ U_3, ~ I недопустимо.*

Источник 2 допускает включение в цепь первичной обмотки нагрузочного трансформатора (см. рис. 3.2) балластных сопротивлений для получения растянутых диапазонов регулирования тока. Конструктивно резисторы размещены в блоке балластных сопротивлений (ББС-1) из-за большой рассеиваемой мощности и с устройством "РЕТОМ-11" соединяются стандартным кабелем.

3. *Встроенный цифровой мультиметр* служит для измерения действующего значения токов и напряжений как выдаваемых самим устройством "РЕТОМ-11", так и от внешних источников. Пределы измерения напряжения: 2, 20, 200, 200,..., 500 В; пределы измерения тока: 0,2; 2; 20; 200 А.

Точность измерения, указанная в технических характеристиках, обеспечивается и для сложных кривых типа выпрямленного напряжения, пульсирующего напряжения или кривых тиристорного регулятора.

Выбор измеряемого сигнала и его диапазона осуществляется с помощью двух переключателей. Результаты измерений отражаются на четырехразрядном цифровом индикаторе.

4. *Встроенный цифровой секундомер* предназначен для измерения временных характеристик и сигнализации замыкания/размыкания контактов проверяемых реле и коммутационных аппаратов. Диапазон: 0,001 – 100 с. Точность — не хуже 1 ед. счета младшего разряда. Секундомер реагирует на *изменение* состояния испытуемых контактов и поэтому не требует предварительной установки типа контакта: НЗ или НО. Выбор режима работы Секундомер/Миллисекундомер осуществляется с помощью переключателя. Результаты измерений отражаются на четырехразрядном цифровом индикаторе.

3.4. ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ПРИБОРА

Функциональная схема прибора "РЕТОМ-11" приведена на рис. 3.2.

Принцип работы прибора базируется на двух основных операциях, выполняемых при проверке реле защиты:

определение параметра (напряжение, ток, мощность) срабатывания/отпускания реле;

определение времени замыкания/размыкания контактов реле при воздействии известного параметра.

Для определения параметра срабатывания/отпускания используют источник с возможностью плавного изменения измеряемого параметра — тока или напряжения.

При измерении времени срабатывания/отпускания воздействующий параметр подается/снимается на проверяемое реле скачком. При этом ведется отсчет времени до момента изменения состояния его контактов. В устройстве "РЕТОМ-11" эта задача решается с помощью секундомера, запуск которого может осуществляться от *Источника 1* или *Источника 2*.

Источник 2. Проверяемое реле подключается к одному из выходов ~ U_2 или ~ U_3, ~ I в зависимости от типа (реле тока, реле напряжения) и величины уставки, с помощью штифтового коммутатора выбирается рабочий диапазон. Посредством выключателя *В3* с термопрерывателем подается питание *Источника 2*. С помощью тумблера *Пуск ЛАТР 2* оператор подключает ЛАТР 2 к сети. Плавно изменяя выходное напряжение ЛАТР 2, оператор добивается срабатывания/отпускания проверяемого реле. Замерив при этом напряжение/ток в цепи обмотки проверяемого реле, можно определить значение параметра срабатывания/отпускания реле. После измерений тумблер *Пуск ЛАТР 2* необходимо выключить. В случае длительного потребления от *Источника 2* большой мощности выключатель *В3* отключится с выдержкой времени, определяемой его характеристикой (рис. 3.3), тем самым обеспечивается защита проверяемого и проверяющего устройств от перегрева.

При проверке реле тока с малым сопротивлением дополнительное удобство и точность измерений предоставляет возможность подключения блока балластных сопротивлений (ББС).

Включение балластного сопротивления в первичную обмотку выходного трансформатора (см. рис. 3.2) позволяет приблизить нагрузочную характеристику к характеристике источник тока и "растянуть" шкалу регулирования тока. В табл. 3.1 приведены характе-

ристики *Источника 2* устройства "РЕТОМ-11" с блоком ББС-1 при коротком замыкании клемм ~ U_3, ~ *I*.

Пользуясь приведенной таблицей, можно правильно выбрать режим работы устройства "РЕТОМ-11" при проверке устройств с малым входным сопротивлением.

При использовании блока балластных сопротивлений на сопротивлениях рассеивается мощность до 150 Вт и при длительной работе блок может сильно нагреваться. При этом следует иметь в виду, что при сопротивлении 300 Ом срабатывание термопрерывателя *В3* исключено и по мере необходимости следует делать перерывы в работе.

Встроенный мультиметр. Устройство "РЕТОМ-11" содержит встроенный мультиметр, который позволяет измерять как выдаваемые устройством, так и внешние токи и напряжения. Выбор измеряемого сигнала осуществляется переключателем *Режим* мультиметра (см. рис. 3.1). Внешнее измеряемое напряжение при этом подается на клеммы *V*, а внешний измеряемый ток — на клеммы ~ U_3, ~ *I*. При измерении внешних токов тумблер *Режим Источника 2* должен быть установлен в положение *А*: этим блокируется подача напряжения сети на ЛАТР 2. Кроме того, имеется связь между положением переключателя *Предел* мультиметра и цепью протекания тока *Источника 2*. Выбранная цепь указывается светящимся светодиодом. Именно в этой цепи должен быть установлен штифт коммутатора. Такая связь обеспечивает максимальную точность измерений тока.

Источник 1. При ***проверке сложных реле***, например, реле мощности, необходимо задавать одновременно два параметра: ток и напряжение. В этом случае ток подается от *Источника 2*, как описано выше, а напряжение — от *Источника 1*, выход ~ U_1. Включение *Источника 1* производится выключателем *В2* и тумблером *Пуск ЛАТР 1* (необходимо, чтобы предохранитель *F1*, был нажат). Характеристика защитного элемента выключателя *В2* представлена на рис. 3.4.

Одновременное использование Источника 1 и 2. В общем случае в зависимости от особенностей проверяемых реле возможны следующие четыре режима одновременного использования *Источника 1* и *Источника 2* при проведении проверочных работ:

1) постоянное напряжение для цепей оперативного тока с клемм = *U*: = 0 – 300 В, 1 А;

переменное напряжение с клемм ~ U_2 : 0 – 250 В, 4 А;

2) постоянное напряжение для цепей оперативного тока с клемм = *U*: = 0 – 300 В, 1 А;

переменный ток с выхода ~ U_3, ~ *I*: с клемм 0 – 10 А или с клемм 0 – 200 А;

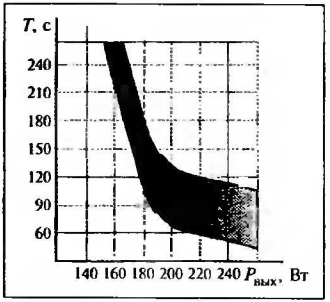

Рис. 3.3. **Ватт-секундная защитного элемента *Источника 2***

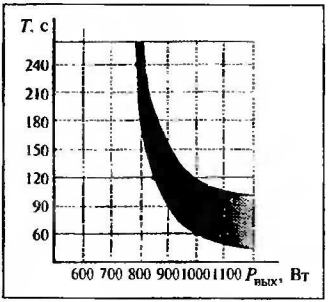

Рис. 3.4. **Ватт-секундная защитного элемента *Источника 1***

3) постоянное напряжение для цепей оперативного тока с клемм $= U$: = 0 – 300 В, 1 А;

переменное напряжение повышенной мощности и более плавной регулировкой с выхода ~ U_3, ~ I с клемм 0 – 100 В;

4) переменное напряжение с клемм ~ U_1 : 0 – 220 В, 1 А;

переменный ток с выхода ~ U_3, ~ I : с клемм 0 – 10 А или с клемм 0 – 200 А.

Проверка реле постоянного тока. Выход = *U Источника 1* используется для проверки реле постоянного тока. Все манипуляции осуществляются посредством тумблера *Пуск* = *U*, тумблер *Пуск ЛАТР 1* должен быть постоянно включен (см. схему коммутаций рис. 3.2).

Таблица 3.1.

Диапазон, выбранный штифтовым коммутатором	Балластное сопротивление 300 Ом		Балластное сопротивление 6 Ом	
	Максимальный выходной ток, А	Использование шкалы, %	Максимальный выходной ток, А	Использование шкалы, %
200 А, 5 В	23	100	200	75
100 А, 10 В	12	100	100	55
50 А, 20 В	6,5	100	50	45
10 А, 50 В	2,5	100	–	–
1 А, 100 В	1,4	100	–	–
4 А, 250 В	0,65	100	–	–

При этом тумблер *Пуск = U* запускает секундомер и обеспечивает подачу или снятие напряжения с обмотки проверяемого реле (клеммы = *U*) с минимальным временем нарастания спада, исключая влияние выходного емкостного фильтра.

Секундомер устройства "РЕТОМ-11" является логическим продолжением регулируемых источников при измерении временных характеристик реле защиты. Он функционально связан с ними логикой проверки и может управляться ими (см. рис. 3.2).

Режим работы секундомера выбирается переключателем *Режим*. Пуск секундомера во всех режимах происходит при каждом изменении состояния контактов, присоединенных к клеммам *К1*, останов — при изменении состояния контактов, присоединенных к клеммам *К2*. Как следует из функциональной схемы к клеммам *К1* могут подключаться контакты тумблеров *Пуск ЛАТР 1* или *Пуск ЛАТР 2* от *Источника 1* и *Источника 2* соответственно и контакты внешнего (проверяемого) реле. Тем самым команда на пуск секундомера может быть подана при включении/отключении *Источника 1*, *Источника 2* или при срабатывании/отпускании проверяемого реле. Останов секундомера производится только контактами проверяемого реле. Состояние контактов *К1* и *К2* индицируется светодиодами *Пуск* и *Стоп* соответственно. Подготовка логической схемы секундомера к запуску производится нажатием кнопки *Сброс*. Готовность секундомера индицируется светодиодом *Готов*.

Время срабатывания/возврата контактов измеряется по схеме рис. 3.5 по единому принципу:

включение/отключение *Источника* → подача/снятие напряжения с обмотки проверяемого реле → пуск секундомера;

срабатывание/возврат контактов реле → останов секундомера.

Время, прошедшее между этими двумя событиями, и есть искомое время реакции реле. Секундомер реагирует на первое замыкание/размыкание контактов, т.е. время дребезга контактов не учитывается.

При проверке реле напряжения постоянного тока схема должна быть изменена с учетом того, что проверяемое реле подключается к выходу = *U Источника 1*.

Длительность замкнутого/разомкнутого состояния контактов измеряется на основе того факта, что схемы пуска и останова секундомера реагируют на изменение состояния контактов *К1* и *К2*. При этом один и тот же контакт проверяемого реле является и запускающим счет времени и, затем, останавливающим (рис. 3.6). Для устранения проблем, связанных с "дребезгом" контактов (что приводит к ложным срабатываниям секундомера) необходимо применять

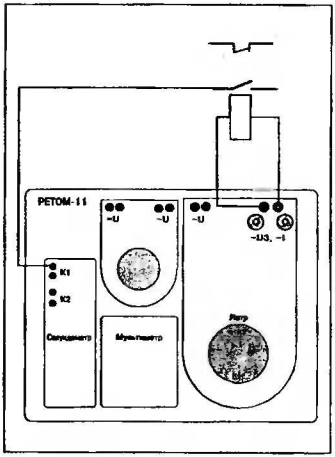

Рис. 3.5. **Схема измерения срабатывания/возврата контакта**

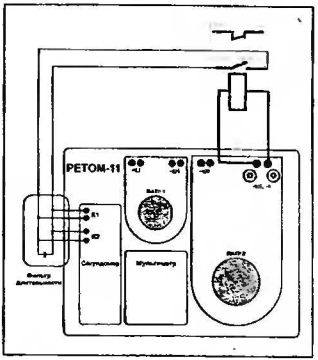

Рис. 3.6. **Схема измерения длительности замкнутого/разомкнутого состояния контакта**

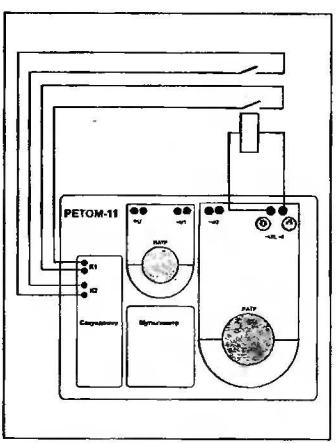

Рис. 3.7. **Схема измерения срабатывания/отпускания**

фильтр длительности, схема которого приведена на рис. 3.6. Фильтр длительности выполнен в виде внешнего блока и входит в комплект поставки. Его дополнительной функцией является упрощение монтажной схемы проверки.

Для ***измерения разновременности срабатывания двух контактов*** собирается схема по рис. 3.7. Тумблер *Пуск от ЛАТР 1/К1/ЛАТР 2* устанавливается в положение *Пуск от К1*. При этом первое изменение состояния контактов запускает счет секундомера, второе — останавливает. Время дребезга контактов не учитывается. Важным условием правильного измерения является необходимость подключения более быстродействующих контактов к

клеммам *K1*, так как пуск секундомера должен произойти раньше, чем останов. Быстродействие контактов определяется экспериментально.

3.5. БЕЗОПАСНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

В испытательном устройстве "РЕТОМ-11" предусмотрены специальные решения, обеспечивающие безопасность проведения работ, защиту самого устройства и проверяемых аппаратов РЗА. К этим мерам можно отнести следующие решения:

все клеммы напряжения и тока, выведенные на лицевую панель устройства, имеют гальваническую изоляцию от питающей сети ~ 220 В;

сетевой выключатель и выключатели в цепях ЛАТР1 и ЛАТР2 снабжены подсветкой и термопрерывателями. В состоянии "включено" эти выключатели сигнализируют о появлении токов/напряжений на выходе прибора. Время автоматического срабатывания термопрерывателей зависит от мощности потребления на выходах прибора;

все силовые клеммы прибора снабжены плавкими предохранителями, а на корпусе предусмотрена клемма заземления;

к клеммам пуска и останова секундомера можно подключать не только "сухие контакты", но и контакты под потенциалом до = 250 В: отпадает необходимость выполнять перекоммутации в цепях оперативного тока проверяемых реле в случае, если они установлены в щкафу или на панели.

Список литературы

1. **Правила** технического обслуживания устройств релейной защиты и электроавтоматики электрических сетей 0,4 – 35 кВ. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1989.
2. **Правила** технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. — 15-е изд., перераб. и доп. — М.: СПО ОРГРЭС, 1996.
3. **Правила** устройства электроустановок (ПУЭ). — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. **Типовая инструкция** по организации и производству работ в устройствах релейной защиты и электроавтоматики электростанций и подстанций. — М.: СПО ОРГРЭС, 1991.
5. **Методические указания** по техническому обслуживанию автоматических выключателей серий АЕ20, А3100. — М.: СПО ОРГРЭС, 1991.
6. **Методические указания** по наладке и техническому обслуживанию автоматических выключателей серии А3700. — М.: СПО ОРГРЭС, 1991.
7. **Методические указания** по наладке и эксплуатации автоматических воздушных выключателей серии АВМ. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1978.
8. **Методические указания** по эксплуатации автоматических воздушных выключателей серии АП50. — М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1975.
9. **Методические указания** по техническому обслуживанию реле прямого действия. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1990.
10. **Методические указания** по расчету токов короткого замыкания в сети напряжением до 1 кВ электростанций и подстанций с учетом влияния электрической дуги. — М.: СПО ОРГРЭС, 1993.
11. **Справочник** по наладке вторичных цепей электростанций и подстанций / Под ред. Э. С. Мусаэляна — 2-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1989.
12. **Кузнецов А. П., Степанов Ю. А.** Методы и средства проверки релейной защиты и автоматики в распределительных электросетях. — М.: Энергоатомиздат, 1992.
13. **Якобсон И. А.** Испытания при наладке электрооборудования. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
14. **Переносные устройства** для наладки электроустановок (Биб-ка электромонтера; Вып. 506). — М.: Энергия, 1980.
15. **Кузиецов А. П., Лукояиов В. Ю., Кузина Р. В.** Комплектные испытательные устройства "Сатурн-М" и "Сатурн-М1" // Электрические станции. 1997. № 3.
16. **Лукоянов В. Ю., Кузина Р. В., Кузиецов А. П.** Комплектное устройство "Импульс" для экспериментального определения замыканий в сетях постоянного тока // Энергетик. 1997. № 12.

Содержание

Предисловие 3

ГЛАВА ПЕРВАЯ. **Комплектные испытательные устройства "Сатурн-М" и "Сатурн-М1"**

1.1. Техническое описание и характеристики 5
1.2. Общие рекомендации по методам технического обслуживания 11
1.3. Порядок работы с устройствами 12
1.4. Проверка технического состояния испытательных устройств . 16
1.5. Проверка электрических характеристик автоматических выключателей присоединений переменного тока 18
1.6. Проверка электрических характеристик автоматических выключателей сети постоянного тока от сети переменного тока 24
1.7. Проверка электрических характеристик средств релейной защиты 28
1.8. Рекомендации по применению испытательных устройств "Сатурн-М" и "Сатурн-М1" 31

ГЛАВА ВТОРАЯ. **Универсальная компьютерная испытательная система для проверки сложных устройств релейной защиты "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М"**

2.1. Назначение, область применения и новые уникальные возможности 33
2.2. Комплект поставки 35
2.3. Блок трансформатора тока типа "РЕТ-10" 37
2.4. Структура испытательной системы 38
2.5. Технические данные испытательного прибора "РЕТОМ-41М" . 39
2.6. Работа прибора "РЕТОМ-41М" вместе с трансформатором тока "РЕТ-10" 42
2.7. Особенности аппаратной части испытательной системы 43
2.8. Схема подключения 44
2.9. Стандартное программное обеспечение испытательной системы "РЕЛЕ-ТОМОГРАФ-41М" 46
2.10. Специальные программы автоматизированной проверки . . . 50
2.11. Безопасность работ 64

ГЛАВА ТРЕТЬЯ. **Портативный испытательный прибор "РЕТОМ-11" для проверки простых реле**

3.1. Назначение и область применения 65
3.2. Технические данные испытательного прибора "РЕТОМ-11" . 66
3.3. Конструкция 68
3.4. Описание принципа работы прибора 72
3.5. Безопасность выполнения работ 77

Список литературы 78

Библиотечка электротехника
Приложение к производственно-массовому журналу "Энергетик"

КУЗНЕЦОВ АНАТОЛИЙ ПАВЛОВИЧ
ЛУКОЯНОВ ВЛАДИМИР ЮРЬЕВИЧ
БИРГ АЛЕКСАНДР НАУМОВИЧ
ДИМИТРИЕВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ
ГЕРАСИМОВ ВАДИМ АНАТОЛЬЕВИЧ
КУЗЬМИН СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Современные испытательные устройства для релейной защиты и автоматики

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
109280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23
Тел./факс: (095) 275-19-06, тел. 275-00-23 доб. 22-47

Научный редактор **В. И. Пуляев**

Редакторы: **Л. Л. Жданова, Н. В. Ольшанская**

Худож.-техн. редактор **Т. Ю. Андреева**

Корректор **З. Б. Драновская**

Сдано в набор 30.01.2001 г. Подписано в печать 22.03.2001 г.
Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
Печ. л. 5,0. Тираж 1075 экз. Заказ БЭТ/03(27)-2001
Макет выполнен издательством "Фолиум": 127238, Москва, Дмитровское ш., 58.
Отпечатано типографией издательства "Фолиум": 127238, Москва, Дмитровское ш., 58.

Вниманию специалистов

В редакции журнала "Энергетик" можно приобрести следующие вышедшие в свет выпуски

"Библиотечки электротехника":

Пуляев В. И., Усачев Ю. В. **Цифровая регистрация аварийных событий в энергосистемах** (части 1 и 2).

Шабад М. А. **Выбор характеристик и уставок цифровых токовых защит серии SPACOM.**

Ишкин В. Х. **Волоконно-оптические системы связи.**

Овчаренко Н. И. **Микропроцессорные комплексы защиты и автоматики распределительных электросетей.**

Голоднова О. С. **Уплотнения вала турбогенераторов с водородным охлаждением и их системы маслоснабжения** (части 1 и 2).

Аржанников Е. А., Чухин А. М. **Автоматизированный анализ аварийных ситуаций энергосистем.**

Алексеев Б. А., Борозинец Б. В. **Определение местных перегревов в турбогенераторах по продуктам пиролиза в охлаждающем газе.**

Бажанов С. А. **Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств.**

Удрис А. П. **Панель релейной защиты типа ЭПЗ-1636 для ВЛ 110 – 220 кВ** (часть 1 – устройство защиты, часть 2 – обслуживание защиты).

Яковлев Л. В. **Вибрация на ВЛ и методы защиты проводов и грозозащитных тросов.**

Шабад М. А. **Автоматизация распределительных электрических сетей с использованием цифровых реле.**

Торопцев Н. Д. **Трехфазный асинхронный двигатель в схеме однофазиого включения с конденсатором.**

Киреева Э. А. **Рациональное использование электроэнергии в системах промышленного электроснабжения.**

Пуляев В. И., Антонов В. И., Лазарева Н. М. **Методы обработки цифровых сигналов электроэнергетических систем.**

Конюхова Е. А. **Режимы напряжений и компенсации реактивной мощности в цеховых электрических сетях.**

Адрес редакции
журнала "Энергетик":
109280, Москва, ул. Автозаводская, д. 14/23.
Тел./факс (095) 275-19-06
E-mail: pni@mail.magelan.ru

Об авторах



Анатолий Павлович Кузнецов — *кандидат технических наук, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, квалифицированный специалист в области создания новых средств автоматизации и устройств для их проверки*

Автор и соавтор более 115 изобретений и более 110 опубликованных в журналах статей, а также ряда руководящих материалов в области энергетики. Работает в АО "Фирма ОРГРЭС".



Владимир Юрьевич Лукоянов — *квалифицированный специалист в области создания и внедрения микропроцессорных средств и систем РЗА и устройств для их проверки*

Автор и соавтор более 15 статей, опубликованных в журналах "Электрические станции" и "Энергетик". Ведущий разработчик комплекса новых средств РЗА, устройств ОМП. Работает в НПФ "Радиус".



Александр Наумович Бирг — *директор, канд. техн. наук.*

Владимир Николаевич Димитриев — *исполнительный директор, канд. техн. наук.*

Вадим Анатольевич Герасимов — *зам. директора по производству.*

Сергей Александрович Кузьмин — *зам. директора по инжинирингу, канд. техн. наук.*

НПП "Динамика" образовано в 1990 г. группой сотрудников Всесоюзного НИИ Релестроения г. Чебоксары. Сегодня НПП "Динамика" — ведущее предприятие в России по разработке, изготовлению и продаже современных испытательных установок для проверки различного электрооборудования в энергетике и других энергоемких отраслях промышленности.