



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

К а ф е д р а «Электроснабжение промышленных предприятий»

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА. СТАТИЧЕСКИЕ РЕЛЕ

Лабораторный практикум

Самара
Самарский государственный технический университет
2016

Печатается по решению редакционно-издательского совета СамГТУ

УДК 621.311: 621.316.9 (075.8)

ББК 31.27-05Я73

Ш 44

Земцов А.И., Мигунова Л.Г.

Ш 44 Релейная защита и автоматика. Статические реле: практикум /
А.И. Земцов, Л.Г. Мигунова. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. – 63 с.: ил.

Рассмотрены принципы работы и особенности построения электростатических (микроэлектронных) измерительных реле. Приведены структурные и функциональные (принципиальные) схемы реле, их параметры и особенности реализации. Представлены теоретические положения и основные модификации различных реле, используемых в устройствах релейной защиты и автоматике.

Предназначено для лабораторных занятий и самостоятельной работы бакалавров по курсам «Релейная защита и автоматика энергетических систем» по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

УДК 621.311: 621.316.9 (075.8)

ББК 31.27-05Я73

Ш 44

Рецензенты: зав. кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет» к.т.н., доцент *И.А. Менщиков*;

доцент кафедры «Электромеханика и промышленная автоматика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» к.т.н., *Е.А. Шумилов*.

© А.И. Земцов, Л.Г. Мигунова, 2016

© Самарский государственный
технический университет, 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лабораторная работа выполняется в два этапа: подготовительный и непосредственно практический в лаборатории.

Подготовительный этап. Перед выполнением очередной лабораторной работы необходимо:

ознакомиться с содержанием предстоящей работы, уяснить ее цель;

повторить теоретический материал по рекомендуемой литературе;

ответить на контрольные вопросы, изучить план проведения работы, приведенный в лабораторном практикуме;

составить шаблон отчета со схемами, таблицами, расчетными формулами и предварительными расчетами, если они требуются.

Если во время аудиторных занятий в лаборатории студент не успел обработать полученные результаты и закончить оформление отчёта в окончательном виде, то эта часть работы выполняется самостоятельно.

Лабораторный этап. На основе конкретного задания и методики изложенной в лабораторном практикуме проводится сборка схемы и эксперимент.

При этом рекомендуется: параллельные цепи выполнять проводами отличающимися друг от друга цветами; главную последовательную цепь выполнять сначала, а затем производить параллельные включения; сборку схемы вести от одного полюса источника питания и заканчивать на другом его полюсе; проверку схемы делать вначале по главному контуру цепи, а затем по параллельным соединениям. Переключения и другие операции по управлению собранной схемой производит один человек. Остальные члены бригады наблюдают за правильностью выполнения, и, руководствуясь планом проведения работы, фиксируют получаемые результаты, производят необходимые вычисления и графические построения, заполняют бланки предварительных отчетов,

выполняют указания лица, производящего операции управления, по его требованию.

Перед подачей напряжения должны быть:

проверены и установлены в исходное положение и состояние регулирующие устройства (ручки, рукоятки и проч.) регуляторов и сами регуляторы стенда (рабочего места);

проверены и, при необходимости, установлены в нулевые положения арретирами и другими имеющимися устройствами стрелки измерительных приборов.

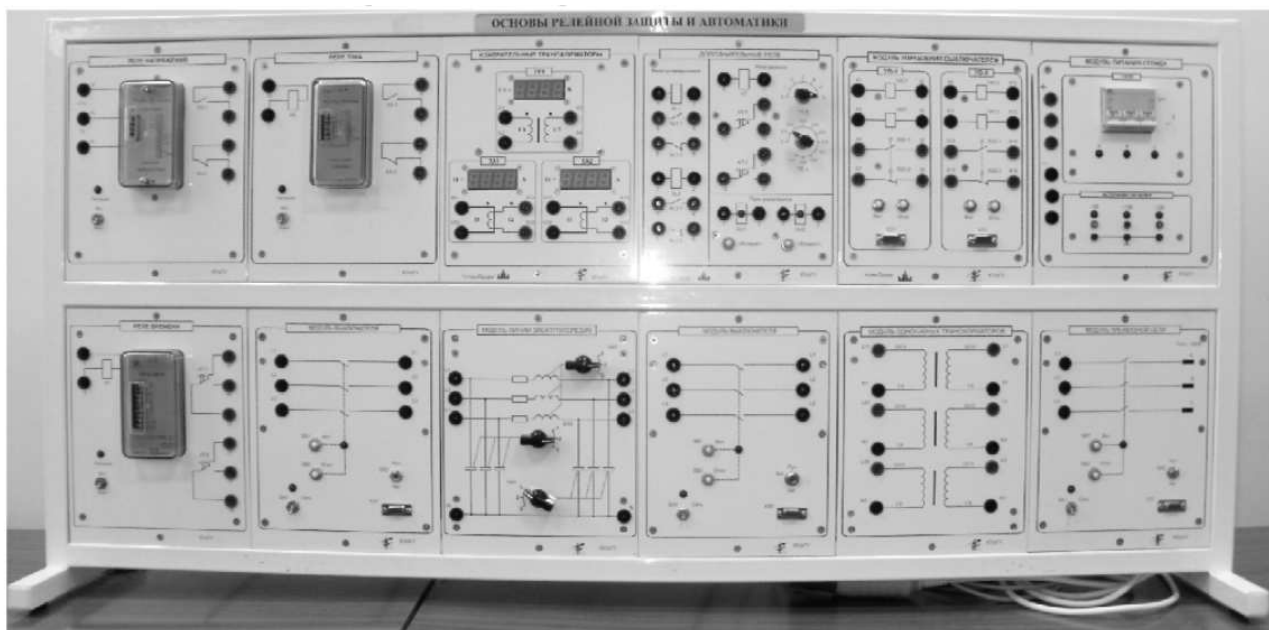
Собранную и проверенную схему следует предъявить для проверки руководителю лабораторных работ и только после его разрешения включать установку.

При включении схемы под напряжение надо внимательно следить за поведением приборов, если они используются; при зашкаливании стрелок приборов схема должна быть немедленно отключена от источника питания для последующего определения и устранения причин такого явления. По окончании работы и согласования с руководителем результатов испытаний схема должна быть разобрана и рабочее место подготовлено для работы другой бригады. Во время занятий в лаборатории полученные результаты должны быть обработаны в максимально возможном объеме с целью сокращения внеаудиторной работы по окончательному оформлению отчета.

Описание универсального лабораторного стенда

Для удобства работы модули на стенде размещены следующим образом: а) верхний ряд справа налево: – модуль питания стенда (МПС); – модуль управления выключателями (МУВ); – модуль дополнительных реле (МДР); – модуль измерительных трансформаторов (МИТ); – модуль реле тока (МРТ); – модуль реле напряжения (МРН); б) нижний ряд справа налево: – модуль трехфазной сети (МТС); – модуль однофазных трансформаторов

(МОТ); – модуль выключателя 3 (5) – для разных работ (МВ); – модуль линии электропередач (МЛЭ); – модуль выключателя 6. (МВ); – модуль реле времени (МРВ). В работах используются установленные на лицевой панели стенда статические (полупроводниковые) реле: тока, типа РСТ-13; напряжения, типа РСН-16; времени, типа РВ-01; мощности типа РМ-11.



Общий вид стенда

Стенд состоит из 12 модулей с типовым размером 200x248.

Для сборки схем, используемые в работе элементы модулей соединяются между собой стандартными проводами из комплекта стенда. Для выполнения соединений штекеры проводов вставляются в соединительные гнезда лицевых поверхностей модулей и гнезда обратной стороны штекеров. Реле модуля дополнительных реле на лицевой панели не установлены и представлены на ней гнездами выводов и графическими символами входных и выходных цепей. Дисплеи амперметра и вольтметра модуля измерительных трансформаторов отображают значения тока и напряжения в первичных обмотках измерительных трансформаторов, то есть в первичных цепях собранной схемы.

Нумерация модулей на электрических принципиальных схемах,

(цифры в пунктирных кружках), условная, отражает лишь порядок расстановки используемых модулей или их частей в схеме в порядке удаления от источника питания. Электромагниты приводов выключателей YAT, YAC и их блок-контакты QS конструктивно размещены в модуле управления выключателями (МУВ).

Измерительные реле унифицированы и состоят из единых функциональных элементов.

Основные узлы их выполнены на операционных усилителях (ОУ), полупроводниковых элементах или логических интегральных микросхемах. На практике находят широкое применение реле максимального тока серий РСТ11...РСТ14; переменного напряжения РСН14...РСН17; постоянного напряжения РСН11, РСН12, РСН18; напряжения обратной последовательности РСН13-1; направления мощности РСМ13; дифференциальные реле РСТ15 (РСТ16); реле времени РВ01, РВ03, РСВ13, РСВ14; реле контроля напряжения и угла сдвига фаз РСНФ-12. Основным изготовителем этих реле является Чебоксарский электроаппаратный завод (ЧЭАЗ).

Работа токовых измерительных реле основана на времяимпульсном способе сопоставления (сравнения) амплитуды синусоидального тока с установленным (пороговым) значением (с помощью компаратора, построенного на основе операционного усилителя). При этом формируется промежуточный время импульсный сигнал в виде последовательности прямоугольных импульсов постоянного напряжения с изменяющейся длительностью. Затем производится преобразование длительности импульсов (с помощью интегрирующей RC-цепи) в пропорциональное максимальное напряжение, которое управляет пороговым элементом (триггером Шмидта) и обеспечивает релейность действия (срабатывания).

Большинство статических реле выпускаются в пластмассовом корпусе типа "Сура". Он состоит из цоколя (пригодного как для переднего, так и для заднего присоединений соединительных проводов) и объемного кожуха. В практике находят применение два

типоразмера корпусов этого типа: шириной 66 и 132 мм и одной высоты – 152 мм. На цоколе крепится металлическая скоба, на которой устанавливаются датчики тока и напряжения, выходные реле и печатная плата со смонтированными на ней микросхемами и радиодеталями. Ручки переключателей уставок реле выведены на лицевую табличку. Тепловыделяющие резисторы делителей напряжения узла питания смонтированы сзади на наружной стороне цоколя.

В схемах статических реле защиты предусмотрены специальные меры, исключающие опасность повреждения содержащихся в них микросхем от перенапряжений, возникающих в сети постоянного тока при размыкании цепи обмотки электромагнитов управления и реле. При коммутационных операциях в сети высокого напряжения могут возникать опасные перенапряжения.

Они могут проникать в элементы схемы реле по цепям измерительных трансформаторов тока и напряжения и вызывать неправильное действие реле.

Причиной неправильной работы реле могут служить также наведенные напряжения помех, которые получаются из-за наличия в окружающей среде переменных электрических и магнитных полей, создаваемых посторонними источниками (промышленными высокочастотными установками, устройствами радиосвязи и др.).

Для сохранения исправного состояния микросхем и предотвращения неправильной работы реле на входе узла питания оперативного тока ставят шунтирующие конденсаторы, гасящие высокочастотные помехи, и нелинейные сопротивления – варисторы, ограничивающие верхние уровни проходящих волн перенапряжений. Защитные конденсаторы устанавливают также параллельно стабилизаторам питания $\pm 15\text{В}$ и непосредственно на выходах операционных усилителей. Между первичными и вторичными обмотками датчиков тока и напряжения закладывают специальные экранирующие обмотки, соединенные с нулевой шиной.

Монтаж печатных плат в этих реле производят с учетом требований как в части защиты от наведенных напряжений, появляющихся при близком прохождении смежных цепей, так и в части выравнивания потенциалов узловых точек, связанных с нулевой шиной. Конструкция реле обеспечивает высокий уровень изоляции полупроводниковой части реле по отношению к земле и к вторичным цепям трансформаторов тока и напряжения.

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы проводятся параллельно с лекционными занятиями по дисциплине «Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем». Основная задача лабораторных занятий – практическое изучение реле и схем защиты, получение навыков самостоятельного проведения основных типовых испытаний релейной аппаратуры, знакомство с методикой расчета и настройки отдельных реле и схем защиты в целом. Руководство предусматривает максимальное развитие у студентов навыков самостоятельной работы и умения пользоваться технической литературой.

Лабораторный практикум способствует овладению студентами общими принципами функционирования статических реле и формированию у современных специалистов профессиональных компетенций, направленных на выполнение трудовых функций.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИСПЫТАНИЕ РЕЛЕ ТОКА

Цель работы

В процессе выполнения работы изучить принцип действия статического реле тока, выполненного на полупроводниковой элементной базе, изучить его конструктивное выполнение, изучить основные принципы настройки реле и методику проведения испытаний, экспериментально снять основные характеристики реле.

Теоретические сведения

Электрическим реле называют аппарат, предназначенный для выполнения скачкообразных изменений в выходных цепях при заданных значениях электрических воздействующих величин. В схемах релейной защиты и автоматики применяются реле, в основе работы которых лежат различные физические принципы. Электромеханические измерительные реле тока обычно реализуют на основе двух принципов: электромагнитного и индукционного.

Измерительные реле тока обычно выполняют в виде:

- традиционных электромагнитных реле серии РТ-40;
- статических реле (на основе аналоговых и дискретных микросхем) серий РСТ11...РСТ14;
- цифровых (микропроцессорных) реле (защит).

Измерительные реле тока по способу подключения к контролируемой цепи делят на первичные и вторичные, а по способу воздействия их на коммутационный аппарат (выключатель защищаемого объекта – отключающее устройство) – на реле прямого и косвенного действия.

Реле тока используется в качестве пусковых органов множества защит, таких как токовая отсечка, максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени, токовая направленная защита, защиты от перегрузки оборудования, защиты от однофазных коротких замыканий, и др.

Основными параметрами рассматриваемых реле являются: ток срабатывания $I_{ср}$, ток возврата $I_{вр}$, коэффициент возврата $k_{в}$, выдержка времени (время срабатывания) $t_{ср}$.

Ток срабатывания реле (уставка по току), задается с помощью набора дискретных переключателей на лицевой панели реле и определяет величину тока в обмотке реле, при которой происходит замыкание выходных контактов реле.

Ток возврата реле, зависит от заданной на лицевой панели реле уставки по току и отличается от него приблизительно на 5% для полупроводниковых или 15% для электромагнитных реле в большую или меньшую сторону.

Различают реле тока максимального и минимального типа. Для реле тока максимального типа ток срабатывания всегда больше тока возврата (для реле минимального типа наоборот). Это обеспечивает устойчивую работу реле при срабатывании реле тока в случае, когда по обмотке реле протекает ток, равный току срабатывания.

На практике применяют, как правило, максимальные реле тока, которые действуют (срабатывают) при возрастании тока. Контакты реле являются очень ответственными элементами защит. Они должны обеспечивать надежное замыкание и размыкание тока (соответствующей силы) в контролируемых ими цепях и быть рассчитаны на многократное действие в различной (агрессивной) среде. Коммутационную способность контактов реле характеризуют мощностью S_k , при которой они обеспечивают замыкание и размыкание соответствующих цепей. Значение этой мощности выражают в виде произведения напряжения источника оперативного тока на наибольший ток, прохождение которого допускается через контакт реле. Обмотки реле должны обладать термической стойкостью, характеризуемой (в зависимости от назначения и типа реле) значениями тока или напряжения (допускаемыми длительно или кратковременно), а также потребляемой мощностью S_p , равной произведению напряжения, подведенного к реле, на величину потребляемого им тока $S_p = I_p U_p$.

Коэффициент возврата, вычисляется как отношение тока возврата реле к току срабатывания реле, и определяет зону нечувствительности реле, обеспечивающую гарантированное отсутствие дребезга выходных контактов реле.

Статические измерительные реле максимального тока серий РСТ11...РСТ14 предназначены для использования в качестве измерительных органов токовых защит мгновенного действия или работающих с выдержкой времени (для любых присоединений электроустановок).

Они пригодны для всех случаев, когда не требуются специальные меры по отстройке защиты от апериодических составляющих и высших гармоник тока, которые могут содержаться в первичных токах защищаемого объекта.

Эти реле выполнены на времяимпульсном принципе, гарантирующем хорошую помехоустойчивость. Принятое аппаратное исполнение обеспечивает четкую работу реле при больших кратностях тока повреждения по отношению к номинальному току трансформаторов тока, когда их погрешность может достигать 80...90 %. Реле обладают повышенной сейсмостойкостью и рассчитаны для применения на объектах атомной энергетики. Для питания реле этих серий оперативным током должны использоваться надежные источники постоянного или переменного тока напряжением 220 В.

В заводских обозначениях реле отражены условия их применения и параметры. Так, реле РСТ11 и РСТ12 рассчитаны на питание переменным оперативным током 220 В. Причем первое из них предназначено для сетей с рабочей частотой 50 Гц, а второе – с частотой 60 Гц. Для работы реле РСТ13 и РСТ14 необходим источник питания постоянного оперативного тока 220 В.

В условном обозначении реле указывается номер серии реле. Далее следует двухзначное число, отражающее максимальную уставку по току для реле данного типоисполнения.

Например, условное обозначение РСТ13-19-1-УХЛ4 означает: реле – статическое максимального тока; использование – в сетях с

промышленной частотой 50 Гц на объектах с постоянным оперативным током 220 В; наибольшая уставка реле по току – 6 А; подсоединение внешних проводов – переднее; условия работы – умеренный климат.

Функциональная схема реле серий РСТ11...РСТ14 представлена на рис. 1.1. Измерительный узел реле представляет собой промежуточный трансформатор тока ТА, а узлом формирования служит выпрямительный мост VI. Преобразующей частью узла сравнения является однопороговый компаратор (А1). Он является одновременно и первой ступенью сравнения, в которой определяется ток срабатывания реле. В ней поступающий сигнал сравнивается с заданным опорным напряжением. Для установки опорного сигнала, с помощью которого задается уставка реле, имеются переключатели уставок SB1...SB5. Они шунтируют часть резисторов, образующих делитель напряжения, питающийся от источника напряжения ± 15 В.

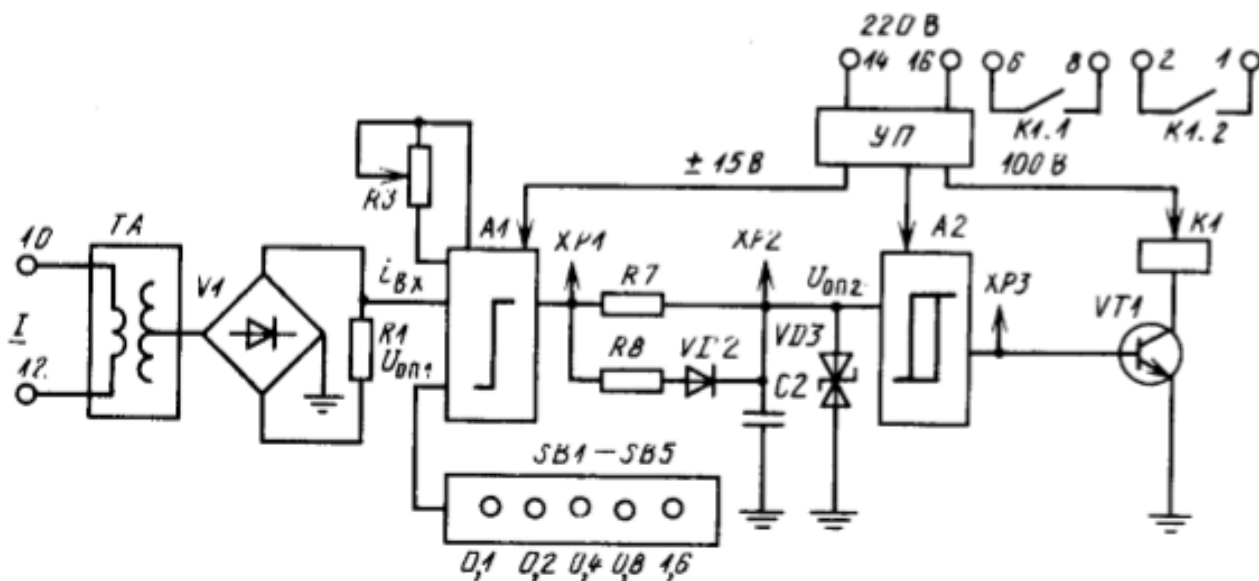


Рис. 1.1. Функциональная схема реле серий РСТ11... РСТ114

При размыкании переключателей изменяется доля напряжения, подаваемая на нижний вход компаратора. Выходной сигнал однопорогового компаратора в виде импульсного сигнала поступает на ступень сравнения – интегрирующую времясравнивающую цепочку (резисторы R7, R8 и конденсатор C2).

Исполнительной частью узла сравнения служит пороговый элемент – триггер Шмитта (А2). Узел выхода реле состоит из транзистора (VT1) и выходного электромагнитного реле (К1). Узел питания (УП) представляет собой делитель напряжения на резисторах, в составе которого входят стабилитроны, поддерживающие уровни напряжения ± 15 В. Компаратор А1 и триггер Шмитта А2 построены на основе аналогово-операционного усилителя типа К140УД7. Для измерения напряжений в схеме реле при различных режимах имеются контрольные точки ХР1...ХР3, снабженные штырьками для подключения приборов. Положение переключателей уставок SB1...SB5 на схемах соответствует минимальной уставке по току срабатывания реле. Числа над переключателями соответствуют числам на шкале уставок реле.

Регулировку уставок реле по току (выбор тока срабатывания) производят дискретно. Значение тока срабатывания на соответствующей уставке определяют в соответствии с выражением:

$$I_{уст} = I_{min} (1 + \sum N), A \quad (1.1)$$

где I_{min} – ток минимальной уставки (левая граница диапазона уставок), равный одной четверти от значения тока правой границы диапазона уставок, соответствующего второму числу в условном обозначении реле; $\sum N$ – сумма чисел, указанных на шкале тех переключателей уставок (SB1...SB5), шлицы которых установлены горизонтально (т. е. поставлены в положение, при котором риски на торцах головок переключателей установлены горизонтально в сторону выбранных чисел 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6). При этом контакты соответствующих переключателей разомкнуты, а резисторы R9...R13 введены в работу, что приводит к повышению порога срабатывания компаратора А1.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципом действия, способами регулировки уставок и основными характеристиками реле тока (КА).
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Собрать схему испытания реле тока, показанную на рис. 3. Для этого, подать ток с источника тока II модуля ввода-вывода на обмотку реле тока (клеммы 10 и 12). Выходные контакты реле (клеммы 2 и 4) должны подавать оперативный ток от модуля оперативного тока на дискретный вход К1 модуля ввода-вывода.
4. На персональном компьютере загрузить программный комплекс «DeltaProfi (Пуск-Программы-Лабораторный комплекс-DeltaProfi). На панели вкладок выбрать раздел «Реле-томограф» и далее выбрать вкладку «Реле тока».
5. На лицевой панели реле установить заданную преподавателем уставку срабатывания реле тока. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание реле тока тумблером «Питание» на лицевой панели модуля реле. Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5. Плавно повышать величину тока в обмотке реле (регулятор «Управление источником тока») до момента срабатывания реле и одновременно следить за состоянием выходных контактов реле в окне «Состояние реле тока: Контакт». При срабатывании реле зеленый прямоугольник станет красным, а надпись на нем изменится с «разомкнут» на «замкнут».
6. Нажать на кнопку «Запомнить как ток I ср.».
7. Плавно снижать величину тока в обмотке реле (регулятор «Управление источником тока») до момента возврата реле и одновременно следить за состоянием выходных контактов реле в окне «Состояние реле тока: Контакт». При возврате реле красный прямоугольник станет зеленым, а надпись на нем изменится с «замкнут» на «разомкнут». Обратить внимание на наличие или

отсутствие дребезга контактов реле.

8. Нажать на кнопку «Запомнить как ток I воз.». Коэффициент возврата реле рассчитывается автоматически.

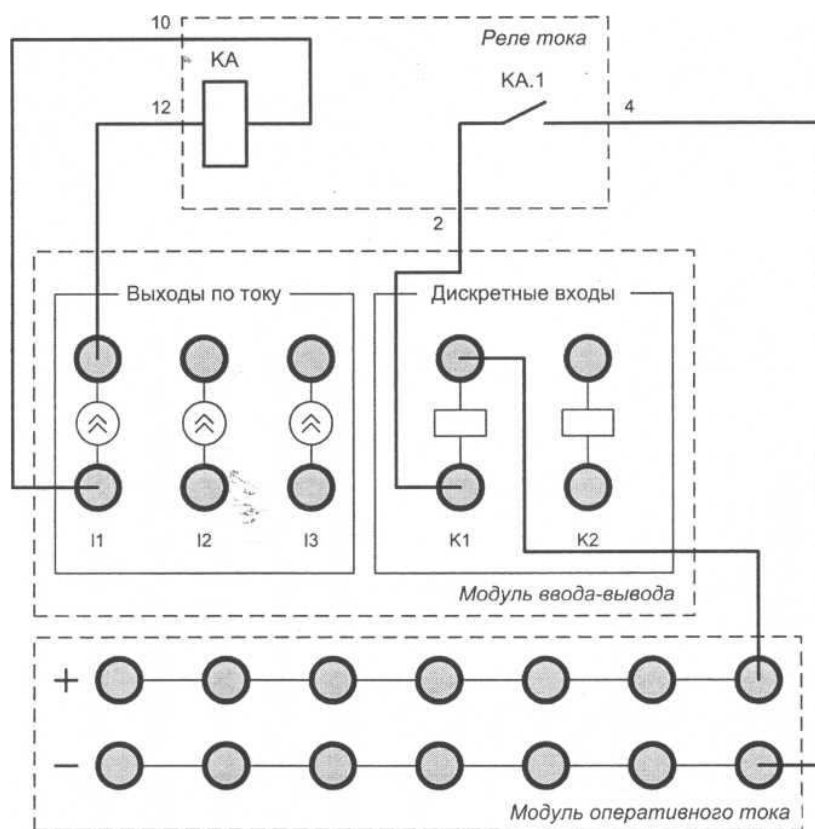


Рис.1.2. Схема испытания реле тока

9. Повторить испытания (еще 2 раза) с целью более точного определения величин тока срабатывания и тока возврата реле.

10. Повторить испытания (п.3.5-3.10) для трех других уставок реле (заданных преподавателем). Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6.

11. Результаты испытаний сохранить в файл нажав на кнопку «Сохранить в файл ...» и представить в отчете в виде таблицы 1.1.

12. Переключить программу испытания реле тока в автоматический режим. Для этого, установить переключатель «Испытание реле тока» в позицию «в автоматическом режиме». Очистить протокол испытаний кнопкой «Очистить протокол испытаний».

13. Задать по согласованию с преподавателем исходные параметры

автоматического режима. В частности, минимальный ток, максимальный ток, шаг изменения тока и время проведения эксперимента, а также количество опытов («Повторить:... раз.»).

14. Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5. Нажать кнопку «Ток срабатывания и ток возврата».

Таблица 1.1

Уставка на реле, А				
Ток срабатывания реле, А				
1 опыт				
2 опыт				
3 опыт				
Среднее значение				
Ток возврата реле, А				
1 опыт				
2 опыт				
3 опыт				
Среднее значение				
Коэффициент возврата				
1 опыт				
2 опыт				
3 опыт				
Среднее значение				

15. По завершению испытаний сохранить результаты кнопкой «Сохранить в файл...».

16. Нажать кнопку «Очистить протокол испытаний».

17. Повторить пункты 14-17 для всех других уставок реле, указанных в таблице 1.

18. Занести полученные данные в таблицу 1.2. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание реле тока тумблером «Питание» на лицевой панели модуля реле. Отключить питание стенда.

19. Сравнить усредненные значения характеристик реле, полученных в ручном и в автоматическом режиме. Сделать соответствующие выводы.

20. Оформить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета

1. Схема экспериментальной установки.
2. Результаты измерений.
3. Выводы по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы

Таблица 1.2

Уставка на реле, А				
Ток срабатывания реле, А				
1 опыт				
2 опыт				
... опыт				
Среднее значение				
Ток возврата реле, А				
1 опыт				
2 опыт				
... опыт				
Среднее значение				
Коэффициент возврата				
1 опыт				
2 опыт				
... опыт				
Среднее значение				

Контрольные вопросы

1. Каковы причины возникновения дребезга контактов реле тока?
2. Что такое коэффициент возврата реле тока?
3. В чем разница между реле тока максимального и минимального типа?
4. Какие преимущества имеют реле типа РСТ перед реле РТ-40?
5. Объяснить принцип работы статического реле тока.
6. В каких видах защит используются реле тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИСПЫТАНИЕ РЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Цель работы

В процессе выполнения работы изучить принцип действия статического реле напряжения, выполненного на полупроводниковой элементной базе, изучить его конструктивное выполнение, изучить основные принципы настройки реле и методику проведения испытаний, экспериментально снять основные характеристики реле.

Теоретические сведения

Реле напряжения используется в качестве пусковых органов множества защит, например, в защитах от опасного повышения/понижения напряжения, а также в качестве органов блокировки действия защит, например, максимальная токовая защита с пуском по напряжению, где реле напряжения блокирует действие защиты при пуске двигательной нагрузки. Кроме того, реле напряжения может использоваться в схемах контроля исправности цепей напряжения и т.п.

Принцип работы электромагнитных реле и особенности их

выполнения подробно рассмотрены в лабораторной работе по исследованию измерительных реле тока. Электромагнитные измерительные реле напряжения так же работают на этом принципе.

Основные отличия в реализации этих реле возникают вследствие условий их работы и выполняемых ими функций. Они заключаются в том, что эти реле обладают большим входным сопротивлением (в отличие от измерительных реле тока) и подключаются, как правило, к различным по своему характеру источникам питания (измерительным трансформаторам напряжения).

Основные узлы микроэлектронных (статических) реле напряжения выполняются на операционных усилителях (ОУ), полупроводниковых элементах или логических интегральных микросхемах. Типичными представителями таких реле (созданных на базе ОУ), являются реле переменного напряжения серий РСН14 ...РСН17. На практике находят применение также статические реле постоянного напряжения РСН11, РСН12, РСН18.

Основным изготовителем этих реле является Чебоксарский электроаппаратный завод (ЧЭАЗ). Большинство статических реле выпускаются в пластмассовом корпусе типа «Сура», который состоит из цоколя и объемного кожуха. В практике находят применение два типоразмера корпусов этого типа: шириной 66 и 132 мм и одной высоты – 152 мм. На цоколе крепится металлическая скоба, на которой устанавливаются датчики тока и напряжения, выходные реле и печатная плата со смонтированными на ней микросхемами и радиодеталями. Органы переключения уставок реле выведены на лицевую табличку. Тепловыделяющие резисторы делителей напряжения узла питания смонтированы сзади на наружной стороне цоколя. В схемах статических реле защиты предусмотрены специальные меры, исключаящие опасность повреждения содержащихся в них микросхем от перенапряжений, возникающих в сети постоянного тока при размыкании цепи обмотки электромагнитов управления и реле. При коммутационных операциях в сети высокого напряжения могут возникать опасные

перенапряжения. Они могут проникать в элементы схемы реле по цепям измерительных трансформаторов тока и напряжения и вызывать неправильное действие реле.

Реле напряжения (статические реле на ОУ) серий РСН14 ... РСН17 реализованы по структурной схеме, аналогичной схеме реле тока. Она показана на рис. 2.1. Структурная схема состоит из пяти основных узлов, основные функции которых представлены ниже. Узел измерения (УИ) содержит измерительный преобразователь (датчик напряжения), предназначенный для преобразования сигналов, поступающих от измерительного трансформатора напряжения. Узел формирования (УФ) предназначен для преобразования поступающих входных сигналов в сигналы специальной формы (переменного напряжения или выпрямленного тока), которые необходимы для реализации соответствующих характеристик реле.

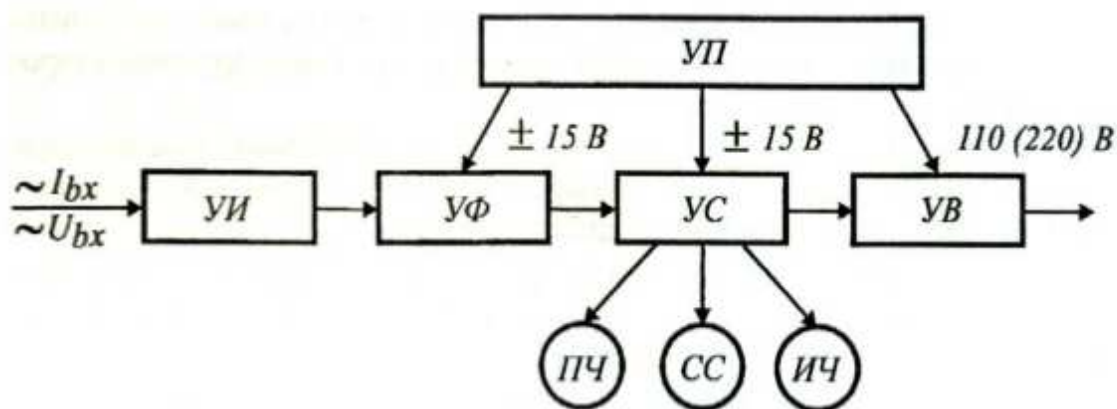


Рис.2.1. Структурная схема статического реле защиты:

УП – узел питания; УИ – узел измерения; УФ – узел формирования; УС – узел сравнения (ПЧ – преобразующая часть, СС – схема сравнения, ИЧ – исполнительная часть); УВ – узел выхода

Узел сравнения (УС) служит для дальнейшего преобразования сравниваемых напряжений в форму, удобную для сравнения, и получения на выходе узла управляющего сигнала в тех случаях, когда результат сравнения свидетельствует о соответствии поданных на реле токов и напряжений условиям его срабатывания. Узел выхода (УВ)

обеспечивает действие содержащегося в нем электромагнитного реле при поступлении управляющего сигнала из узла сравнения. Узел питания (УП) предназначен для получения от источника оперативного тока защищаемого объекта стабилизированных напряжений постоянного тока, необходимых для работы интегральных микросхем и исполнительного выходного реле. Содержащиеся в узле измерения измерительные преобразователи (датчики) представляют собой промежуточные трансформаторы или трансреакторы, предназначенные для развязки полупроводниковой части реле от вторичных цепей защищаемого объекта. Эти преобразователи служат также для трансформации токов и напряжений. Уровень трансформированных сигналов выбирается из условий управления операционными усилителями. Число датчиков и их типы определяются назначением и схемой реле. В токовых реле применяют один или несколько датчиков тока, в реле напряжения – соответствующее число датчиков напряжения. В реле сопротивления и в реле направления мощности устанавливают как датчики тока, так и датчики напряжения. В УФ производится обработка сигналов, поступающих от датчиков тока и напряжения. Объем и вид обработки сигналов зависят от типа реле. В узле формирования, кроме того, производится (при необходимости) подавление или выделение отдельных гармоник в сформированных сигналах. Для этой цели используют преимущественно различные фильтры низших и высших частот.

В состав реле серий РСН14...РСН17 входят реле максимального и минимального напряжений. В каждой из серий имеется несколько типовых исполнений (модификаций). Реле РСН14 и РСН15 являются реле максимального напряжения, которые реагируют на повышение напряжения в сети защищаемого объекта, а реле РСН16 и РСН17 представляют собой реле минимального напряжения, срабатывающие при понижении напряжения в сети. По принципу действия и устройству реле серий РСН14... РСН17 подобны реле серии РСТ.

Функциональная схема реле этих серий представлена на рис. 6.

Основное отличие этих реле заключается в том, что вместо датчика тока в них установлен датчик напряжения. Он содержит промежуточный трансформатор и два добавочных резистора, включенных последовательно в цепь его первичной обмотки. Датчик напряжения (рис. 2.2) имеет три вывода, которые дают возможность использовать реле в двух диапазонах рабочих напряжений. Переход из одного диапазона в другой обеспечивается за счет исключения одного из добавочных резисторов. В остальной части схема реле ничем не отличается от схемы реле серии РСТ.

У реле минимального напряжения изменено подключение входных выводов ОУ, входящего в схему компаратора А1. У этих реле опорное напряжение подается на неинвертирующий вход ОУ, а напряжение от датчика напряжения поступает на инвертирующий вход. Поэтому при подаче на реле нормального напряжения выходное реле остается в исходном положении. Оно срабатывает, когда подведенное напряжение падает ниже напряжения уставки, которое в свою очередь определяется значением опорного напряжения.

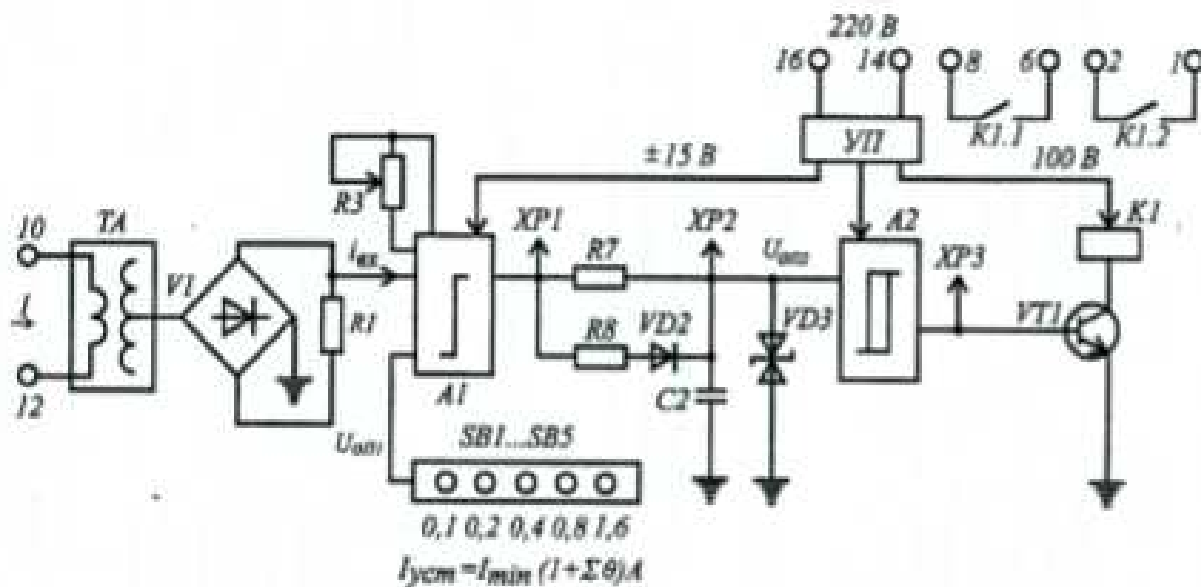


Рис.2.2. Функциональная схема реле напряжения РСН14...РСН17

Реле серии РСН14...РСН17 имеют различную нумерацию внешних зажимов. Входные зажимы датчика напряжения имеют

номера 12, 14 и 16. Напряжение оперативного тока подается на зажимы 20 (плюс) и 21. Замыкающий контакт реле выведен на зажимы 2 и 4, а размыкающий – на зажимы 6 и 8. Условные обозначения реле РСН14...РСН17 образованы так же, как и у реле серии РСТ. Первым стоит номер серии реле. Серии РСН14 и РСН16 рассчитаны на питание оперативным постоянным током 220 В, а реле серий РСН15 и РСН17 питаются от источника оперативного переменного тока 220 В. За номером серии следует двузначное число, которое отражает другие параметры (рабочую частоту реле, диапазоны уставок по напряжению и номинальное напряжение реле). Вместе с номером серии это число служит обозначением типа реле. В остальном условные обозначения одинаковы.

Технические данные реле серий РСН14...РСН17 практически совпадают с соответствующими параметрами реле серии РСТ. Следует выделить только такой параметр, как коэффициент возврата. У реле максимального напряжения он составляет не менее 0,9, а у реле минимального напряжения не выше 1,1. У реле максимального напряжения с высоким коэффициентом возврата (не менее 0,95) предусмотрена регулировка коэффициента возврата с помощью переменного резистора, установленного в цепи выходного триггера Шмитта.

Требуемая уставка по напряжению срабатывания в выбранном диапазоне устанавливается с помощью кнопочных переключателей, выведенных на лицевую плату реле. Уставка реле набирается по формуле:

$$U_{уст} = U_{min} (1 + \Sigma\theta), \quad (2.1)$$

где $\Sigma\theta$ – сумма чисел на шкале уставок, переключатели которых поставлены в выдвинутое положение (риска на торце головки расположена горизонтально). Числа на шкале уставок 0,8; 0,4; 0,2; 0,1 показывают, что заданная уставка может быть установлена с точностью до $0,1U_{min}$, где U_{min} – минимальная уставка выбранного диапазона.

Напряжение срабатывания реле (уставка по напряжению), задается с помощью набора дискретных переключателей на лицевой панели реле и определяет величину напряжения, подведенного к обмотке реле, при которой происходит переключение состояния выходных контактов реле;

Напряжение возврата реле, зависит от заданной на лицевой панели реле уставки по напряжению и отличается от него приблизительно на 5% для полупроводниковых или 15% для электромагнитных реле в большую или меньшую сторону в зависимости от типа реле: реле максимального напряжения или реле минимального напряжения. Для реле напряжения максимального типа напряжение срабатывания всегда больше напряжения возврата (для реле минимального типа наоборот). Это обеспечивает устойчивую работу реле при срабатывании реле напряжения в случае, когда к обмотке реле приложено напряжение, близкое по величине к заданному напряжению срабатывания.

Коэффициент возврата, вычисляется как отношение напряжения возврата реле к напряжению срабатывания реле, и определяет зону нечувствительности реле, обеспечивающую гарантированное отсутствие дребезга выходных контактов реле.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципом действия, способами регулировки уставок и основными характеристиками реле напряжения (KV).
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Собрать схему испытания реле напряжения, показанную на рис. 2.3. Для этого, подать напряжение с источника напряжения U1 модуля ввода-вывода на обмотку реле напряжения (клеммы 12 и 16, т.е. первый диапазон уставок реле напряжения). Выходные контакты реле (клеммы 6 и 8) должны подавать оперативный ток от модуля оперативного тока на дискретный вход K1 модуля ввода-вывода.

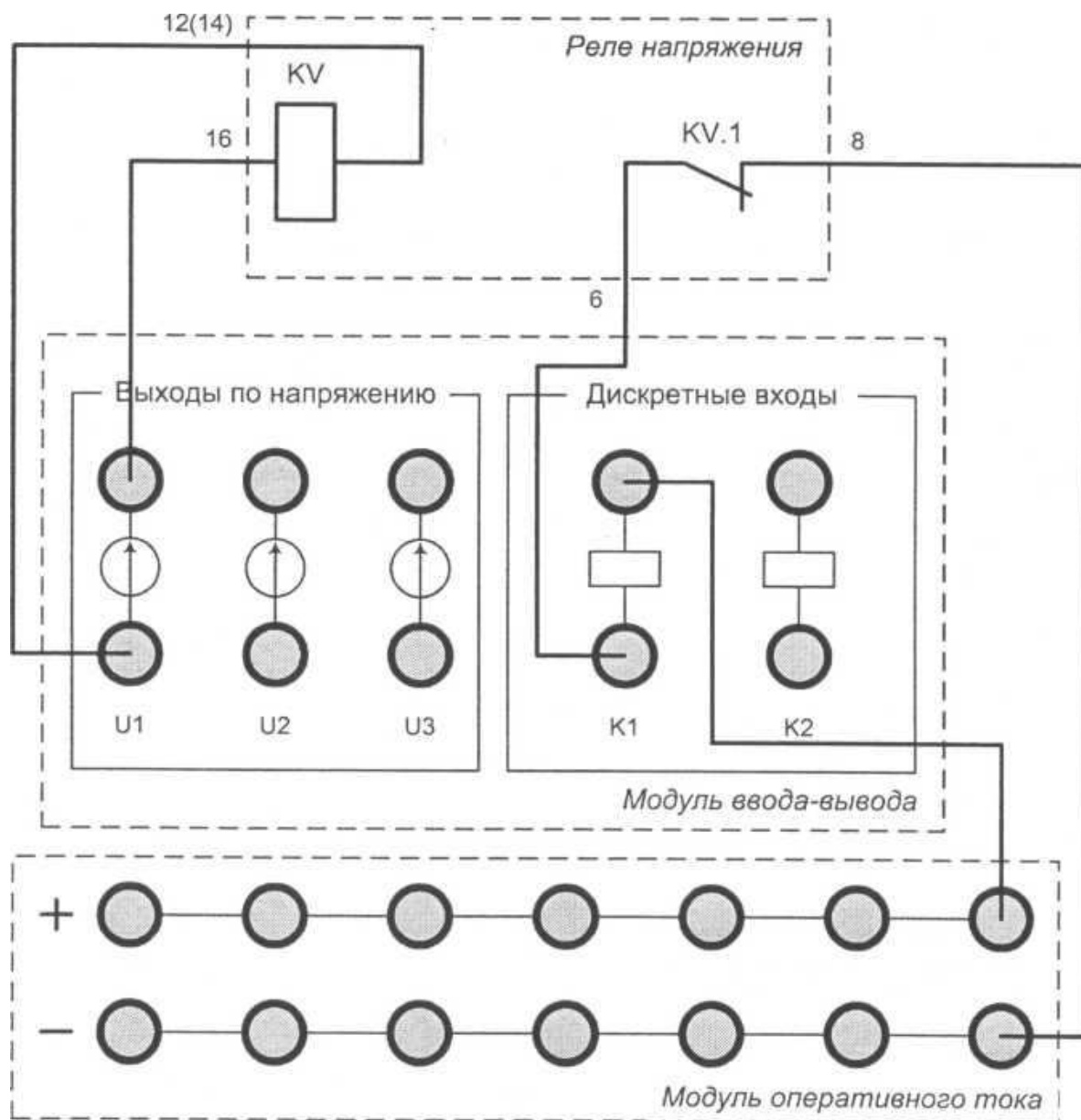


Рис.2.3. Схема испытания реле напряжения

4. На персональном компьютере загрузить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы - Лабораторный комплекс - DeltaProfi). На панели вкладок выбрать раздел «Реле-томограф» и далее выбрать вкладку «Реле напряжения». Рабочая область программы будет иметь вид, показанный на рис.2.4.

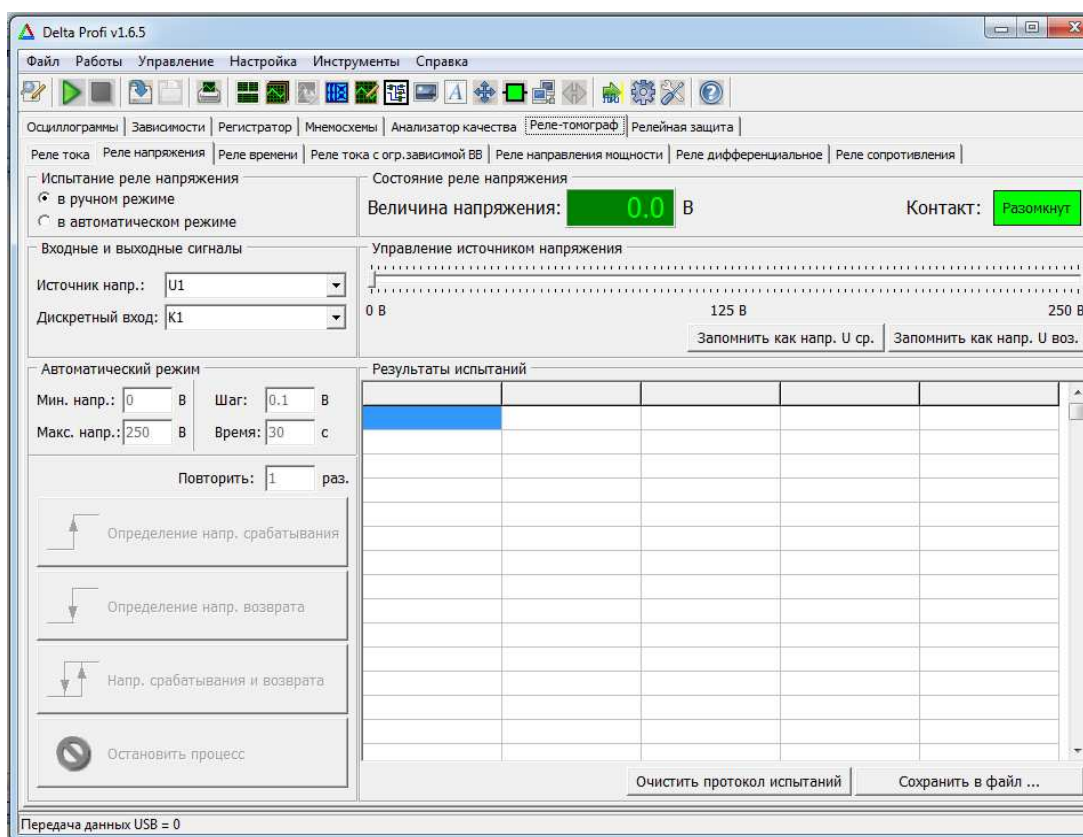


Рис.2.4. Программа испытания реле напряжения

5. На лицевой панели реле установить заданную преподавателем уставку срабатывания реле напряжения. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание реле напряжения тумблером «Питание» на лицевой панели модуля реле. Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.

6. Установить максимальное напряжение на выходе источника напряжения (регулятор «Управление источником напряжения» установить в крайнее правое положение), при этом, выходной контакт реле должен переключиться в состояние «разомкнут». Плавно понижать величину напряжения, подведенного к обмотке реле (регулятор «Управление источником напряжения») до момента срабатывания реле и одновременно следить за состоянием выходных контактов реле в окне «Состояние реле напряжения: Контакт». При срабатывании реле зеленый прямоугольник станет красным, а надпись на нем изменится с «разомкнут» на «замкнут».

7. Нажать на кнопку «Запомнить как напр. U ср». Плавно повышать величину напряжения в обмотке реле (регулятор «Управление источником напряжения») до момента возврата реле и одновременно следить за состоянием выходных контактов реле в окне «Состояние реле тока: Контакт». При возврате реле красный прямоугольник станет зеленым, а надпись на нем изменится с «замкнут» на «разомкнут». Обратить внимание на наличие или отсутствие дребезга контактов реле.

8. Нажать на кнопку «Запомнить как напр. U воз.». Коэффициент возврата реле рассчитывается автоматически.

9. Повторить испытания (еще 2 раза) с целью более точного определения величин напряжения срабатывания и напряжения возврата реле.

10. Повторить испытания (п.5-10) для трех других уставок реле (заданных преподавателем).

11. Результаты испытаний сохранить в файл нажав на кнопку «Сохранить в файл ...» и представить в отчете в виде таблицы 1. Повторить пункты 3-12, подав напряжение на реле через клеммы 14 и 16 (т.е. при втором диапазоне уставок реле напряжения). Результаты представить в той же таблице.

12. Переключить программу испытания реле напряжения в автоматический режим. Для этого, установить переключатель «Испытание реле напряжения» в позицию «в автоматическом режиме». Очистить протокол испытаний кнопкой «Очистить протокол испытаний».

13. Задать по согласованию с преподавателем исходные параметры автоматического режима. В частности, минимальное напряжение, максимальное напряжение, шаг изменения напряжения и время проведения эксперимента, а также количество опытов («Повторить: ... раз.»).

14. Нажать кнопку «Напр. срабатывания и возврата».

15. По завершению испытаний сохранить результаты кнопкой «Сохранить в файл ...».

16. Нажать кнопку «Очистить протокол испытаний».

17. Повторить пункты 14-17 для всех других уставок реле, указанных в таблице 1, а также для второго диапазона уставок реле. Занести полученные данные в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Уставка на реле, В				
Ток срабатывания реле, В				
Напряжение				
1 опыт				
2 опыт				
3 опыт				
Среднее значение				
Напряжение возврата реле, А				
1 опыт				
2 опыт				
3 опыт				
Среднее значение				
Коэффициент возврата				
1 опыт				
2 опыт				
3 опыт				
Среднее значение				

18. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6.

19. Отключить питание реле напряжения тумблером «Питание» на лицевой панели модуля реле. Отключить питание стенда.

20. Сравнить усредненные значения характеристик реле, полученных в ручном и в автоматическом режиме. Сделать соответствующие выводы.

21. Оформить отчет по лабораторной работе.

Таблица 2.2

Уставка на реле, В				
Ток срабатывания реле, В				
Напряжение				
1 опыт				
2 опыт				
3 опыт				
Среднее значение				
Напряжение возврата реле, А				
1 опыт				
2 опыт				
3 опыт				
Среднее значение				
Коэффициент возврата				
1 опыт				
2 опыт				
3 опыт				
Среднее значение				

Содержание отчета

1. Схема экспериментальной установки.
2. Результаты измерений.
3. Выводы по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Каковы причины возникновения дребезга контактов реле напряжения?
2. Что такое коэффициент возврата реле напряжения?
3. В чем разница между реле напряжения максимального и минимального типа?
4. Какие преимущества имеют реле типа РСН перед реле РН-50?

5. Объяснить принцип работы статического реле напряжения.
6. В каких видах защит используются реле напряжения?
7. Что такое диапазон уставок реле напряжения и как он выбирается?
8. В чем разница между нормально замкнутым и нормально разомкнутым выходными контактами реле?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИСПЫТАНИЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Цель работы

В процессе выполнения работы изучить принцип действия полупроводникового реле времени, изучить его конструктивное выполнение, изучить основные принципы настройки реле и методику проведения испытаний, экспериментально снять основные характеристики реле.

Теоретические сведения

Реле времени представляют собой устройства, управляемые логическим сигналом, поступающим с измерительной части устройства релейной защиты. Они обеспечивают ту или иную временную задержку в формировании выходного воздействия. Они предназначены для создания регулируемой (с заданной точностью) выдержки времени (при передаче сигналов к другим элементам устройств релейной защиты и автоматики) и обеспечивают требуемую последовательность действия элементов релейной защиты.

Основным нормируемым параметром реле времени является время срабатывания реле (t_{cp}). Под ним понимают время от момента подачи импульса (перепада) напряжения на реле до момента замыкания его контактов.

По типу оперативного тока реле времени делят на реле

постоянного и реле переменного тока. Кроме конечного контакта реле времени могут иметь проскальзывающий контакт, который кратковременно замыкается после заданной выдержки времени. При этом выдержка времени проскальзывающего контакта всегда меньше выдержки времени срабатывания конечных контактов.

Реле времени используется в цепях оперативного тока множества защит, таких как максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени, токовая направленная защита, защиты от перегрузки оборудования и др.

Указательные (сигнальные) реле предназначены для подачи информации и сигнализации (о срабатывании, возврате, действии или отпускании) различных реле и аппаратов в схеме релейной защиты и автоматики. Они могут включаться в контрольные цепи путем параллельного или последовательного включения своих обмоток. Наиболее часто применяются указательные реле обмотки, которые включают последовательно в цепь контролируемых аппаратов (реле). Широкое применение на практике получили электромагнитные указательные реле типа РУ-1 для контроля цепей постоянного тока. Конструктивной особенностью, отличающей их от электромагнитных промежуточных реле, является наличие смотрового окна и сигнального флажка (на якоре).

Реле времени этого типа являются электронными аналогами реле серий РВ-100 и РВ-200. Они предназначены для использования в схемах релейной защиты и системах автоматики для селекции управляющих сигналов по длительности, либо для передачи их в контролируемые электрические цепи с установленной задержкой во времени. Они действуют (срабатывают) с заданной выдержкой на срабатывание при подведении к ним напряжения постоянного или переменного тока.

Для создания выдержки времени используют принцип электрического заряда конденсатора. Он заключается в том, что время заряда конденсатора зависит от значения сопротивления цепи, по которой происходит его заряд, т. е. зависит от постоянной времени

зарядной цепи RC.

Структурная схема реле показана на рис. 3.1. Она содержит следующие элементы:

- преобразователь входного управляющего напряжения U_1 , формирующий питающее $U_{п}$ и опорное $U_{оп}$ напряжения для электронной схемы;

- времязадающий блок U_2 , формирующий требуемую временную задержку на срабатывание;

- пороговую схему (компаратор) SF;

- усилитель мощности сигнала А с ключом KL на выходе;

- схему обнаружения отключения питания реле U_s и электронный ключ SW для ускоренного разряда конденсаторов в реле.

Для получения стабильной временной задержки в реле используют принцип дозаряда конденсатора от фиксированного начального напряжения до напряжения срабатывания пороговой схемы. Управление работой отдельных узлов реле осуществляют по факту скачкообразного изменения напряжения питания.

Принципиальная схема реле для работы на постоянном напряжении представлена на рис. 3.2.

Схема реле для работы на переменном токе незначительно отличается от этой схемы (цепями преобразования входного управляющего напряжения). Изменения в схеме реле переменного напряжения направлены на уменьшение влияния пульсаций выпрямленного напряжения на работу схемы. В остальном обе схемы идентичны.

При пуске реле происходит быстрый заряд конденсатора C1 через резистор R1 и диод V5 до начального напряжения, примерно равного 3,3 В. После этого диод V5 запирается, так как потенциал его анода фиксируется и остается равным падению напряжения на диодах VI и V4, а напряжение на его катоде увеличивается в сторону положительных значений по мере заряда конденсатора C1.

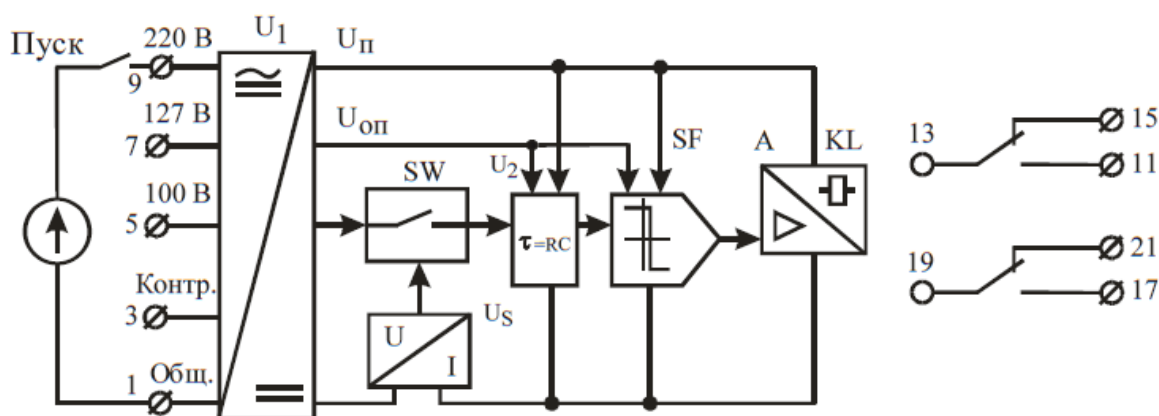


Рис.3.1. Структурная схема реле PB-01

После запираания диода V1 заряд конденсатора C1 происходит по цепочке времязадающих резисторов R15...R33, с помощью которых устанавливается требуемая выдержка времени.

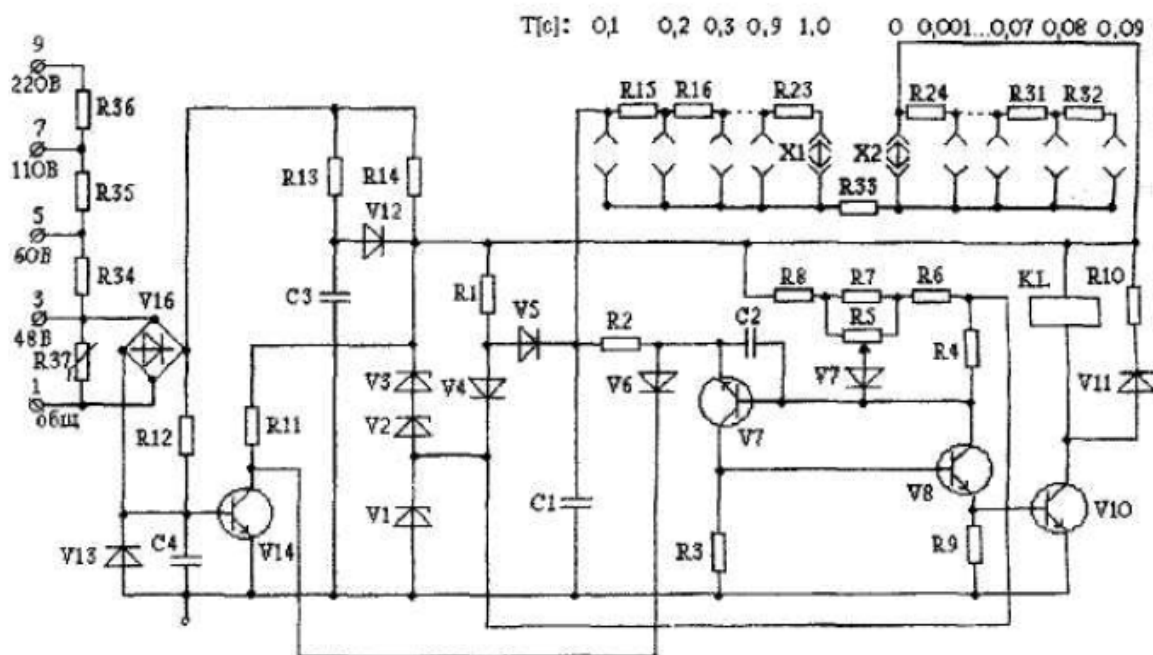


Рис.3.2. Схема принципиальная реле времени PB-01

В тот момент, когда напряжение на конденсаторе C1 достигнет напряжения срабатывания пороговой схемы, открываются транзисторы V7, V8. Отпирание транзистора V7 происходит в момент достижения напряжения на конденсаторе C1 уровня напряжения базы

транзистора V7. Ток, протекающий со стороны конденсатора C1 через переход эмиттер-коллектор открывшегося транзистора V7, создает падение напряжения на резисторе R3.

Это напряжение, прикладываясь к переходу база-эмиттер транзистора V8, отпирает его.

Ток цепи коллектор-эмиттер транзистора V8 создает падение напряжения на R9, что вызывает отпирание транзистора V10 и срабатывание реле KL.

При снятии напряжения питания происходит возврат схемы в исходное состояние. Диод VI и резистор R10, шунтирующие катушку выходного реле KL, ограничивают перенапряжения, возникающие на катушке в момент исчезновения тока.

Наличие реактивных элементов (конденсаторов в схеме реле времени) приводит к тому, что при отключении напряжения питания напряжения на элементах схемы не исчезают мгновенно, а медленно спадают во времени (иногда достаточно долго). Это обстоятельство может существенно увеличить время подготовки реле к последующему срабатыванию. Для сокращения времени подготовки реле к последующему пуску в схему введен специальный каскад на транзисторе V14. С целью уменьшения влияния колебаний напряжения питания реле на уставку по времени напряжение, прикладываемое к зарядной цепи C1...R15-R33, стабилизировано стабилитронами VI...V3.

Установка выдержки времени в этих реле осуществляют путем дискретного изменения значения сопротивления в цепи заряда конденсатора с помощью наборов резисторов. На лицевой панели для этого имеются две группы переключателей уставок:

- старшего разряда (изменение выдержки времени на 10 % от максимальной уставки шкалы);
- младшего разряда (изменение выдержки времени на 1 % от максимальной уставки).

Выдержку времени устанавливают с помощью одной или двух переключателей (коммутационных колодок). Она равна сумме

соответствующих цифр.

Основными характеристиками реле времени являются:

Время срабатывания реле (уставка по времени), задается с помощью набора дискретных переключателей на лицевой панели реле и определяет время от момента подачи оперативного тока в обмотку реле до момента замыкания выходных контактов реле;

Время возврата реле, является паспортной характеристикой реле, и определяет, как быстро происходит возврат реле при исчезновении оперативного тока в обмотке реле.

Максимальный разброс выдержки времени, зависит от технических характеристик реле и является одной из составляющих, определяющих величину ступени селективности токовых защит.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципом действия, способами регулировки уставок и основными характеристиками реле времени (КТ).

2. Ответить на контрольные вопросы.

3. Собрать схему испытания реле времени, показанную на рис. 3.3. Для этого, подать оперативный ток от модуля оперативного тока в обмотку реле времени (клеммы 1 и 5) через замыкающий контакт дискретного выхода S1 модуля ввода-вывода. Выходные контакты реле (клеммы 13 и 11) должны подавать оперативный ток от модуля оперативного тока на дискретный вход К1 модуля ввода-вывода.

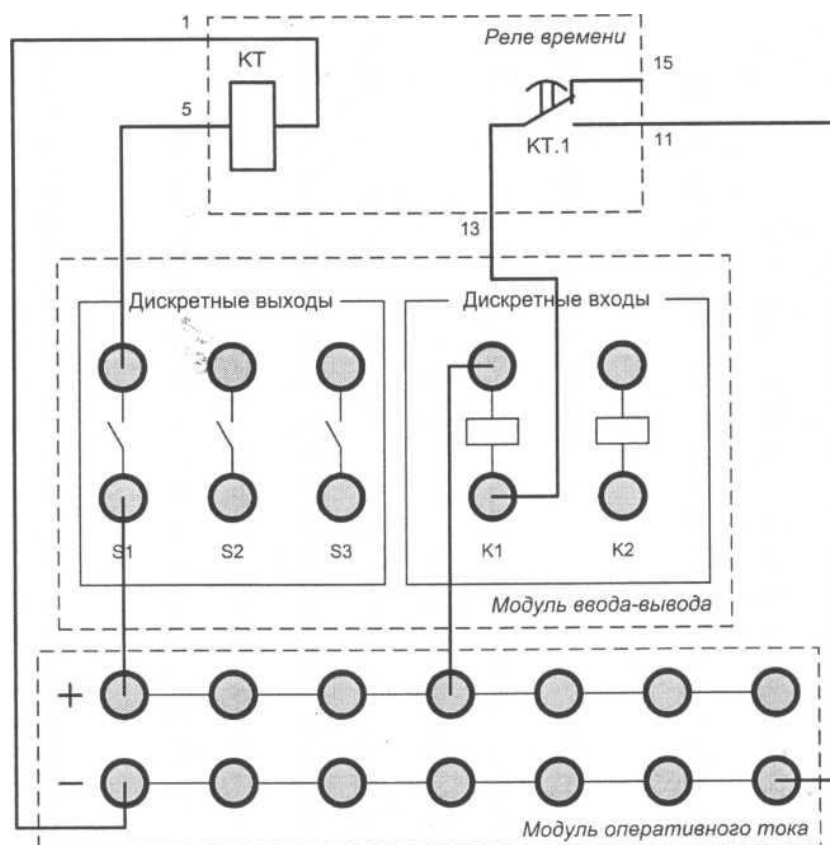


Рис.3.3. Схема испытания реле времени

4. На персональном компьютере загрузить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы - Лабораторный комплекс - DeltaProfi). На панели вкладок выбрать раздел «Реле-томограф» и далее выбрать вкладку «Реле времени». Рабочая область программы будет иметь вид, показанный на рис.3.4.

5. На лицевой панели реле установить заданную преподавателем выдержку времени (уставка реле). Включить питание стенда автоматическим QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание реле времени тумблером «Питание» на лицевой панели модуля реле. Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.

6. Подать оперативный ток в обмотку реле нажатием кнопки «Включить» и дождаться замыкания выходных контактов реле (окно «Состояние реле тока: Контакт»). При срабатывании реле зеленый прямоугольник станет красным, а надпись на нем изменится с «разомкнут» на «замкнут».

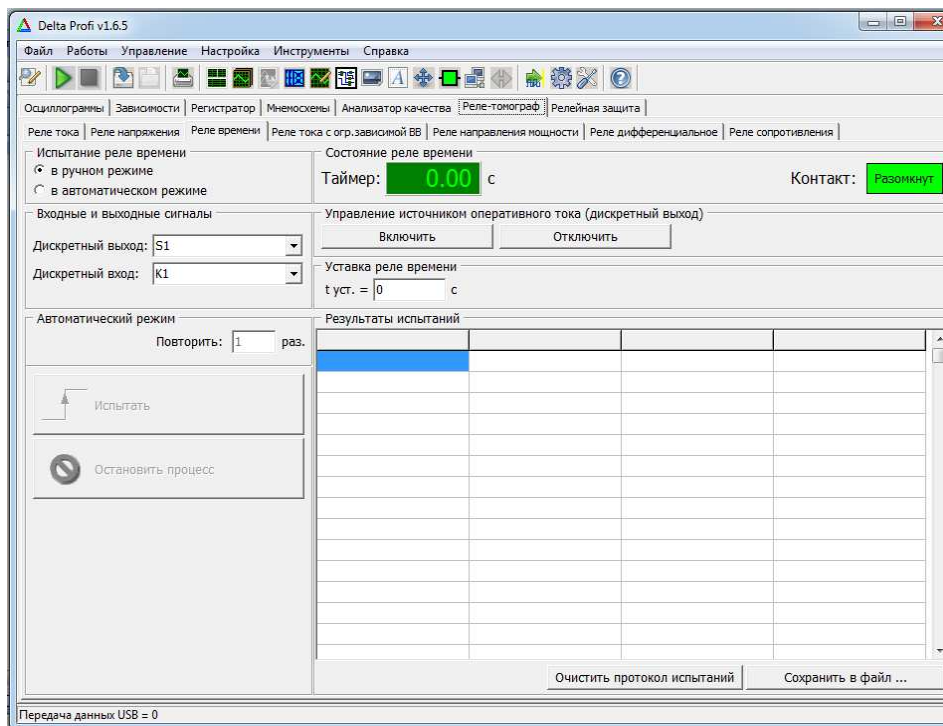


Рис. 3.4. Программа испытания реле времени

7. Снять оперативный ток с обмотки реле нажатием кнопки «Отключить». Произойдет возврат реле в исходное состояние. Время срабатывания и время возврата реле отображаются в окне «Результаты испытаний».

8. Поле ввода «Уставка реле времени» позволяет ввести величину заданной на реле выдержки времени. Целесообразно воспользоваться этой возможностью, указывая текущие значения уставок реле, так как в этом случае, при сохранении результатов испытаний в файл у Вас появится возможность рассчитать разброс реальных (измеренных) выдержек времени от заданных.

9. Повторить опыт (еще 2 раза) с целью более точного определения величин выдержек времени срабатывания и возврата реле.

10. Переключить программу испытания реле времени в автоматический режим. Для этого, установить переключатель «Испытание реле времени» в позицию «в автоматическом режиме».

11. Задать по согласованию с преподавателем исходные параметры автоматического режима, а именно, количество опытов

(«Повторить: ... раз.»)

12. Нажать кнопку «Испытать».

13. Изменить выдержку времени реле в соответствии с рекомендациями преподавателя и повторить испытания в автоматическом режиме (п. 12). Не забывайте указывать заданную выдержку времени в поле ввода «Уставка реле времени», это облегчит дальнейшую обработку экспериментальных данных.

14. Аналогичным образом, повторить испытания при всех других выдержках времени реле, определенных преподавателем.

15. По завершению испытаний сохранить результаты кнопкой «Сохранить в файл ...». Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание реле времени тумблером «Питание» на лицевой панели модуля реле. Отключить питание стенда.

16. Обработать полученные данные и занести результаты в таблицу 3.1.

17. Сравнить усредненные значения характеристик реле, и определить максимальный разброс выдержек времени реле во всем диапазоне уставок. Сделать соответствующие выводы.

18. Оформить отчет по лабораторной работе.

Таблица 3.1

№ изм.	Уставка на шкале, с	Время сраба- тывания реле, с	Время возврата реле, с	Среднее время срабатывания, с	Среднее время возврата, с	Максимальный разброс, с	
						+	—
1							
2							

№ изм.	Уставка на шкале, с	Время срабатывания реле, с	Время возврата реле, с	Среднее время срабатывания, с	Среднее время возврата, с	Максимальный разброс, с	
						+	—
3							
4							

Содержание отчета

1. Схема экспериментальной установки.
2. Результаты измерений и расчетов.
3. Выводы по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Чем обусловлен разброс выдержек времени для электромагнитных и полупроводниковых реле времени? .
2. Для чего в схемах включения реле времени используется добавочное сопротивление?
3. Как влияет величина максимального разброса выдержек времени на величину ступени селективности?
4. Объяснить принцип работы реле времени.
5. В каких видах защит используются реле времени?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.

ИСПЫТАНИЕ РЕЛЕ ТОКА С ОГРАНИЧЕННО-ЗАВИСИМОЙ ВЫДЕРЖКОЙ ВРЕМЕНИ

Цель работы

В процессе выполнения работы изучить принцип действия реле тока типа РТ- 80, изучить основные принципы настройки реле и методику проведения испытаний, экспериментально снять основные характеристики реле.

Теоретические сведения

Реле тока с ограниченно-зависимой выдержкой времени серии РТ-80 используется в качестве пусковых органов максимальной токовой защиты с ограниченно-зависимой выдержкой времени, применяемой в распределительных электрических сетях. Использование данного типа защит позволяет существенно снизить выдержки времени срабатывания защит вблизи источников питания. Сочетание достоинств и простоты схем реализации защит с данным видом реле обуславливает их широкое применение.

Индукционные максимальные реле тока серий РТ-80, РТ-90 применяются в сетях 6-35 кВ для защиты элементов СЭС (ЛЭП, трансформаторов, электрических машин и электрических установок) от перегрузок и коротких замыканий. Они являются комбинированными и состоят из двух элементов: – индукционного, создающего ограниченно зависимую характеристику время действия (выдержку времени); – электромагнитного (мгновенного действия), срабатывающего при больших кратностях тока в обмотке реле. Эти реле имеют экранированную магнитную систему (рис. 4.1).

Магнитопровод реле имеет сложную конфигурацию с двумя параллельными ветвями. Магнитный поток, создаваемый обмоткой реле 19, делится в нем на две составляющие, одна из которых подводится к индукционному элементу (ИЭ), а другая – к

электромагнитному (ЭЭ). Подвижной частью ЭЭ служит неуравновешенный якорь 10 с коромыслом 9 (находящийся в поле потока электромагнита). Ток срабатывания его (отсечки) устанавливают винтом 16 путем изменения воздушного зазора у правого плеча якоря 10. На головке винта 16 имеется шкала кратности тока срабатывания (метки с цифрами 2...8). Эти цифры соответствуют кратности тока срабатывания отсечки, т. е. отношению тока срабатывания отсечки к току срабатывания ИЭ.

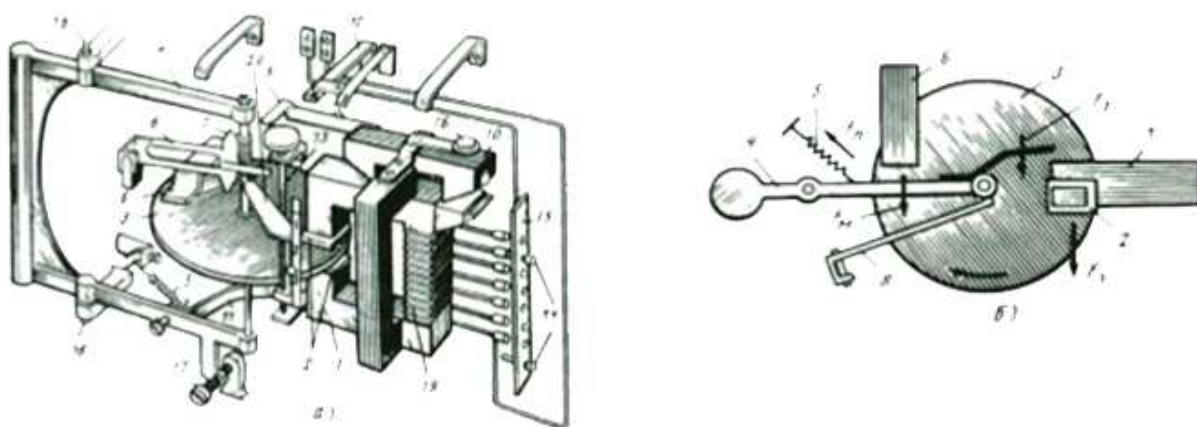


Рис.4.1. Индукционное реле серии РТ-80: конструкция реле (а); силы, действующие на диск подвижной рамки (б)

ЭЭ срабатывает без выдержки времени, т. е. является элементом мгновенного действия. Для уменьшения вибрации якоря (контактов) при срабатывании ЭЭ часть сечения правого конца якоря экранирована короткозамкнутым витком.

ИЭ реле имеет электромагнит 1 с экранированной магнитной системой (короткозамкнутыми витками 2) и подвижный диск 3. Обмотка электромагнита 19 имеет ответвления для дискретного изменения тока срабатывания (уставки), которые подведены к гнездам контактного мостика 15 и переключателя 14. Ток срабатывания ИЭ регулируется изменением числа витков обмотки реле 19 переключателем 14 (путем перестановки в соответствующее гнездо контактной колодки 15). Время действия реле регулируется путем изменения начального положения сегмента 8 винтом 13. Совместная

работа обоих элементов реле позволяет сформировать ограниченно зависимую характеристику выдержки времени, показанную на рис. 6. Между полюсами электромагнита расположен алюминиевый диск. При токах в реле, меньших тока срабатывания индукционного элемента, подвижная рамка 4 оттянута пружиной 5 в крайнее положение. Зубчатый сегмент 7 может свободно перемещаться в вертикальной плоскости (он зафиксирован устройством, с помощью которого устанавливается выдержка времени). Это устройство состоит из регулировочного винта 13 и движка 8. Зубчатый сегмент 7 перемещается вверх и рычагом поднимает коромысло 9, которое замыкает контакты реле 12.

При токе в реле, равном $I_p = (0,1-0,2)I_{cp}$, т. е. (10...20) % от тока срабатывания ИЭ, под влиянием электромагнитной силы возникает избыточный вращающий момент, под действием которого диск начинает вращаться. При этом возникают магнитные моменты от токов резания и постоянного магнита, сил инерции, трения и пружины. При достаточной скорости диска равнодействующая указанных выше сил (моментов) перемещает диск 3 вместе с рамкой 4 (скобой) вперед и происходит сцепление червяка с зубчатым сегментом 7. Ток в реле, соответствующий этому моменту (сцепления червяка с зубчатым сегментом), называется током срабатывания индукционного элемента. Он представляет собой минимальный ток, при котором равнодействующая сила преодолевает противодействующие и обеспечивает поворот рамки с диском. Регулировка тока срабатывания осуществляется дискретно (ступенчато) на контактной колодке 15. Надежное сцепление червячной передачи обеспечивается стальной пластинкой, укрепленной на рамке, подгибанием которой регулируется коэффициент возврата реле. Вращающийся вместе с диском червяк поднимает зубчатый сектор вверх, соприкасается с коромыслом и поднимает левый рычаг якоря вверх. Воздушный зазор у правого рычага якоря уменьшается, и якорь быстро притягивается к электромагниту, замыкая контакты реле с помощью коромысла. Время от момента сцепления червяка с зубчатым сегментом до момента

замыкания контактов является временем срабатывания реле, т. е. выдержкой времени. Оно (при заданной уставке по току) зависит только от скорости подъема сегмента вверх. В свою очередь, скорость подъема сегмента вверх определяется частотой вращения диска и зависит от величины тока. Чем больше ток, тем больше частота вращения диска и скорость подъема сегмента и, следовательно, тем меньше выдержка времени. Так формируется ограниченно зависящая часть характеристики выдержки времени.

При увеличении тока в обмотке реле рабочий момент растет пропорционально квадрату тока. При дальнейшем увеличении тока происходит насыщение магнитопровода, рост тока замедляется за счет ограничения магнитного потока при насыщении. Выражение (10) в этой области изменения тока не действует. Время срабатывания резко уменьшается (зависящая часть характеристики), а затем становится почти неизменным (независящая часть характеристики) примерно при восьмикратном токе срабатывания. В этой области вращающий момент, скорость (частота) вращения диска и выдержка времени остаются постоянными. Выдержка времени в реле зависит также от длины (высоты) перемещения сегмента, которая может плавно (непрерывно) изменяться перемещением исходного (нижнего) положения движка 20 по винту 13. Благодаря этому, можно получить серию характеристик выдержек времени. При этом важно иметь в виду, что на шкале уставок времени указаны пределы уставок выдержек времени в независимой части характеристики. При уменьшении тока в обмотке реле (или уменьшении его до величины, меньшей тока возврата индукционного элемента) происходит расцепление зубчатого сегмента с червяком. Якорь отсечки и сегмент под действием силы тяжести (а рамка с диском под действием возвратной пружины) возвращаются в исходное состояние. Под влиянием сил инерции диска и за счет инерции якоря отсечки контакты реле могут замкнуться и при сбросе тока до срабатывания реле. Максимально возможный промежуток времени от момента сброса тока до момента замыкания контактов за счет сил инерции

оказывается инерционной ошибкой. Контакты реле 12 имеют два исполнения: нормальное и усиленное. Контакты нормального исполнения работают на замыкание, а при необходимости могут быть переделаны для работы на размыкание. Контакты усиленного исполнения работают на переключение. Причем размыкающий контакт работает только после срабатывания замыкающего. Такие контакты используются в схемах защит с дешунтированием электромагнита отключения выключателя и применяются в реле РТ-85. Некоторые реле имеют сигнальные контакты, приводимые в действие непосредственно зубчатым сегментом. На кожухе реле смонтировано устройство для установки сигнального флажка в начальное положение без снятия кожуха. Реле серии РТ-90 по конструкции аналогичны реле РТ-80. Основное их отличие заключается в более раннем наступлении независимой части характеристики времени срабатывания (при кратности тока срабатывания индукционного элемента в 2...2,5 раза меньшей, чем у реле РТ-80). Это достигается увеличением числа витков обмотки реле в 1,75 раза и дает возможность уменьшить ток срабатывания и выдержку времени индукционного элемента. Для индукционных реле более раннего выпуска и снятых с производства применялось обозначение серии в виде ИТ-80. Реле серии РТ-80 выпускается в двенадцати различных модификациях.

Основными характеристиками реле тока типа РТ-80 являются:

- ток срабатывания реле (уставка по току), задается с помощью набора дискретных переключателей на лицевой панели реле и определяет величину тока в обмотке реле при которой происходит пуск (троганье) реле с одновременным началом отсчета выдержки времени;

- ток возврата реле, зависит от заданной на лицевой панели реле уставки по току и обеспечивает устойчивую работу реле при срабатывании реле тока в случае, когда по обмотке реле протекает ток, равный току срабатывания.

- коэффициент возврата, вычисляется как отношение тока возврата

реле к току срабатывания реле, и определяет зону нечувствительности реле, обеспечивающую гарантированное отсутствие дребезга выходных контактов реле.

Ток срабатывания отсечки, определяет величину тока, подведенного к обмотке реле, при которой происходит срабатывание реле без выдержки времени. Задается на лицевой панели реле с помощью регулятора «Кратность отсечки».

Кратность * срабатывания отсечки, является уставкой реле, которая определяет величину отношения тока срабатывания отсечки к току срабатывания защиты.

Выдержка времени, является уставкой реле определяющей время срабатывания реле при подведении к его обмотке тока, в 10 раз превышающего ток срабатывания защиты. Задаёт выбор одной из семейства характеристик реле, определяющих вид зависимости времени срабатывания реле от величины подведенного к его обмотке тока.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципом действия, способами регулировки уставок и основными характеристиками реле тока типа РТ-80.

2. Ответить на контрольные вопросы.

3. Собрать схему испытания реле тока, показанную на рис. 4.2. Для этого, подать ток с источника тока 11 модуля ввода-вывода на обмотку реле тока (клеммы 1 и 2). Выходные контакты реле (клеммы 3 и 4) должны подавать оперативный ток от модуля оперативного тока на дискретный вход К1 модуля ввода-вывода.

4. На персональном компьютере загрузить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы - Лабораторный комплекс - DeltaProfi). На панели вкладок выбрать раздел «Реле-томограф» и далее выбрать вкладку «Реле тока с огр.зависимой ВВ». Рабочая область программы будет иметь вид, показанный на рис.4.3.

5. На лицевой панели реле установить заданную преподавателем уставку срабатывания реле тока. Время срабатывания реле тока установить максимальным. Кратность срабатывания отсечки установить максимальной. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.

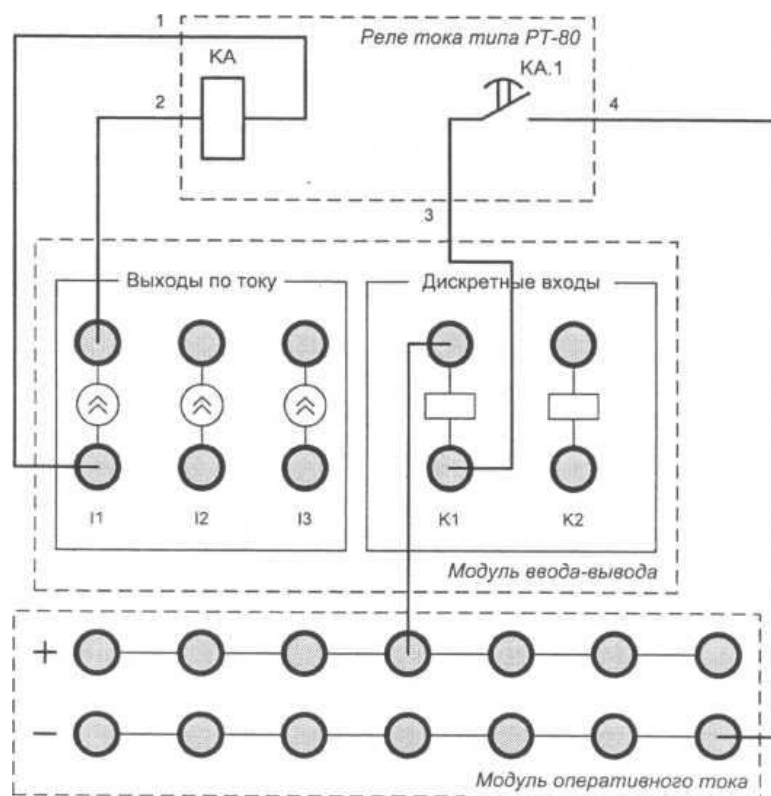


Рис.4.2. Схема испытания реле тока

6. Плавно повышать величину тока в обмотке реле (регулятор «Управление источником тока») до момента срабатывания реле, который определяется по включению светодиода на лицевой панели модели реле тока типа РТ-80. Обратите внимание, что срабатывание реле не приводит к моментальному замыканию его выходных контактов, так как еще идет процесс отсчета выдержки времени. Запомнить величину тока срабатывания реле.

7. Плавно снижать величину тока в обмотке реле (регулятор «Управление источником тока») до момента возврата реле, который

определяется выключением светодиода на лицевой панели реле. Запомнить величину тока возврата реле.

8. Повторить испытания (п.5-7) при других значениях уставок, заданных преподавателем. Результаты испытаний заносить в таблицу 4.1.

9. Рассчитать коэффициенты возврата реле и занести в таблицу 4.1.

10. Переключить программу испытания реле тока в автоматический режим. Для этого, установить переключатель «Испытание реле тока» в позицию «в автоматическом режиме».

11. Задать по согласованию с преподавателем исходные параметры автоматического режима. В частности, минимальный ток, максимальный ток, шаг изменения тока и максимальное время срабатывания реле (заведомо большее, чем время срабатывания реле при подведенном к нему токе равном току срабатывания).

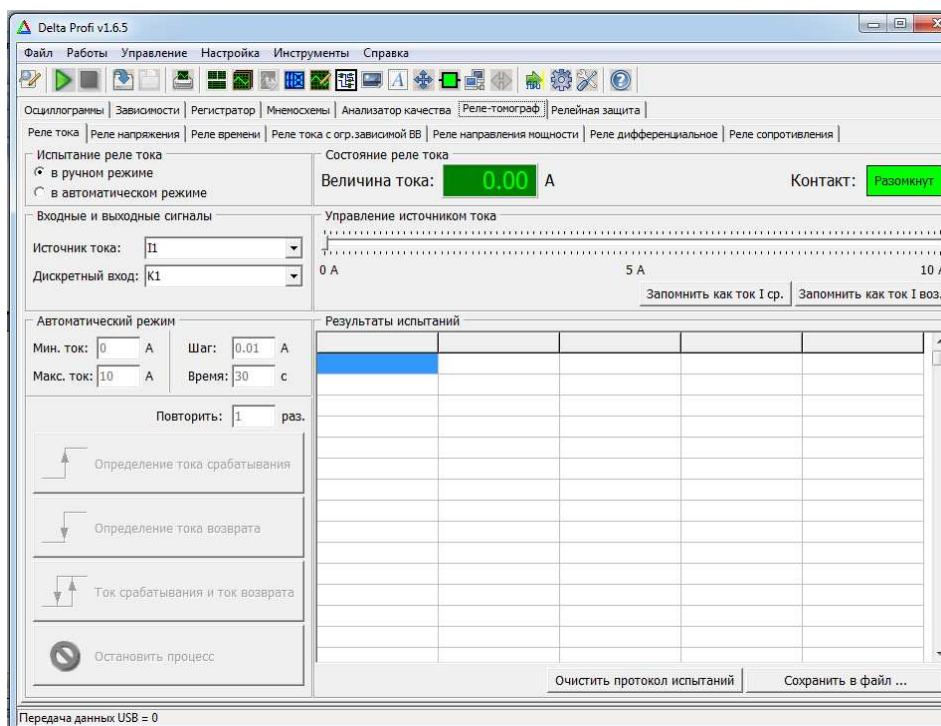


Рис.4.3. Программа испытания реле тока

12. Нажать кнопку «Временная характеристика».

13. По завершению испытаний сохранить результаты кнопкой «Сохранить в файл ...».

14. Повторить испытания (п. 3.11-3.13) 2..3 раза при других выдержках времени реле (задается преподавателем).

15. Обработать полученные результаты, построив в одной системе координат семейство характеристик реле типа $t_{cp} = f(I_p/I_{уст})$.

16. Переключить программу испытания реле тока в ручной режим. Для этого, установить переключатель «Испытание реле тока» в позицию «в ручном режиме».

Таблица 4.1

Уставка, А							
I_{cp} , А							
$I_{вр}$, А							
КВ							

17. На лицевой панели реле установить кратность срабатывания отсечки приблизительно равной 2,5.

18. Перевести режим управления источником тока в дискретное управление (переключатель «Дискретное упр.» в окне программы испытания реле тока).

19. Установить регулятор «Управление источником тока» на величине около 5А. Обратите внимание, что в данном случае ток в обмотке реле не изменяется, регулятор лишь задает величину тока, который будет подан в обмотку реле при нажатии кнопки «Подать ток на реле».

20. Подать ток в обмотку реле нажатием кнопки «Подать ток на реле». Если не происходит мгновенного срабатывания реле, которое определяется по замыканию выходных контактов реле (в окне появляется надпись «замкнут» на красном фоне), то величина тока, подведенного к обмотке реле меньше, чем ток срабатывания отсечки. В этом случае необходимо снять ток с обмотки реле нажатием кнопки «Снять ток с реле», увеличить ток регулятором «Управление источником тока» и вновь подать ток на обмотку реле. В противном случае (при мгновенном срабатывании реле), необходимо снизить ток

регулятором «Управление источником тока» и вновь подать ток на обмотку реле.

21. Выполняя рекомендации п. 3.21 определить границу срабатывания отсечки реле тока, соответствующая ей величина тока и будет током срабатывания отсечки.

22. По величинам тока срабатывания реле и тока срабатывания отсечки рассчитать величину кратности отсечки, установленную на реле.

23. Если полученная кратность отсечки отличается от 2,5 провести настройку реле таким образом, чтобы добиться заданной кратности отсечки, (скорректировать положение регулятора «Кратность отсечки» на лицевой панели реле и повторить пункты 3.18-3.24).

24. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда. Оформить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета

1. Схема экспериментальной установки.
2. Результаты измерений и расчетов.
3. Выводы по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Как регулируются уставки реле РТ-80 по току зависимого элемента и отсечки?
2. Как регулируется уставка выдержки времени у реле РТ-80?
3. При каком токе в обмотке реле РТ-80 выдержка времени будет соответствовать заданной?
4. Какое отличие контактной системы реле РТ-81...84 от РТ-85...86?
5. Какое отличие у реле РТ-81/1 и РТ-81/2?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ИСПЫТАНИЕ РЕЛЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТИ

Цель работы

В процессе выполнения работы изучить принцип действия реле направления мощности, определить его основные параметры и характеристики.

Теоретические сведения

Реле направления мощности серии РМ-11 и РМ-12 выполняются на базе микросхем и предназначены для замены индукционных реле направления мощности типа РБМ, имеющих ряд принципиальных недостатков, таких, как наличие самохода и вибрация контактных систем, низкая механическая устойчивость. Реле РМ-11 имеет два дискретно устанавливаемых угла максимальной чувствительности: -30° и -45° , РМ-12 – один угол, равный $+70^\circ$. Реле РМ-11 применяется в направленных токовых защитах от междуфазных КЗ, РМ-12 – в направленных токовых защитах нулевой последовательности.

Реле направления мощности применяется в токовых направленных защитах кольцевых сетей и сетей с двухсторонним питанием напряжением до 35кВ, а также, в ряде других защит, таких как дистанционная защита, поперечная дифференциальная защита и направленная защита с высокочастотной блокировкой. Необходимость использования реле направления мощности в токовых направленных защитах обусловлена требованием селективности действия двух смежных защит, установленных на одной подстанции. Для обеспечения этого требования, защита должна срабатывать только при одновременном выполнении двух условий: 1) ток в линии больше тока срабатывания защиты; 2) мощность направлена от шин в линию. Проверка последнего условия осуществляется с помощью реле направления мощности.

Реле направления мощности имеет две обмотки, обмотку тока и обмотку напряжения. Как правило, реле включается на фазный ток и

линейное напряжение и реагирует на угол сдвига между векторами тока и напряжения. Существует 30 и 90 градусная схема включения реле направления мощности.

Реле выполнено по схеме сравнения по фазе двух электрических величин E_U и E_I , определяемых подведенными к реле напряжению U_p и току I_p . Работа схемы основана на сравнении времени совпадения по знаку мгновенных значений входных напряжений со временем их несовпадения.

Структурная схема реле РМ-11 и РМ-12 представлена на рис. 5.1.

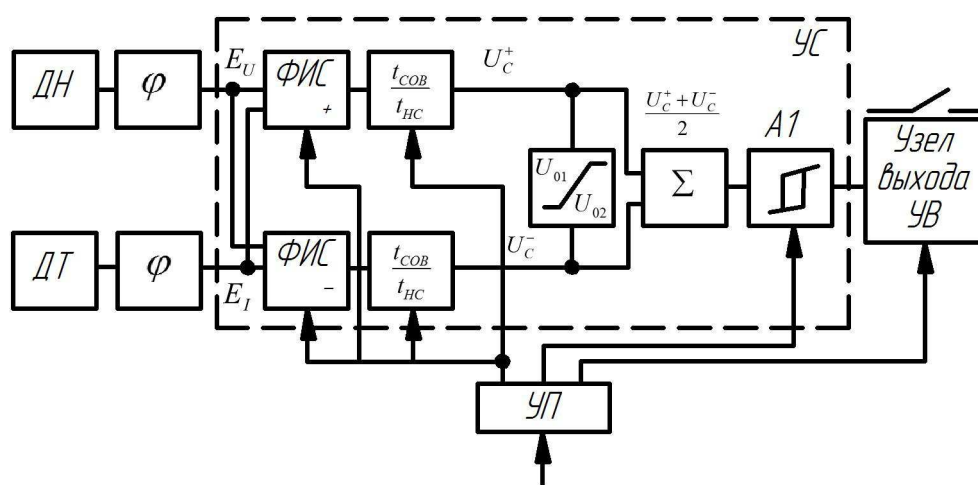


Рис.5.1. Структурная схема реле направления мощности РМ-11, РМ-12:

ДН – датчик напряжения; ДТ – датчик тока; φ – фазоповоротная схема; ФИС – формирователь импульсов совпадения мгновенных значений сравниваемых напряжений (знак плюс относится к положительным значениям, а знак минус – к отрицательным значениям этих напряжений); t_{cob}/t_{nc} – времясравнивающая цепочка; U_{01}/U_{02} – ограничитель уровней напряжения; Σ – сумматор; А1 – выходной компаратор с положительной обратной связью; УВ– узел выхода; УП – узел питания

Пунктиром обведены элементы, образующие узел сравнения (УС). В нем осуществляется раздельное сравнение фазовых сдвигов между напряжениями E_U и E_I , сформированными в узле формирования из поданных на реле напряжения и тока. С помощью фазоповоротных схем обеспечивается такое положение, чтобы сдвиг между E_U и E_I равнялся нулю, когда сдвиг между подведенными U_p и I_p достигает угла максимальной чувствительности. Командный управляющий

сигнал на выходе реле возникает при условии, если напряжения E_U и E_I оказываются сдвинутыми на угол, не более чем $\pm 90^\circ$, которым определяется зона срабатывания реле. Это соответствует совпадению знаков мгновенных значений сравниваемых напряжений E_U и E_I в течение одной четверти периода и более.

Основными характеристиками реле направления мощности являются:

- величина внутреннего угла сдвига реле, определяет угол максимальной чувствительности реле, при котором мощность срабатывания реле минимальна.

- зона срабатывания реле, определяющая диапазон углов между током и напряжением, подведенными к обмоткам реле, в котором реле срабатывает замыкая выходной контакт.

- угловая характеристика реле, определяет зависимость напряжения срабатывания реле от величины фазового сдвига между током и напряжением при номинальном токе в обмотке реле.

- вольт-амперная характеристика, определяет зависимость напряжения срабатывания реле от тока, подведенного к обмотке реле при сдвиге между током и напряжением, равном углу максимальной чувствительности реле.

- угол максимальной чувствительности реле, задается дискретными переключателями на лицевой панели реле.

Зону действия реле можно представить в виде сектора ограниченного углами, при которых реле находится на грани срабатывания. Угол максимальной чувствительности определяется возведением перпендикуляра к прямой, характеризующей границы зоны действия реле (рис. 5.2).

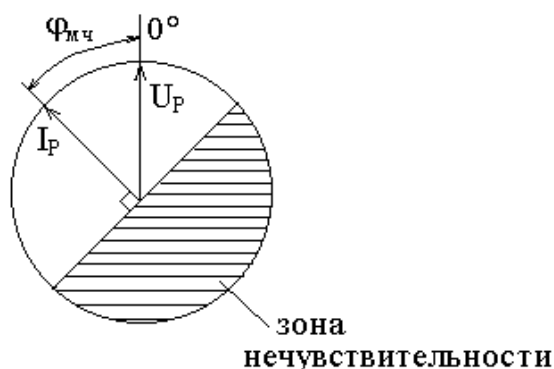


Рис. 5.2. Зона срабатывания РМ

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципом действия, способами регулировки уставок и основными характеристиками реле направления мощности.

2. Ответить на контрольные вопросы.

3. Собрать схему испытания реле тока, показанную на рис. 5.3. Для этого, подать ток с источника тока II модуля ввода-вывода на обмотку тока реле (клеммы 4 и 2*). Подать напряжение с источника напряжения III на обмотку напряжения реле (клеммы 19* и 21). Внимание! Соблюдать полярность при подключении источников тока и напряжения. Выходные контакты реле (клеммы 11 и 13) должны подавать оперативный ток от модуля оперативного тока на дискретный вход К1 модуля ввода-вывода.

4. На персональном компьютере загрузить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы - Лабораторный комплекс - DeltaProfi). На панели вкладок выбрать раздел «Реле-томограф» и далее выбрать вкладку «Реле направления мощности». Рабочая область программы будет иметь вид, показанный на рис.5.4.

5. На лицевой панели реле установить заданную преподавателем величину угла максимальной чувствительности реле. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание реле направления мощности тумблером «Питание» на лицевой панели модуля реле. Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление — Пуск» или горячей клавишей F5.

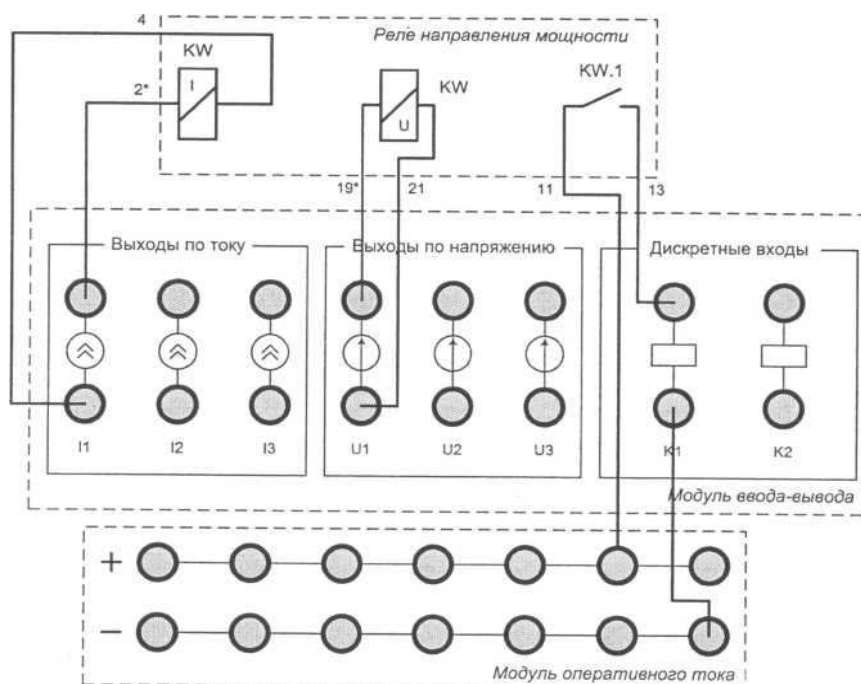


Рис.5.3. Схема испытания реле направления мощности

6. Определить первую границу зоны срабатывания реле. Для этого, регуляторами «Управление источниками тока и напряжения» установить номинальный ток в обмотке реле 1А и номинальное напряжение в обмотке реле 100В. Величину угла между током и напряжением установить равной нулю. При этом, реле должно перейти в сработавшее состояние (индикатор «Контакт» в окне программы испытания реле имеет красный цвет, а надпись на индикаторе имеет значение «замкнут»). Если реле не срабатывает, то это говорит о неправильно собранной схеме испытания и/или неверной полярности подключения источников тока и напряжения. Меняя величину угла сдвига фаз между током и напряжением в сторону ее увеличения, определить угол при котором происходит возврат реле (индикатор «Контакт» в окне программы испытания реле отображает значение «разомкнут» на зеленом фоне, или имеет место дребезг контактов, т.е. неустойчивая работа реле с периодическими переключениями состояния его выходных контактов). Величину угла φ_2 занести в таблицу 5.1.

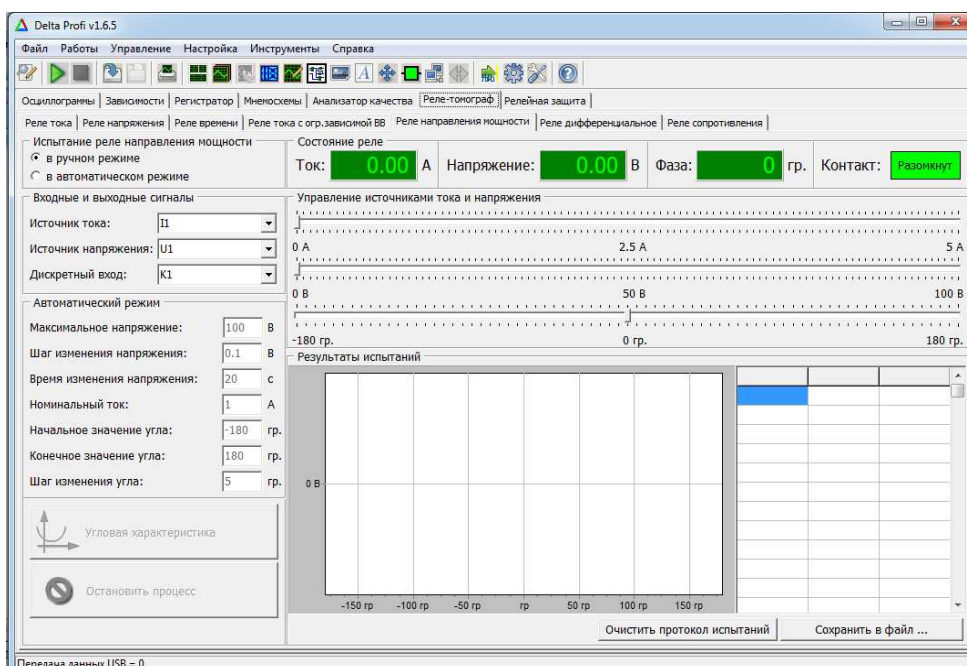


Рис.5.4. Программа испытания реле направления мощности

7. Определить вторую границу зоны срабатывания реле. Для этого, регуляторами «Управление источниками тока и напряжения» установить номинальный ток в обмотке реле 1А и номинальное напряжение в обмотке реле 100В. Величину угла между током и напряжением установить равной нулю. При этом, реле должно перейти в сработавшее состояние (индикатор «Контакт» в окне программы испытания реле имеет красный цвет, а надпись на индикаторе имеет значение «замкнут»). Если реле не срабатывает, то это говорит о неправильно собранной схеме испытания и/или неверной полярности подключения источников тока и напряжения. Меняя величину угла сдвига фаз между током и напряжением в сторону ее уменьшения, определить угол при котором происходит возврат реле (индикатор «Контакт» в окне программы испытания реле отображает значение «разомкнут» на зеленом фоне, или имеет место дребезг контактов, т.е. неустойчивая работа реле с периодическими переключениями состояния его выходных контактов). Величину угла φ_1 занести в таблицу 5.1.

8. Рассчитать величину фактической зоны срабатывания реле по формуле $\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ Полученное значение занести в таблицу 5.1. Зона

срабатывания любого реле направления мощности должна быть равной 180° . Допустимое отклонение от фактического значения не более чем на $\pm 5^\circ$.

9. Рассчитать фактический угол максимальной чувствительности как $\varphi_{м.ч}=(\varphi_2+\varphi_1)/2$ Полученное значение занести в таблицу Сравнить фактическое значение угла максимальной чувствительности с уставкой реле, допустимое отклонение не должно превышать $\pm 5^\circ$.

10. Рассчитать угол внутреннего сдвига реле по формуле: $\alpha=\varphi_{мч}+90^\circ$. Полученное значение занести в таблицу 1. Сравнить фактическое значение угла внутреннего сдвига с паспортным значением, допустимое отклонение не должно превышать $\pm 5^\circ$.

11. Проверить реле на самоход по напряжению. Для этого, регуляторами «Управление источниками тока и напряжения» установить номинальный ток в обмотке реле 1А и номинальное напряжение в обмотке реле 100В. Величину угла между током и напряжением установить равной фактическому углу максимальной чувствительности. Установить ток в обмотке реле, равный нулю. При отсутствии самохода, реле должно разомкнуть свой контакт.

Таблица 5.1

Зона срабатывания реле	
φ_1	φ_2
Зона срабатывания реле ср, град	
Угол максимальной чувствительности ср _{мч} , град.	
Угол внутреннего сдвига реле а, град.	

12. Проверить реле на самоход по току. Для этого, восстановить номинальный ток в обмотке реле. Установить напряжение в обмотке реле равное нулю. При отсутствии самохода, реле должно разомкнуть свой контакт.

13. Определить мощность срабатывания реле. Для этого, регуляторами «Управление источниками тока и напряжения»

установить номинальный ток в обмотке реле 1А, напряжение в обмотке реле установить равным нулю. Плавно увеличивая напряжение, подводимое к обмотке реле, определить минимальное напряжение срабатывания $U_{C.P.}$. Рассчитать мощность срабатывания реле по формуле: $S_{C.P.} = I_{НОМ} U_{C.P.}$. Полученное значение занести в таблицу 2.

14. Определить мощность возврата реле. Для этого, установить напряжение в обмотке реле, равное $2U_{с р.}$ и плавно уменьшая напряжение, подводимое к обмотке реле, определить максимальное напряжение возврата реле $U_{ВОЗ.}$ - Рассчитать мощность возврата реле по формуле: $S_{ВОЗ.} = I_{НОМ} U_{ВОЗ.}$. Полученное значение занести в таблицу 2. Рассчитать коэффициент возврата реле и занести полученное значение в таблицу 5.2.

15. Снять угловую характеристику реле. Для этого, регуляторами «Управление источниками тока и напряжения» установить номинальный ток в обмотке реле 1А и напряжение в обмотке реле установить равным нулю. Величину угла между током и напряжением установить равной $\alpha_{г}$. Плавно повышая напряжение определить минимальное напряжение при котором происходит срабатывание реле.

Таблица 5.2

Самоход по напряжению (есть/нет)	
Самоход по току (есть/нет)	
Мощность срабатывания реле, ВА	
Мощность возврата реле, ВА	
Коэффициент возврата реле	

16. Установить напряжение в обмотке реле равным нулю. Увеличить угол между током и напряжением на величину заданного шага (задается преподавателем). Плавно повышая напряжение определить минимальное напряжение, при котором происходит срабатывание реле.

17. Повторить п. 16 для всех значений углов между током и напряжением в зоне действия реле. Результаты измерений занести в таблицу 5.3.

Таблица 5.3

Φ_p									
Ус.р,В									

18. По данным таблицы 3 построить угловую характеристику реле вида $U_{с.р}=f(\phi_p)$.

19. Снять угловую характеристику реле при другом значении угла максимальной чувствительности в автоматическом режиме. Для этого, переключить программу испытания реле направления мощности в автоматический режим установив переключатель «Испытание реле направления мощности» в позицию «в автоматическом режиме».

20. Задать по согласованию с преподавателем исходные параметры автоматического режима. В частности, максимальное напряжение, шаг изменения напряжения, время изменения напряжения, номинальный ток и шаг изменения угла.

21. Нажать кнопку «Угловая характеристика».

22. По завершению испытаний сохранить результаты кнопкой «Сохранить файл ...». Занести результаты измерений в таблицу 5.4. По данным таблицы 5.3 построить угловую характеристику реле вида $U_{с.р.}=f(\phi_p)$.

Таблица 5.4

Φ_m									
Ус.р. ,В									

23. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание реле направления мощности тумблером «Питание» на лицевой панели модуля реле. Отключить питание стенда. Оформить отчет по лабораторной работе.

Содержание отчета

1. Схема экспериментальной установки.
2. Результаты измерений, расчетов и графики.
3. Выводы по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Что такое мертвая зона реле направления мощности?
2. Каковы недостатки индукционного реле направления мощности и преимущества статического исполнения?
3. Объяснить принцип действия статического реле направления мощности?
4. Какие основные характеристики имеет реле направления мощности?
5. Что такое самоход по току и самоход по напряжению?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булычев, А. В. Релейная защита в распределительных сетях [Электронный ресурс]: пособие для практических расчетов / А. В. Булычев, А. А. Наволочный. – М.: ЭНАС, 2011. – 206 с. –Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/58493>.
2. Юндин, М. А. Токовая защита электроустановок [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М. А. Юндин. – СПб.: Лань, 2011. – 288 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1802.
3. Плащанский, Л. А. Основы электроснабжения. Раздел «Релейная защита электроустановок» [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л. А. Плащанский. – М.: Московский государственный горный университет, 2008. – 143с. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/99348>.
4. Андреев, В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учеб. для вузов / В. А. Андреев. – М.: Высш. шк., 2007. – 639 с.
6. Чернобровов, Н. В. Релейная защита энергетических систем: учеб. для техникумов / Н. В. Чернобровов, В. А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.
7. Соколов Б. В. «Измерительные реле тока» методические указания Кемерово 2011г – 31с.

Практикум

ЗЕМЦОВ Артем Иванович
МИГУНОВА Людмила Геннадьевна

**Релейная защита и автоматика.
Статическое реле**

Редакторы:
Е.С. Захарова
И. А. Назарова

Подписано в печать 26.10.2016г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная
Усл. п. л. 3,7 Уч.-изд. л. 3,2
Тираж 100 экз. Рег. № 11/16sf

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарский государственный технический университет»
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Отпечатано в типографии
Самарского государственного технического университета
Филиал в г. Сызрани, 446001, г. Сызрань, ул. Советская 45