

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.
Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

НОВОМОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ

О.Е. ЛАГУТКИН, М.Н. ПОЛЗИКОВ

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Методические указания к лабораторным работам

Утверждено Советом факультета ПЭ
в качестве методических указаний

Новомосковск 2002

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование, наладка и проверка простых устройств релейной защиты и элементов автоматики на установке У5052.

(Продолжительность работы- 4 часа, самостоятельная подготовка - 4 часа).

1.1. Цель работы.

Целью работы является получение практических навыков по проверке и настройке простых устройств релейной защиты на промышленной установке У5052.

1.2 Основные теоретические положения.

Функционирование средств релейной защиты и элементов автоматики с высокой надежностью невозможно без профилактических проверок, регулировок и настроек данных элементов.

В общем случае средства релейной защиты принято разделять на простые и сложные. В основу этой классификации положен признак, определяющий, на какое число физических величин реагируют защиты. Простые защиты обычно реагируют на одну электрическую величину, сложные - на две и более.

Установка У5052 предназначена для проверки простых устройств релейной защиты и элементов автоматики. В качестве пусковых органов таких защит применяются реле, реагирующие на одну электрическую величину.

Функционирование реле такого типа определяется значением одной воздействующей величины. Переход реле из начального состояния в конечное или наоборот при выполнении функции, для которой реле предназначено, называется срабатыванием реле. Возвращение реле к состоянию, в котором оно находилось до срабатывания (начальное или конечное), называется возвратом реле. Значение воздействующей величины (тока, напряжения и т.п.), при котором происходит срабатывание реле, является его параметром

срабатывания, значение воздействующей величины, при котором происходит возврат реле - параметром возврата. Отношение параметра возврата к параметру срабатывания есть коэффициент возврата реле K_B . Отсюда следует, что для реле тока

$$K_B = I_{BP} / I_{CP} \quad (1.1)$$

для реле напряжения

$$K_B = U_{BP} / U_{CP} \quad (1.2)$$

где I_{BP} , U_{BP} - ток и напряжение возврата реле, I_{CP} , U_{CP} - ток и напряжение срабатывания реле.

Реле, которое срабатывает при возрастании воздействующей величины, называются максимальными. Для них коэффициент возврата меньше единицы. Реле, которое срабатывает при уменьшении воздействующей величины, называются минимальными. Для них коэффициент возврата больше единицы.

Коэффициент возврата является важным параметром, определяющим исправность реле и возможность его применения в различных устройствах защиты. При испытаниях коэффициент возврата должен быть определен для каждого реле, входящего в схему защиты, и сравнен с техническими данными завода-изготовителя.

Проверка параметров срабатывания и возврата проводится как при плавном, так и при скачкообразном изменении параметров в зависимости от функции, выполняемых реле. Например, для токового реле, применяемого в защите от КЗ, ток срабатывания и ток возврата должны быть определены при скачкообразном изменении, а для токового реле, применяемого для сигнализации при перегрузке - как при плавном так и при скачкообразном изменении.

При испытании должно быть проверено отсутствие вибрации контактов. Вибрация сопровождается искрообразованием в межконтактном зазоре, что может привести к нарушению чистоты поверхности контактов, а иногда и к свариванию их. Проверка должна производиться при значениях токов (напряжений), близких к

значениям уставки, а также при значениях, соответствующим максимальным эксплуатационным. Должна быть проверена работоспособность контактной системы при наличии в цепи нагрузки, соответствующей физической (например, промежуточного реле, реле времени).

Параметры срабатывания реле не всегда совпадают с уставкой по шкале. Отклонение действительного значения величины (параметра) при срабатывании от установленного называется погрешностью реле. Погрешность может быть абсолютной или относительной. В первом случае погрешность выражается в единицах измерения параметра, во втором случае - в процентах. Так для реле тока относительная погрешность определяется выражением

$$\gamma_{\text{ср}}\% = \frac{I_{\text{ср}} - I_{\text{уст}}}{I_{\text{уст}}} * 100\% \quad (1.3)$$

где - $I_{\text{ср}}$ - среднее значение, полученное при выполнении заданного количества измерений. $I_{\text{уст}}$ - уставка по шкале реле.

Разность между максимальным и минимальным параметрами срабатывания реле при многократных измерениях на одной и то же уставке и при неизменных условиях работы реле называется абсолютным значением разброса $\Delta\Pi$

$$\Delta\Pi = \Pi_{\text{ср.макс}} - \Pi_{\text{ср.мин}} \quad (1.4)$$

где $\Pi_{\text{ср.макс}}$; $\Pi_{\text{ср.мин}}$ - соответственно максимальное и минимальное значение, полученное при измерениях.

Относительное значение разброса есть отношение абсолютного значения разброса к среднему значению, выраженное в процентах.

Значение погрешностей и разброса регламентируется для каждого реле и указывается в технических данных заводом-изготовителем (1.2).

1.3. Техническое описание и конструкция по эксплуатации установки У5052.

1.3.1. Назначение и основные данные.

Установка переносная У5052 предназначена для наладки и проверки простых устройств релейной защиты и элементов автоматики (реле, контакторов, пускателей и т.п.) на месте их установки на электростанциях, промышленных предприятиях или в лабораториях. Установка состоит из двух блоков (К513- блок регулировочный и К514 - блок нагрузочный) электрически связанных между собой при помощи кабеля с разъёмными соединениями.

Установка обеспечивает получение однофазного переменного и выпрямленного постоянного напряжения и тока.

Регулировочный блок К513 при номинальном напряжении питающей сети (220 В или 380В) обеспечивает:

- получение на выходных зажимах и измерение электрических величин в соответствии с табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Основные данные установки У5052

Род напряжения	Параметр нагрузки		Регулирование	Выходные зажимы	положение «S11»
	напряжение В	ток А			
1.Переменный	380	5	плавноступенчатое	“ $\cong U$ ”	“ОТКЛ”
	380	5			
	380	10			
2.Постоянный (выпрямленный со сглаживанием)	240	0.06	плавноступенчатое	“ $\cong U$ ”	“ U_P ”
	220	0.6			
	110	1.0			

- определение напряжения (тока) срабатывания (возврата) реле и других устройств переменного и постоянного напряжения (тока) в том числе промежуточных реле постоянного тока с параллельной и последовательной обмотками;
- определение однополярных выводов параллельной и последовательной обмоток промежуточных реле постоянного тока;
- определение времени срабатывания (возврата) испытуемых аппаратов на замыкающих, размыкающих и временно - замыкающих контактах (с помощью встроенного электросекундомера ПВ-53 Щ или внешнего миллисекундомера);
- сигнализацию замыкания контакта проверяемого реле.

Блок К513 совместно с блоком К514 при номинальном напряжении питающей сети (380 или 220 В) обеспечивает плавно-ступенчатое регулирование однофазного переменного тока. Параметры нагрузки в зависимости от длительности включения установки, номинального напряжения сети и сопротивления резистора вы первичной цепи нагрузочного трансформатора нормируются инструкцией по эксплуатации.

Для облегчения условий работы оператора на лицевых панелях блоков размещены только измерительные приборы и оперативные элементы (ручки управления регулирующих элементов, оперативные переключатели и индикаторы наличия и напряжения на блоке). Все неоперативные элементы (разъемы, зажимы) размещены на задних панелях блоков. На задней панели блока К513 размещены две розетки “X1” ,”X2” (220V 50Hz) для возможности питания внешних приборов (осциллографа, лампового вольтметра, паяльника). Индикатор замыкания контакта испытуемого аппарата установлен на циферблате измерителя.

Схема расположения измерительных приборов и оперативных элементов на лицевой панели блока К513 представлена на рис. 1.1. Схема расположения элементов управления на лицевой панели блока К514 представлена на рис.1.2.

Особенностью блоков К513 и К514 является применение одного общего регулирующего элемента - автотрансформатора Т1, осуществляющего плавно-ступенчатую регулировку однофазного

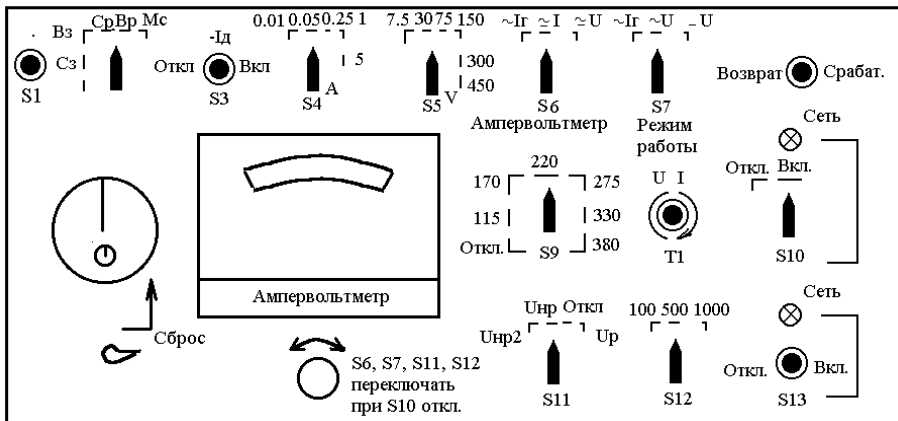


Рис.1.1. Схема расположения элементов управления на лицевой панели блока K513.

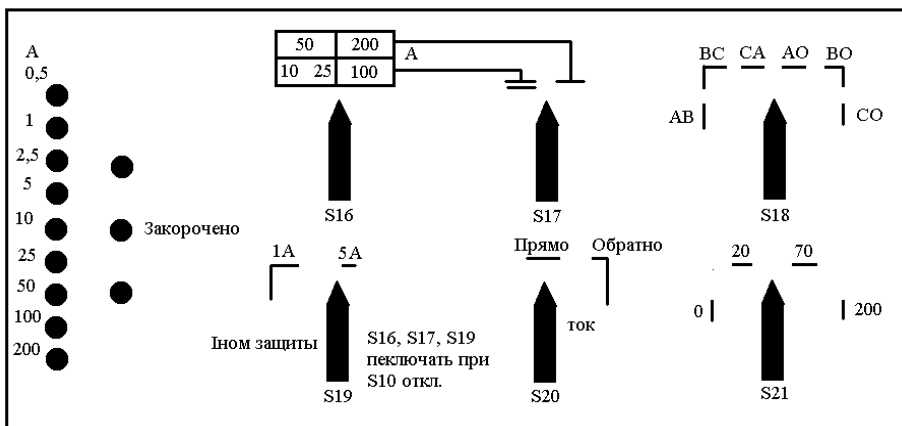


Рис.1.2. Схема расположения элементов управления на лицевой панели блока K514.

переменного или выпрямленного тока (напряжения). Диапазоны плавно - ступенчатого регулирования напряжения на выходе Т1 представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

Диапазоны регулирования напряжения на выходе Т1

Положение переключателя "S9"	"115"	"170"	"220"	"275"	"330"	"380"
Диапазон плавного регулирования напряжения, В	0-115	55-170	105-220	160-275	215-330	265-380

1.3.2. Общие цепи питания, регулирования и управления.

Однофазное напряжение 380 или 220 В подается на зажимы "*" "-" 380 В или "*" "-" ~220 В" блока К513. С выходных зажимов "СЕТЬ" напряжение через предохранитель F1, F3 или F2, F3 и главный выключатель "S10" подается на автотрансформатор Т1, трансформатор Т2 и обмотку магнитного пускателя К1 через контакты командного тумблера "S8". При этом загорается сигнальная лампа Н1 контроля наличия напряжения на блоке К513.

Ответвление обмотки Т1 выведены на переключатель "S9" с шестью фиксированными положениями. Регулируемое на выходе Т1 напряжение с переключателя "S7" через контакт Л1-С1 магнитного пускателя К1. Магнитный пускатель К1 выполняет функции оперативного переключения и управляется тумблером "S8".

Переход ("S8" из положения "ВОЗВРАТ" в положение "СРАБАТ" приводит к срабатыванию К1, контакты которого выполняют следующие операции:

- в режиме регулирования переменного тока до 50 А или 200 А контакт Л1-С1 осуществляет подачу напряжения с Т1 на первичную обмотку Т3, тем самым создавая ток в нагрузке;
- в режиме регулирования переменного тока до 5 (10) А или напряжения до 380 В (на зажимах "~U") контакты Л1-С1

обеспечивают двойной разрыв цепи питания нагрузки, повышая безопасность работы с устройством;

- в режиме регулирования выпрямленного тока или напряжения (на зажимах “ \sim _U”) контакт Л2-С2 обеспечивает замыкание цепи нагрузки;

- контакт Л3 - С3 осуществляет пуск встроенного электросекундомера или внешнего миллисекундомера.

1.3.3. Цепи переменного тока (до 50 или 200 А).

При совместном использовании блоков К513 и К514 и установки переключателей режимов “S7” в положение “ \sim I_T” регулируемое напряжение с Т1 подается на вход силового трансформатора Т3 через переключатель реверса тока “S20” и резисторы R24 - R33, ступенчато регулируемые переключателем “S21”. Цепь вторичных обмоток Т3 содержит переключатели “S16”, “S17”, “S18”, “S19” и измерительный трансформатор тока Т4 с мостиком контактными “S15” для измерения коэффициента Т4.

Все переключатели в цепях тока являются режимными и на разрыв больших токов не рассчитаны.

Переключатель “S16” соединяет две секции вторичной обмотки Т3 последовательно или параллельно в каждой катушке. Переключатель “S17” соединяет последовательно или параллельно обе катушки.

Переключатель “S19” осуществляет пересоединение обмоток Т3 с трансформаторной на автотрансформаторную схему, что позволяет существенно увеличить выходное напряжение Т3 для возможности проверки защит с I_{НОМ}=1А, обладающих значительно большим сопротивлением цепей тока, чем защиты с I_{НОМ}=5 А.

Переключатель “S18” распределяет ток по фазам испытываемой панели защиты.

Встроенный измеритель измеряет действующее значение тока. Измеритель подключается переключателем “S6” в положении “ \sim I_T” к пятиамперной вторичной обмотке измерительного трансформатора тока Т4 класса точности 0.5.

Выбор требуемого диапазона регулирования тока производится с помощью переключателей “S16”, ”S17”, ”S19”.

Мостик контактный “S15” позволяет получать коэффициенты трансформации T4: 0.5/5, 1/5, 2.5/5, 5/5, 10/5, 25/5, 50/5, 100/5, 200/5. Для изменения коэффициентов трансформации под нагрузкой у “S15” имеется второй штекер, предназначенный для закорачивания первичной обмотки T4.

Для измерения тока в цепи на зажимах “Ток \leq 50А” контрольным выносным амперметром в схеме предусмотрены зажимы “Амперметр 1 пер”, нормально замкнутые перемычкой “S22”.

Для измерения тока выносным амперметром через измерительный трансформатор тока T4 при самостоятельном использовании блока K514 предусмотрены зажимы “Амперметр 1 втор.”

При использовании только блока K513 и установки переключателя “S6” в положение “~I”, ”-I” измеритель включается непосредственно в цепь нагрузки для измерения переменного тока или выпрямленного тока.

1.3.4. Цепи однофазные переменного напряжения и переменного тока до 5/10А

Регулируемое напряжение с T1 через контакт Л1-С1 магнитного пускателя K1 подводится к переключателю “S7”. В положении “~U” этого переключателя напряжение подается на измеритель “S6” в положении “~_U” и выходные зажимы “~_U”. При “S6” в положении “~_I” последовательно в цепь выходных зажимов “~_U” включается измеритель.

1.3.5. Цепи выпрямленного напряжения и тока .

При установке переключателя “S7” в положение “-U” регулируемое переменное напряжение с T1 через переключатели “S9” (в положениях “115 V”, “170 V”, ”220 V” и “S11”) в положение “U_p” подается на вход выпрямленного моста V7-V10, выход

которого через сглаживающий фильтр RC (R18-R21, C3-C12) подключается к зажимам “ \sim _U”.

Для того, чтобы при выпрямленном токе 4,5 А напряжение на нагрузке могло быть сколь угодно малым, и это не приводило бы к закорачиванию конденсаторов фильтра, последовательно в цепь выхода включены резисторы R22, R23.

Величина переменного напряжения на выходе выпрямленного моста регулируется движком Т1 и переключателем “S9”, схема которого исключает возможность подачи на вход напряжения 220 В.

Подача напряжения на нагрузку производится контактами Л2-С2 магнитного пускателя К1, конденсаторы фильтра RC к моменту подачи напряжения на нагрузку уже заряжены.

Для безопасности переключения проверяемых защит на зажимах “ \sim _U” в схему включены резисторы R12, R13, обеспечивающие разряд конденсаторов фильтра за время порядка 5-7 с после отключения “S10”.

1.3.6. Цепи дополнительного выпрямленного (без сглаживания) тока.

Для самоудерживания выходных промежуточных реле защиты, имеющих последовательно удерживающие обмотки, а также для определения однополярных выводов параллельных и последовательных обмоток реле постоянного тока в блоке К513 на Т2 предусмотрены обмотки 5-7, цепь которой через двухполупериодный выпрямитель на диодах V5, V6, резисторы R6-R8 и тумблер “S3” выведены на зажимы “-I_A”. При выведенном резисторе R6 и закороченных зажимах “-I_A” резисторы R7, R8 ограничивают ток в цепи до величины не более 6 А.

1.3.7. Цепи вспомогательного выпрямленного напряжения.

От обмотки 1-2 трансформатора Т2 питается выпрямленный мост V1-V4, выход которого через П-образный сглаживающий фильтр RC (C2-R2, R3-C1) подключены к выводам 4 и 5 разъема

“Х5”.

Вспомогательный узел нерегулируемого выпрямленного напряжения 110 В предназначен для питания: цепи индикации срабатывания контакта испытуемого устройства в блоке К513, осуществляемой с помощью светодиода, встроенного в циферблат измерителя (переключатель “S2” в положении “О”), цепи самоудержания реле К2.

1.3.8. Цепи измерения времени действия испытуемых устройств.

Измерение времени срабатывания (возврата) производится при подаче (снятии) напряжения (тока) на испытуемое устройство при помощи включения (отключения) тумблера “S8”.

При измерениях встроенным электросекундомером в зависимости от положения переключателя “S2” (Сз, Вз, Ср, Вр) измеряются времена срабатывания (Ср, Сз) или возврата (Вр, Вз) замыкающих (Сз, Вз) или размыкающих (Ср, Вр).

Длительность замкнутого состояния временно замыкающего (проскальзывающего) контакта производится в положении “Ср”.

Контакты испытуемого устройства при этом присоединяются к зажимам “контакты реле“, а перемычка “S14” должна быть установлена.

При измерениях выносным миллисекундомером переключатель “S2” устанавливается в положение “МС”. Контакты испытуемого устройства присоединяются к зажимам “контакты реле” или непосредственно к зажимам миллисекундомера для его останова. Зажимы ”Пуск МС” и “ контакты реле” соединяются с миллисекундомером , осуществляя его пуск и остановку. При этом перемычка “S14” должна быть снята, а выбор режима измерения должен осуществляться переключателем миллисекундомера.

В установке предусмотрена возможность измерения времени срабатывания защиты с выходным реле, не имеющим удерживающей обмотки, при ее кратковременном срабатывании. Фиксация кратковременного срабатывания выходного реле защиты осуществляется в блоке К513 с помощью двухобмоточного

промежуточного реле К2, имеющего паспортное время срабатывания не более 1 мс. Реле К2 срабатывает по цепи обмотки ВГ и самоудерживается по цепи обмотки АБ через кнопку “S1”.

При этом контакт выходного реле защиты подключается:

- при питании защиты выпрямленным напряжением от блока К513 - к зажимам “+” («Оперативные цепи защиты») и “ЦО” (“S13” - ”Вкл.”; ”S11”-”U_p”),
- при питании защиты выпрямленным напряжением от блока К513 -к зажимам ”+” (“≅_U” и “ЦО”, ”S11”-”U_{np1}” или “U_{np2}”).

Остановка электроскундомера (миллисекундомера) осуществляется контактом 5-6 реле К2.

При измерении времени срабатывания быстродействующих (до 20-25 мс) реле необходимо учитывать разновременность замыкания контактов Л1-С1 и Л3-С3 магнитного пускателя К1, составляющую несколько миллисекунд.

Эта разновременность может быть измерена миллисекундомером при подключении к его входам соответствующих зажимов блока К513 (“S”-> “ОТКЛ”): “+” (“~_U”) - “К1:Л1” при ”S7” в положении “-U” (контакт Л1-С1, “-” (“~_U”) - ”К1:Л2” (контакт Л2-С2), ” Пуск МС” (контакт Л3-С3).

1.3.9. Прочие цепи и элементы схемы.

При испытаниях защит питание их оперативных цепей может осуществляться либо от блока, либо от местной аккумуляторной батареи через блок К513, в котором предусмотрены для этой цели входные зажимы “Сеть 220/110 В”, выходные зажимы “Оперативные цепи защиты” и тумблер “S13”, который выполнен с двойным разрывом цепи.

1.3.10. Проверка защит по переменному напряжению (току).

Подключить нагрузку к зажимам “~_U”, а контакты испытуемого реле к зажимам “Контакты реле”. Установить переключатели “S7” - в положение “~U”, “S6” - ”~_U”, “S11” - ”ОТКЛ.”, “S2” - ”⊗”, ”S4” - на выбранный диапазон измерений.

Включите “S10”, тумблер “S8” переключить в положение “СРАБАТ”.

Переключателем “S9” и ручкой “Т1” установить требуемый диапазон напряжения.

После окончания требуемых регулировок вывести ручку ”Т1” в начальное положение, переключатель ”S9” в положение “115 В”, “S8” вернуть в положение “Возврат”, отключить “S10”.

1.3.11. Проверка защит по постоянному напряжению (току).

Вначале аналогично пп.1.3.10, затем установить переключатели: ”S4”, ”S5” на выбранный диапазон измерения, ”S7” в положение “-U”, ”S6”-”~_U”, ”S11”-”U_P”, ”S12” - в зависимости от значения необходимого напряжения и тока нагрузки:

Напряжение ,В	240	220	110	
Ток ,А	0,06	0,6	1,0	4.5
Положение “12”	“100”	“500”	“1000”	“1000”

“S2” - в положении ”⊗”, далее аналогично п.1.3.10.

1.3.12. Проверка однополярных выводов последовательной и параллельной обмоток реле постоянного тока.

Для данной проверки используется блок К513.

Для реле, срабатывающих по цепи параллельной обмотки и удерживающихся по цепи последовательной обмотки, переключатели устанавливаются в положение аналогично п.1.3.8, обмотки реле переключаются к зажимам : параллельную к “~_U”, последовательную - к “-I_д”, при этом однополярные выводы, обозначенные на реле “*”, подключаются к одноименным зажимам (например, ”+”), если реле в цепи последовательной обмотки имеет замыкающий контакт, он должен быть зашунтирован;

установить переключатели в положение: ”S7” - ”-U”, ”S6” - ”~_U”, ”S5” - соответственно номинальному напряжению реле, ”S11” - ”U_P”, включить “S3”, ручкой резистора “Р6” плавно увеличить ток в цепи, одновременно нажимая на якорь реле

вручную, до тех пор, пока реле не “залипнет”, после чего регулировки прекратить: включить “S10” переключатель “S8” в положение “Срабат” и с помощью “S9” и ручки “Т1” увеличить напряжение на зажимах “ \sim U” до номинального напряжения реле. Если во всем диапазоне измерение напряжения реле удерживается, то однополярным выводами параллельной обмотки являются выводы, подключенные к одноименным зажимам (“+” или “-”) обеих цепей нагрузки, если же в процессе увеличения напряжения реле возвратится в исходное состояние, то однополярные выводы подключены к разноименным зажимам, отключить “S3” и выполнить операции по п.1.3.11. После проверок вывести установку в исходное состояние и выключить.

1.3.13. Проверка защит по переменному току (до 50 или 200 А).

При данной поверке используется блок К513 и К514. Нагрузку подключить к зажимам “Ток \leq 50 А “ или “ Ток > 50 А”, в зависимости от величины требуемого тока (в первом случае выбор питаемых фаз защиты производится переключателем “S18”).

Установить переключатели:

“S” в положение “I_r”, “S6” - ” \sim I_r”, “S20” - ”прямо”, ”S21” - ”С”, ”S16”, ”S17”, ”S19” - в положение, соответствующее требуемому диапазону изменения тока нагрузки, ”S4” - ”S5”, штекер ”S15” - в соответствии с выбранной величиной тока, включить “S10”, тумблер “S8” переключить в положение “СРАБАТ”. Переключателем “S9” и ручкой “Т1” отрегулировать необходимую величину тока в нагрузке. При необходимости, для исправления формы кривой тока переключателем “S21” ввести в цепь первичной обмотки ТЗ резисторы Р24-Р33. После проверок вывести установку в исходное состояние и отключить.

1.3.14. Проверка защит по переменному току (до 50 А) с одновременным питанием их оперативных цепей нерегулируемым выпрямленным напряжением 20 В от У5052.

Переключателем “S9” и ручкой ”Т1” отрегулировать требуемую величину тока в нагрузке. При необходимости, для

исправления формы кривой тока переключателем “S21” ввести в цепь обмотки резисторы P24-P33. Поставить переключатели в положение по п.1.3.13 и подключить зажимы “~_U” к выходу оперативных цепей защиты.

При этом необходимо учитывать, что величина нерегулируемого напряжения на зажимах “~_U” существенно зависит от тока потребления проверяемой защиты.

Поэтому предусмотрены два варианта, в которых в зависимости от потребления панели величина напряжения на зажимах “~_U” обеспечивается в диапазоне U ном +_15% при переходе от нормального режима работы к режиму её срабатывания.

К первому варианту относится питание полупроводниковой защиты ПЗ-201, имеющий ток потребления около 1А, что дает возможность подключить её к зажимам “~_U” без добавочного балластного сопротивления (“S11” в положении “U_{НР1}”).

Ко второму варианту относится питание дистанционной защиты или защиты замыкания на землю наиболее массовой панели защиты ЭПЗ-1636, ток потребления которой значительно меньше, чем у ПЗ-201.

Поэтому для испытания этих защит параллельно “~_U” (и входу оперативных цепей защиты) в схеме подключены балластные сопротивления P14-P17 (300 Ом) при “S11” в положении “U_{НР2}”. При проверке других (не массовых) защит, имеющих различный ток потребления, оператор может выбрать необходимую величину балластного сопротивления.

1.3.15. Проверка правильности функционирования выходной цепи, имеющей последовательную с выходным контактом токовую удерживающую обмотку.

Подключить выходную цепь защиты, т.е. последовательно включенные замыкающий контакт и удерживающую обмотку выходного реле к зажимам “-I_д”. Включить “S10” и “S3” вручную, нажатием на якорь сработает выходное реле и с помощью R6 отрегулировать в цепи ток, достаточный для удерживания реле. Возвратить выходное реле в исходное состояние переключателем

“S3”.

Одним из описанных выше способов осуществить подачу на защиту тока или напряжения, достаточных для её срабатывания. Обесточить защиту: ”S8” - в положение “ВОЗВРАТ”. Убедится, что выходное реле удержалось. Отключить “S3”. Убедится, что выходное реле возвратилось в исходное состояние.

1.3.16. Измерение временных параметров реле (простых защит).

Подсоединить обмотку проверяемого реле (входные цепи защиты) к зажимам “~_U” или “Ток \leq 50А” (или ”Ток $>$ 50 А“). Установить требуемое положение режимных переключателей “S6”, ”S7” и др. Включите “S10”, переключите “S8” в положение “СРАБАТ” и отрегулировать требуемую величину тока или напряжения. После этого вернуть “S8” в исходное состояние и отключить “S10”.

При измерении времени срабатывания реле (защиты) встроенным электросекундомером:

- выполнить выше перечисленные в данном эксперименте операции,
- контакты реле подсоединить к зажимам ”КОНТАКТЫ РЕЛЕ” блока К513 проверить, что перемемычка”S14” установлена;
- переключатель “S2” установить в положение ”Сз” или “Ср”;
- включить “S10”;
- переводом “S8” в положение “СРАБАТ” запустить электросекундомер и произвести измерение.

Измерение длительности замкнутого состояния временнозамыкающего (проскальзывающего) контакта производить по вышеуказанной программе при установке “S2” в положение “Ср”.

При измерении времени возврата реле (защиты) встроенным электросекундомером :

- выполнить все указанные подготовительные операции,
- переключатель “S2” установить в положение “Вз” или ”Вр” (время замыкающего или размыкающего контактов),
- включить “S10” и перевести “S8” в положение “СРАБАТ”,

- переводом "S8" в положение "ВОЗВРАТ" запустить электросекундомер и произвести измерение.

Измерение времени срабатывания реле постоянного тока до 4 А выполняется при положении "S12" в "100 мкф".

1.3.17. Особенности проверки реле с быстронасыщающимися трансформаторами (БНТ).

Проверка тока срабатывания реле с БНТ (серии РНТ, ДЗТ, РП-341, РВМ-12, 13 и т.п.), имеющих существенную зависимость чувствительности от формы кривой переменного тока, по п.1.3.3. при положении "S21" в "200".

При снятии тормозных характеристик дифференциальных реле серий ДЗТ использовать для питания рабочей обмотки блок К514.

Питание и регулировку тока в рабочей обмотке выполнять по п.1.3.10. При этом последовательно с нагрузкой необходимо включать внешний реостат сопротивлением в 7-10 раз больше полного сопротивления реле при токе установки.

Для измерения тока использовать внешний амперметр. Необходимо помнить, что во избежание повреждения трансформатора Т1 с зажимов "U" разрешается снимать ток не более 10 А в течение 0,5 мин.

Питание и регулировку тока в тормозной обмотке выполнять с использованием регулируемого блока К514.

При имитации повреждения в зоне защиты, когда рабочий и тормозной токи должны совпадать по фазе, питание блоков К513 и К514 выполнить от одних и тех же фаз питающей сети.

При имитации повреждений вне зоны действия защиты, когда оба тока должны быть сдвинуты один относительно другого на угол 90-120°, питание блоков К513 и К514 выполнять от разноименных фаз сети (например "АВ" и "ВС" или "АО" и "СО").

1.4. Порядок выполнения лабораторной работы

1.4.1. Исследование токовых реле (защит) типа РТ-40

а) определить токи срабатывания и возврата токовых реле (защит) на

всех уставках реле тока, выполнив измерения не менее 5 раз.

б) по данным эксперимента определить средние значения токов срабатывания и возврата на всех уставках,

в) определить среднее значение коэффициента возврата реле по следующей формуле:

$$K_{В\text{CP}} = \sum_{ij} K_{ij} / ij$$

где $K_{Вij}$ - коэффициент возврата реле на i -ой уставке в j -ом эксперименте, i - порядковый номер уставки, j - порядковый номер эксперимента на i -ой уставке,

г) по имеющим данным эксперимента определить абсолютную среднюю и среднюю относительную погрешности срабатывания реле,

д) определить временные параметры срабатывания реле,

Результаты эксперимента оформить в таблицу.

По вышеуказанной методике провести исследование с реле напряжения.

Отличие состоит в том, что для реле напряжения вместо токов срабатывания и возврата определяются напряжения срабатывания и возврата.

1.4.2. Испытания реле времени типа РВО, ЭВ и т.п.

а) определить погрешности срабатывания реле на уставках по указанию преподавателя,

б) определить нижнюю границу напряжения срабатывания реле.

Замеры проводить для двух различных типов реле времени по указанию преподавателя.

1.4.3. Испытание реле типа РТ-80 и их модификаций.

а) проверить градуировку шкалы тока и определить коэффициент возврата на первых четырех уставках реле. На каждой уставке замеры проводить не менее 6 раз и определить среднее значение. Результаты замеров оформить таблицей, а также построить график

$$I_{CP}=f(T_{CP}),$$

б) провести испытания электромагнитного элемента реле на I_{CP} , для чего установить максимальную выдержку времени и уставку по току, указанную преподавателем. Определить ток срабатывания отсечки на каждой уставке по 6 раз. Записать показания в таблицу, предварительно вычислив среднее значение I_{CP} .

в) проверить градуировку шкалы времени при значениях кратности тока 1,05; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,7; 2,2; 3,5; 4; 5, причем на каждой уставке определять время срабатывания по 6 раз и вычислять среднее значение $T_{CP} = f(K_{CP})$. Определить величины погрешностей при кратностях от 1,05 по 5.

Опыты проводить в следующем порядке:

- 1) Включить S10 в положение «Сеть», S4 – «5А», S6 – « \cong », S9 – 115 В, S8 – «Срабат», S2 – « \otimes ».
- 2) Выставить уставку на реле.
- 3) Вращая рукоятку T1 зафиксировать по амперметру I_{CP} , $I_{возвр}$.
- 4) Отключить S10 и изменить уставку реле.

Исследование электромагнитного элемента:

- 1) Включить S10 в положение «Сеть», S4 – «5А», S6 – « \cong », S9 – 115 В, S8 – «Срабат», S2 – « \otimes ».
- 2) Выставить уставку на электромагнитном элементе реле.
- 3) Вращая рукоятку T1 зафиксировать по амперметру I_{CP} , $I_{возвр}$.
- 4) Отключить S10 и изменить уставку реле.

Исследование времени срабатывания:

- 1) Включить S10 в положение «Сеть», S4 – «5А», S6 – « \cong », S9 – 115 В, S8 – «Срабат», S2 – « \otimes ».
- 2) Выставить уставки на реле по току и по времени.
- 3) Вращая рукоятку T1 зафиксировать по амперметру I_{CP} .
- 4) S8 перевести в положение «Возврат».
- 5) S2 перевести в положение «Сз».
- 6) S8 перевести в положение «Срабат».
- 7) По секундомеру зафиксировать время срабатывания.

- 8) Увеличить ток реле в 1,5; 2; 2,5 раз с помощью рукоятки Т1.
- 9) Повторить опыт с п.4.
- 10) Построить график зависимости $t_{сраб} = f(I_{ср}/I_{уст})$.

1.4.4. Проверка максимальных реле напряжения типа РН-53.

Определить напряжение срабатывания и возврата реле напряжения на всех уставках реле. На каждой уставке определить напряжение срабатывания и возврата по 5 раз. Измерения напряжения срабатывания и возврата производить в обоих диапазонах уставки.

В диапазоне меньших уставок обмотка реле подключается к контролируемой цепи через добавочный резистор R, в диапазоне больших уставок через последовательно соединенные добавочные резисторы R1 и R2.

По данным замеров определить погрешность срабатывания по отношению к уставке и коэффициента возврата.

Определить время замыкания замыкающего контакта при $U=U_{НОМ}$; $U=1.2U_{НОМ}$; $U=1,5U_{НОМ}$

1.5. Указания по оформлению отчета.

Отчет должен содержать описание цели работы, технические характеристики и схемы внутренних соединений испытуемых реле (защит).

Результаты экспериментальных исследований необходимо оформить в виде соответствующих таблиц и графиков. Расчет относительной погрешности рассчитывать необходимо по следующей зависимости:

$$\gamma \% = \frac{\bar{x}_{ср} - x_{уст}}{x_{уст}} * 100\%$$

где $\bar{X}_{ср}$ - среднее значение параметра срабатывания, полученное при выполнении заданного количества измерений, $X_{уст}$ - уставка по шкале реле .

На основании сравнения полученных экспериментальных

данных с техническими данными реле, регламентируемых заводом-изготовителем, дать заключение о пригодности реле к эксплуатации.

В конце отчета должны быть сделаны выводы по всем пунктам проведенных испытаний.

1.6. Контрольные вопросы.

1. Почему для максимальных реле (тока, напряжения) коэффициент возврата K_v меньше единицы, а у минимальных – больше?
2. Какие принципы задержки сигнала по времени используются в различных типах реле времени?
3. Какое реле времени целесообразно использовать, чтобы установить время действия 1 сек, со шкалой 0,1-1,3 сек или 0,5-3 сек?
4. Почему у реле должна отсутствовать вибрация контактов?
5. Какие способы снижения вибрации контактов применимы в реле типа РТ-40 и РН-53?
6. Как определяются относительная и абсолютная погрешность срабатывания реле? Что такое погрешность реле?
7. Когда время срабатывания реле больше: на действие или отпускание?
8. Почему у реле РТ-40 на одной и той же уставке ток срабатывания при параллельном соединении обмоток в два раза больше чем при последовательном?
9. Из каких функциональных элементов состоит реле РТ-85?
10. Для каких типов защит используется электромагнитный элемент реле РТ-85?
11. Чем обеспечивается зависимая характеристика времени срабатывания индукционного элемента реле РТ-85?
12. Зачем в промежуточных реле применяются удерживающие обмотки?
13. В чем конструктивное отличие промежуточных реле постоянного и переменного тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Исследование электромагнитных реле на релейном стенде типа СР.

(Продолжительность работы - 4 часа, самостоятельная подготовка - 4 часа)

2.1. Цель работы.

Изучение принципов действия, устройства и параметров электромагнитных реле различных типов и их назначений, а также освоение методов их испытания на релейном стенде типа СР.

2.2. Испытательная установка.

Стенд Рижского опытного завода Латвэнерго типа СР поставляется комплектно с измерительными приборами и аппаратурой для регулирования электрических величин в цепях испытуемых устройств защиты. Стенд предназначен для проверки и настройки вторичных реле различных типов, а также для проверки комплектных устройств релейной защиты и автоматики. Питание стенда производится от трехфазной сети 220/127 В (при мощности питающего трансформатора 50 кВА и от сети постоянного тока 220В при мощности источника 6 кВт). В зависимости от типа проверяемого реле и программы испытания должны быть использованы те или иные цепи стенда. Стенд содержит следующие основные элементы:

- переключающие устройства в виде пакетных переключателей типов КФ, ПВ-2, ПП-3, с помощью которых к выходным зажимам цепи может быть подано питание от различных фаз, а также от сети и фазорегулятора;

- регулирующие устройства (потенциометры, нагрузочные реостаты, фазорегулятор), позволяющие плавно изменять в нужном диапазоне напряжение, ток и угол между ними;

- контрольные измерительные приборы - амперметры и вольтметры;

- выходные зажимы для подключения к ним обмоток проверяемых реле, секундомера, вспомогательных аппаратов и различных лабораторных измерительных приборов.

Предусмотренная в схеме стенда аппаратура позволяет создавать различные режимы по току и напряжению, а также по взаимному расположению векторов токов и напряжений, что необходимо при проверке сложных реле и настройке защиты. Имеется возможность имитировать аварийные режимы путем скачкообразного изменения напряжения (в сторону уменьшения) и тока (в сторону увеличения).

Контрольные приборы, предусмотренные в различных цепях, и вся коммутационная аппаратура смонтированы на средней части вертикальной панели стенда.

Около каждого аппарата имеется табличка с надписью, поясняющей его назначение. Дополнительно указывается режим в цепи, соответствующий данному положению переключателя.

Предусмотрены сигнальные лампы срабатывания проверяемых реле. Каждый выходной зажим снабжен соответствующим обозначением. Рукоятки регулирующих устройств (потенциометров и нагрузочных реостатов) помещены на вертикальной лицевой части стенда.

Проверяемые реле закрепляются на специальной стойке, установленной на столе. Упрощенная принципиальная схема стенда приведена на рис. 2.1 и 2.1а.

2.3. Особенности выполнения некоторых цепей стенда:

1. Цепь напряжения переменного тока № 1 с диапазоном регулирования 0 - 220 В (рис. 2.1.). В цепи предусмотрена возможность плавного изменения напряжения потенциометром № 1, выполненным из трех взаимно связанных реостатов, а также изменения напряжения скачкообразно от доаварийной величины (порядка 100 В) до желаемой послеаварийной (послеаварийный режим при скачкообразном изменении напряжения допускается кратковременно - не более 0,5 мин.). На выходные зажимы может быть подано любое фазное и междуфазное напряжение как от сети, так и от фазорегулятора. Данная цепь используется при проверке и

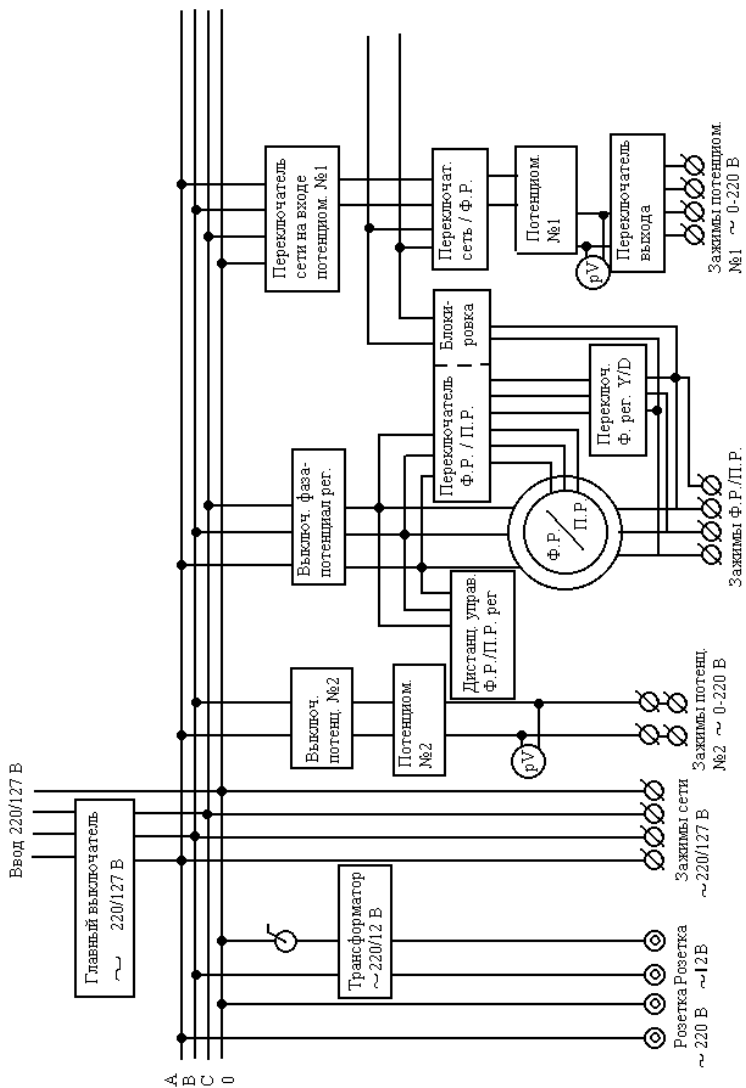
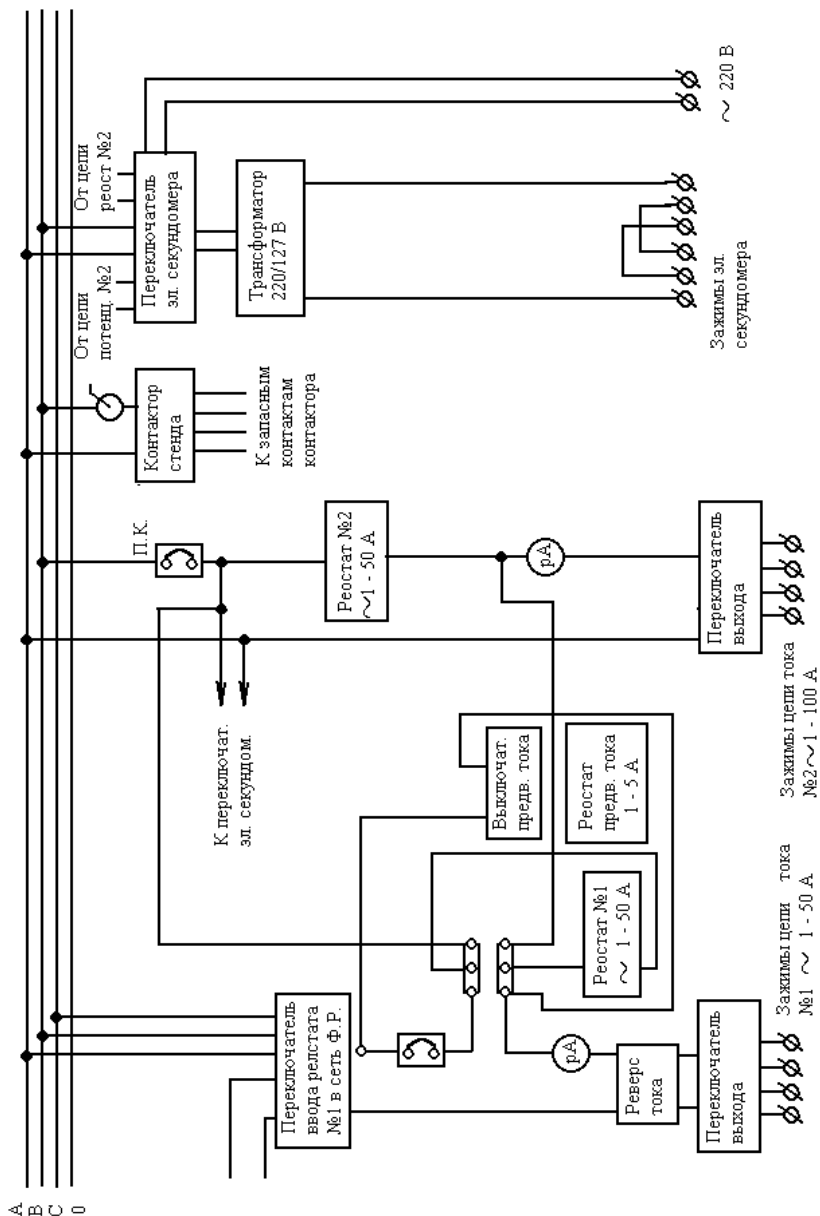


Рис. 2.1. Упрощенная принципиальная схема.

1. Зажимы запасных контактов пускового контактора, сигнальные лампы и их зажимы, накладки, запасные выключатели и их зажимы на схеме не показаны.
2. Все приборы на стенде многопредельные. Переключение приборов на стенде показано.



3. Дистанционное управление фазорегулятором с сигнализацией на схеме показано условно.

4. В цепи потенциометра №1 предусматривается имитация перехода от доаварийного режима к аварийному путем сброса напряжения.

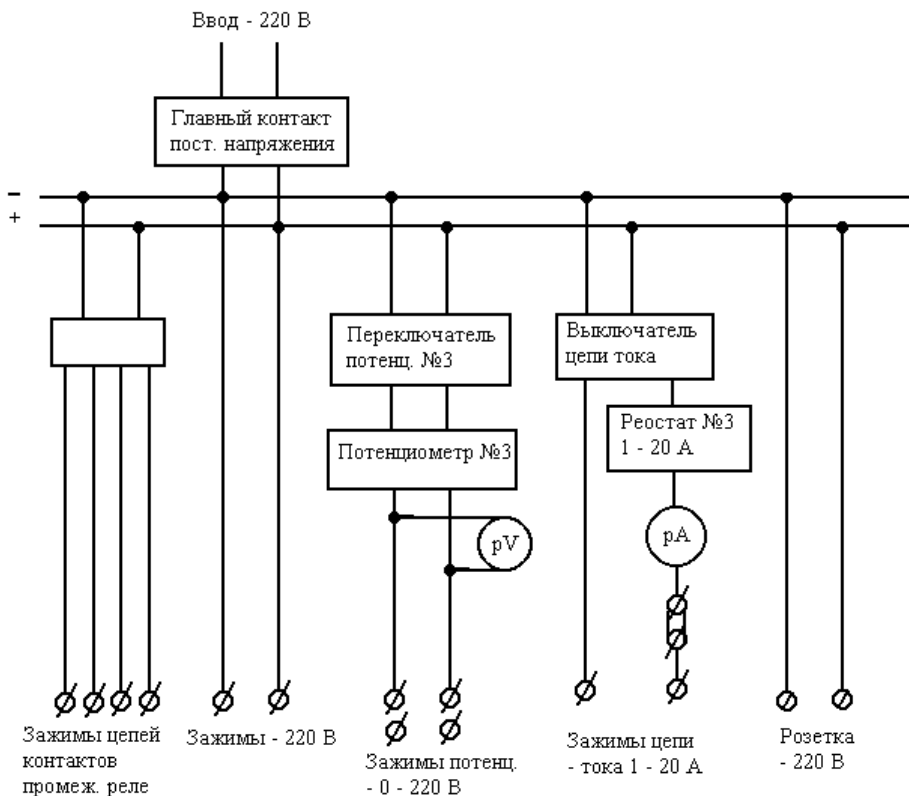


Рис. 2.1.а. Цепи постоянного тока.

настройке реле сопротивления, мощности и т. п.

2. Цепь напряжения переменного тока № 2. Цепь предусматривает плавную регулировку напряжения с помощью потенциометра № 2 от 0 до 22 В. На выходные зажимы подается междуфазное напряжение. Эта цепь может быть использована при проверке реле напряжения, сигнальных и промежуточных реле переменного тока.

3. Цепь напряжения постоянного тока (рис. 2.1.) . Для регулирования напряжения в пределах 0 - 220 В предусмотрен потенциометр № 3. К выходным зажимам цепи подключаются параллельные обмотки сигнальных и промежуточных реле постоянного тока, а также поляризованных, кодовых и других реле.

4. Цепь переменного тока № 1. В цепи установлен нагрузочный реостат № 1, позволяющий плавно изменять ток от 1 до 50 А. Питание на выходные зажимы может быть подано от сети (с любых фаз) и фазорегулятора. Предусмотрена возможность имитации предаварийного нагрузочного режима. Цепь используется при проверке токовых, промежуточных и сигнальных реле с последовательным включением обмоток.

5. Трехфазная цепь фазопотенциал - регулятора. Диапазон изменения угла 0 - 190 (возможно 0 – 360). Диапазон изменения напряжения 0 - 420 В. Фазопотенциал - регулятор имеет дистанционное электрическое управление со стенда.

6. Цепь измерения времени испытываемых реле. Питание и электросекундомеру, подключаемому к соответствующим зажимам, может быть подано от сети 220 В, от входа цепи напряжения № 2 либо от цепи реостата № 2.

7. Цепь пускового контактора. Главные цепи тока управляются пусковым контактором стенда. Кроме того, с помощью контактора скачкообразно изменяется напряжение на выходе потенциометра № 1.

Испытательный стенд типа СР является сложным устройством, позволяющим производить многоцелевые испытания, в частности имитировать симметричные и несимметричные к.з. с разными остаточными напряжениями. Стенд поставляется комплектно с устройствами для выполнения измерений в двухфазных и трехфазных цепях, а также с устройствами, позволяющими достигнуть значительных токов (20 А и более) в измерительных цепях тока. В стенде имеется фазорегулятор, с помощью которого можно менять угол между током и напряжением в диапазоне 0 - 360. Для подключения какой-либо из этих цепей необходимо включить главный выключатель 220/127 В или главный выключатель 220 В (в зависимости от рода тока) и соответствующие выключатели данной цепи.

Для включения цепи переменного тока № 1 необходимо кроме того включить главный контактор.

Для питания цепей сигнальных ламп напряжением 220 В (клеммы

52 – 56) могут быть использованы нерегулируемые источники постоянного напряжения 220 В (клеммы 83, 84) или переменного напряжения 220 В (клеммы 40, 41, 42).

ВНИМАНИЕ !

1. Перед включением стенда рукоятки всех реостатов и потенциометров должны быть доставлены в положение “минимум”.

2. Сборку испытательной схемы производить при отключенных главных выключателей.

2.4. Методика выполнения работы.

1. Определить ток и напряжение срабатывания и возврата реле, вычислить коэффициент возврата.

В зависимости от рода тока и способа включения обмотки (параллельного или последовательного, токовая обмотка или обмотка напряжения) она подключается к выходным зажимам одной из цепей регулируемого напряжения или тока (рис. 2.1а).

Для индикации срабатывания используется одна из сигнальных ламп, подключаемая к зажимам нерегулируемого напряжения 220 В переменного или постоянного тока.

Таким образом, для испытания каждой из разновидностей реле собирается своя схема, которая должна быть изображена в протоколе лабораторной работы со всеми относящимися к ней коммутационными аппаратами и другими необходимыми элементами.

Необходимо помнить, что срабатывание реле максимального действия происходит при увеличении входной величины, а минимального действия – при уменьшении входной величины.

Для реле с нерегулируемыми уставками (промежуточные, указательные и реле времени) определяется ток и напряжение срабатывания и возврата и вычисляется коэффициент возврата.

Для реле тока и напряжения с регулируемыми уставками для различных значений уставки определяется соответственно ток или напряжение срабатывания и возврата и вычисляется коэффициент возврата. Данные заносятся в таблицы, составляемые для каждого

реле.

По полученным данным вычисляется погрешность напряжения или тока срабатывания.

2. Определение времени срабатывания реле.

Оборудование релейного стенда позволяет определить время срабатывания и возврата разнообразных реле: переменного или постоянного тока, реле напряжения и тока, реле с замыкающими и размыкающими контактами.

Для испытания каждой из разновидностей реле должна быть собрана своя схема, удовлетворяющая следующим требованиям:

а) одновременная подача напряжения на электросекундомер и пуск контролируемого реле (подача в обмотку реле питания или размыкания цепи обмотки – в зависимости от того, что измеряют: время срабатывания или время возврата);

б) остановка секундомера (путем размыкания цепи его обмотки или шунтирования его обмотки) в момент окончания срабатывания или возврата реле.

В протоколе должна быть приведена схема со всеми необходимыми для измерения времени срабатывания или возврата элементами.

Результаты записываются в таблицу.

Необходимо дать оценку пригодности реле и работе на основании сравнения результатов измерения с паспортными данными реле.

2.5. Рекомендуемые схемы испытаний различных устройств релейной защиты и указания по проведению испытаний.

2.5.1. Реле максимального тока РТ-40.

Обмотка испытуемого реле подсоединяется к выходным зажимам цепи переменного тока № 1 (зажимы 20 и 21, как это показано на рис.2.2 и 2.2а).

Контроль срабатывания испытуемого реле осуществляется при помощи одной из сигнальных ламп (например № 1), питание сигнальной лампы № 1 (зажимы 52-53) производится от зажимов 40-41 цепи напряжения переменного тока через разомкнутый контакт испытуемого реле.

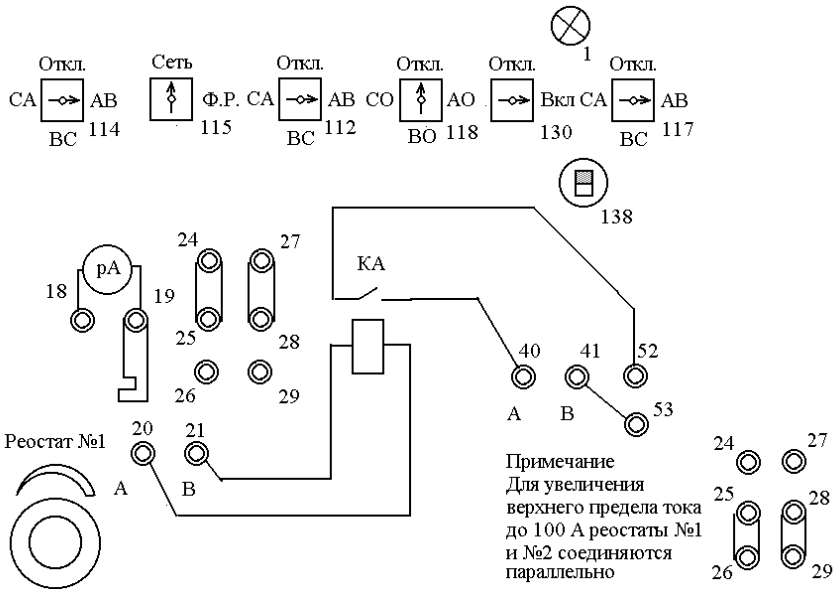


Рис. 2.2. Схема испытаний для снятия основных характеристик мгновенных реле переменного тока и др.

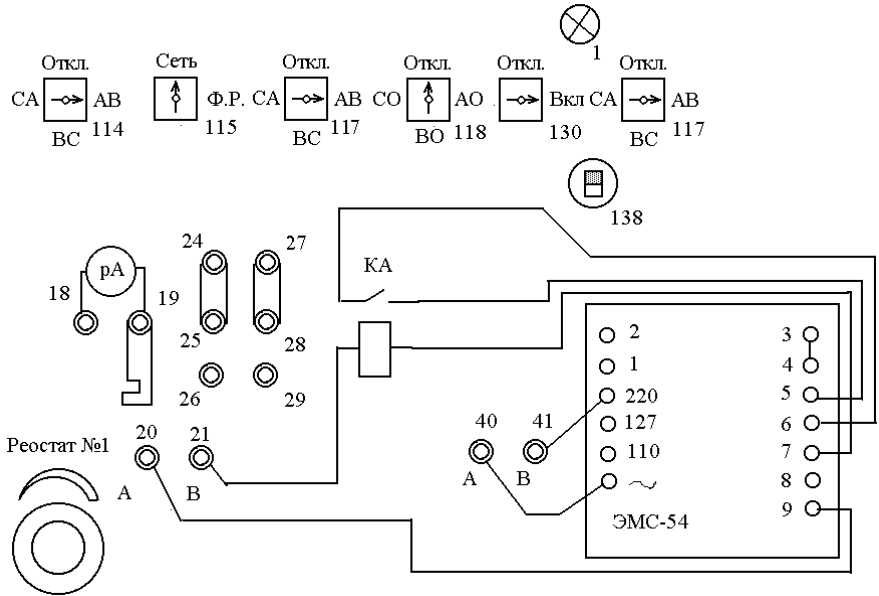


Рис. 2.2.а. Схема измерения электронным миллисекундомером времени действия мгновенных реле переменного тока.

Величина тока, подводимого к испытываемому реле изменяется при помощи щитового многопредельного амперметра, предел измерения этого амперметра (5, 15, и 50 А) и устанавливается при помощи штекеров 120 трансформатора тока цепи № 1 и на панели приборов стенда.

В случае, если предел измерения или точность амперметра, установленного на стенде, не удовлетворяют требованиям – дополнительно включается лабораторный амперметр с соответствующим пределом измерения и классом точности.

После включения главного выключателя цепи переменного тока 130, переключатель 114 устанавливается в одно из положений (например, АВ) переключатель 115 устанавливается в положение “сеть”, переключатели выхода устанавливаются: 118 в положении “отключено”, 117 в положение “АВ”. Далее, при включении выключателя 138 срабатывает контактор стенда и замыкает своим контактом цепь тока. Величина тока в цепи регулируется при помощи рукояток грубой и точной регулировки реостата № 1 (до включения 138, обе рукоятки должны быть в положении “минимум”).

Измерения времени действия реле данной группы производится при помощи электросекундомера.

Питание электросекундомера производится от зажимов нерегулируемого переменного напряжения (например, 40-41).

2.5.2. Реле напряжения РН-50.

Обмотка испытываемого реле производится к зажимам 45-47 на выходе потенциометра № 2 (рис. 2.3 и 2.3а).

Контроль срабатывания испытываемого реле производится при помощи сигнальных ламп (например, лампа № 1, присоединенных к зажимам 52-53).

После включения главного выключателя цепи переменного тока 130 и выключателя 125 потенциометра № 2 производится регулирование напряжения, подводимого к испытываемому реле. Величина напряжения измеряется при помощи щитового вольтметра, предел измерения этого вольтметра (75, 150 или 300 В) устанавливается при помощи пакетного переключателя 124. Измерение времени действия испытываемого реле производится аналогично реле РТ-40.

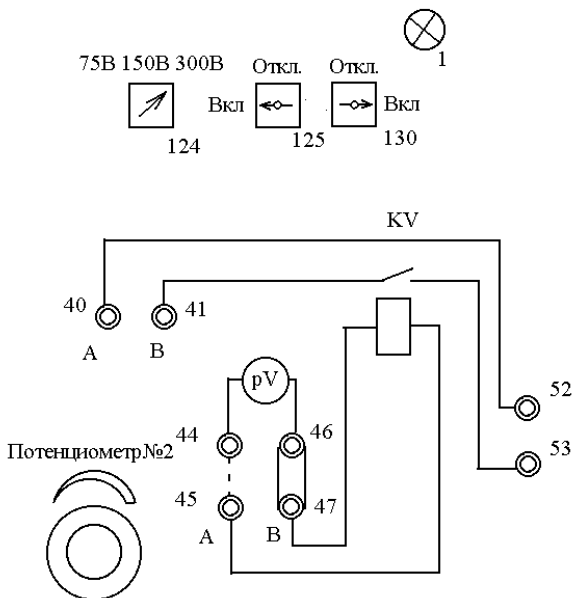


Рис. 2.3. Схема испытаний для снятия основных характеристик шунтовых реле переменного тока и др.

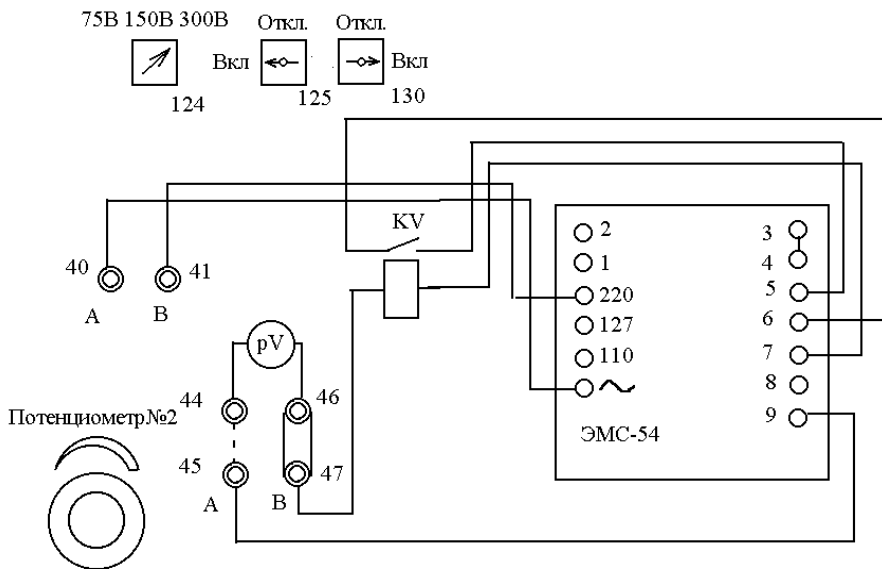


Рис. 2.3.а. Схема измерения времени действия при помощи электронного миллисекундомера шунтовых реле переменного тока и др.

2.5.3. Реле промежуточного РП-251

Цепь обмотки испытуемого реле, питаемая от зажимов 86-88 потенциометра № 3, заводится через один из замыкающих контактов контактора стенда (например, через замыкающий контакт, присоединенный к зажимам 74-75, как это показано на рис. 2.4).

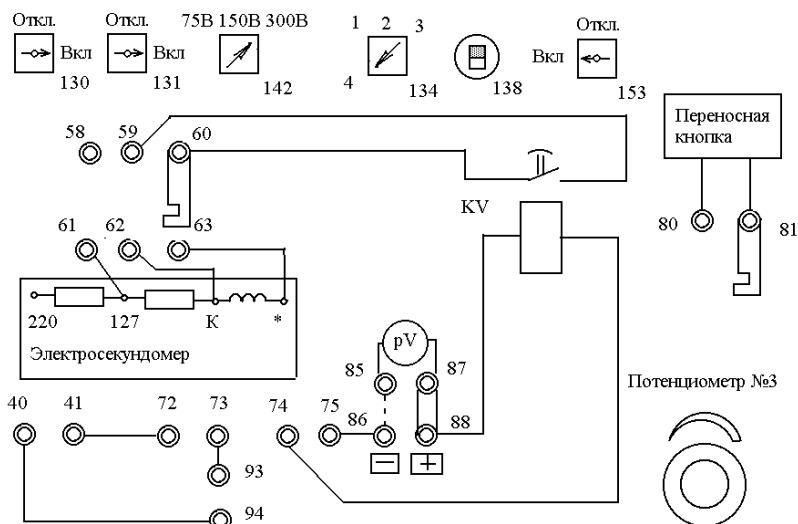


Рис. 2.4. Схема измерения электросекундомером времени действия шунтовых реле постоянного тока и др.

Замыкающий контакт испытуемого реле присоединяется к зажимам 58-59 (КРЗ) для действия на остановку секундомера, присоединяемого к зажимам 61-62, напряжение на обмотку электрического секундомера (зажимы 40-41) подаются через другой свободный замыкающий контакт контактора стенда (зажимы 72-73), зажимы 93-94 и через контакты переключателя 134, который в этом случае должен быть в положении 4.

При такой схеме испытаний при срабатывании контактора стенда будет одновременно подаваться напряжение на обмотки испытуемого реле и на электрический секундомер, чем обеспечивается достаточная точность замера.

После включения главного выключателя цепи переменного тока 130, главного переключателя цепи переменного тока 131 и выключателя 143 потенциометра № 3, выключателем 138 включается контактор стенда и производится регулирование

напряжения, подводимого к испытуемому реле при помощи рукояток грубой и точной регулировки потенциометра № 3.

Величина напряжения, подводимого к испытуемому реле, измеряется при помощи щитового вольтметра (75, 150 и 300 В), необходимый предел измерения устанавливается при помощи пакетного переключателя 142.

2.5.4. Реле промежуточное РП-252

В этом случае используется вспомогательное быстродействующее промежуточное реле станда с двумя нормально разомкнутыми контакторами. Один из замыкающих контактов этого реле (зажимы 97-98) используется для запуска электросекундомера путем дешунтирования обмотки электросекундомера в момент возврата этого реле, а к другому (зажимы 95-96) подключается обмотка испытуемого реле (рис. 2.5).

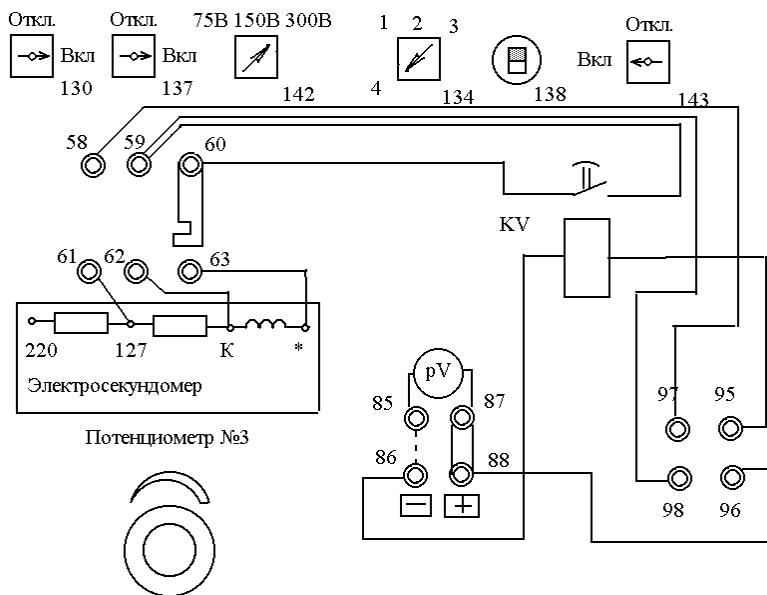


Рис. 2.5. Схема измерения электросекундомером времени возврата шунтовых реле постоянного тока с н.о. контактами и др.

Остановка секундомера при испытании реле с замыкающими контактами производится путем разрыва его цепи.

Управление вспомогательным реле станда производится при

помощи выключателя 137.

2.5.5. Реле промежуточное РП-23

Обмотки испытуемого реле (рис. 2.6, 2.6а) присоединяется к зажимам 86, 88 потенциометра № 3 цепи регулируемого напряжения постоянного тока.

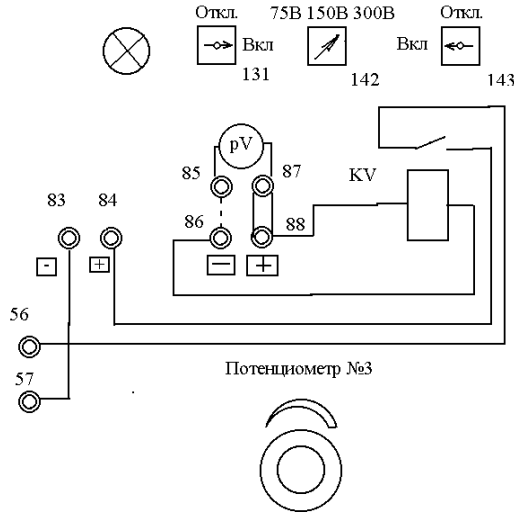


Рис. 2.6. Схема испытаний для снятия основных характеристик шунтовых реле постоянного тока и др.

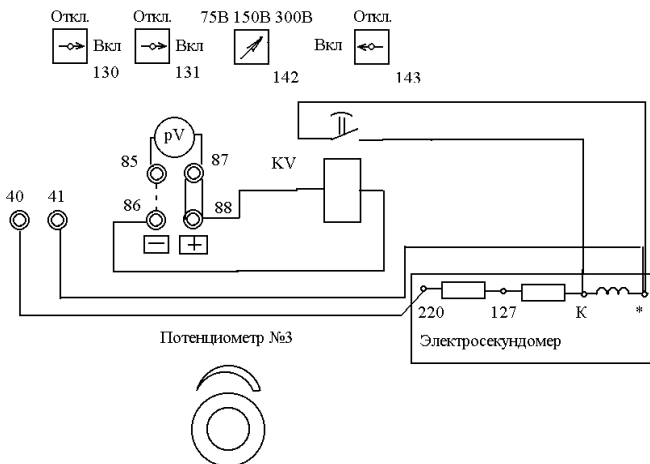


Рис. 6а. Схема измерения времени действия при помощи электронного миллисекундомера шунтовых реле постоянного тока и др.

После включения цепи при помощи главного выключателя постоянного тока 131 и выключателя 143 потенциометра № 3 производится регулирование напряжения, подводимого к испытуемому реле при помощи рукояток грубой и точной регулировки потенциометра № 3.

Предел измерения вольтметра (75, 150 и 300 В) изменяется при помощи переключателя 142.

Контроль срабатывания испытуемого реле может осуществляться при помощи одной из трех сигнальных ламп (например, неоновой лампы № 3, присоединенной к зажимам 56-57).

Цепь сигнальной лампы можно питать от зажимов 83-84 нерегулируемой цепи напряжения постоянного тока 220 В через замыкающий контакт испытуемого реле. Подача напряжения на испытуемое реле производится выключателем 143 потенциометра №3.

Изменение времени действия данного реле производится при помощи электросекундомера. Питание на него подается от зажимов нерегулируемого напряжения переменного тока (например, от зажимов 40-41 остановка секундомера производится замыкающими контактами испытуемого реле при его срабатывании).

2.6. Порядок выполнения работы.

2.6.1. Собрать схемы для исследования реле (по указанию преподавателя).

2.6.2. Для нескольких уставок реле путем плавного увеличения тока (напряжения) зафиксировать ток (напряжение) срабатывания реле, уменьшая величину тока (напряжения), определить ток (напряжение) возврата.

2.6.3. Посчитать коэффициент возврата.

2.6.4. Определить абсолютную и относительную погрешность исследуемого реле и абсолютное значение разброса, сравнить с паспортными данными.

Результаты занести в таблицу 2.1.

Результаты исследований.

$I_{уст}(U_{уст})$	$I_{ср}(U_{ср})$	$I_{в}(U_{в})$	$K_{воз}$	Тип реле

2.6.5. Измерить время срабатывания реле тока при $I_p=I_{уст}$ ($U_p=U_{уст}$) и $I_p=1,5*I_{уст}$ ($U_p=1,5*U_{уст}$). Измерение производится с использованием электросекундомера.

2.6.6. При какой-либо уставке проверить работу реле при толчкообразном изменении тока. Для этого необходимо установить ток равный току срабатывания реле, отключив выключатель 134, а затем включив выключатель 134, наблюдать за работой реле.

2.7. Контрольные вопросы.

1. Типы и названия электромагнитных вспомогательных реле.
2. Что понимают под временем срабатывания и возврата реле?
3. Почему для максимальных реле коэффициент возврата меньше единицы, а для минимальных реле – больше единицы?
4. Объясните работу электросекундомера при определении времени действия промежуточных реле.
5. Способы уменьшения величины вибрации для реле РТ-40 и РН-50.
6. Почему у реле РТ-40 при параллельном соединении секций обмотки ток срабатывания увеличивается в два раза?
7. Каково назначение главного контактора в проведении работы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Испытание трансформаторов тока и исследование схем их соединений

(Продолжительность работы - 4 часа, самостоятельная подготовка - 3 часа)

4.1. Цель работы

Изучение основных схем соединения трансформаторов тока и реле, применяемых на практике, и анализ токораспределения при основных видах коротких замыканий (с использованием метода векторных диаграмм).

4.2. Теоретические сведения

Все трансформаторы тока, за исключением трансформатора тока нулевой последовательности, имеют две обмотки: первичную, включаемую в цепь измеряемого тока, и вторичную, включаемую в измерительную цепь.

Принятые обозначения зажимов трансформаторов приведены в таблице 4.1.

Обозначения зажимов трансформаторов тока

Таблица 4.1

Наименование обмотки	Выводы обмотки	ТТ отечественного производства	
		по ГОСТ	встроенные во втулку масляных выключателей
Первичная	начало	Л1	-
	конец	Л2	-
Вторичная	начало	И1	А
	конец	И2	Х

На схемах защиты и измерения зажима И1 трансформаторов тока и соответствующие зажимы приборов обозначаются звездочкой; зажимы Л1 и И1 на схемах изображаются рядом, как правило, наверху.

Токи в обмотках трансформаторов тока сдвинуты по фазе почти

на 180° .

Для того, чтобы на векторных диаграммах векторы токов I_1 и I_2 каждой фазы можно было изображать однонаправленными, на схемах направления тех же тонов приняты следующие: I_1 - от Л1 к Л2 и I_2 от И2 к И1. Если во вторичной обмотке трансформатора ток направлен от И2 к И1, то во внешней цепи его направление получается от И1 к И2.

Полярностью называется полярность зажимов вторичной обмотки по отношению к зажимам первичной. Значение полярности необходимо для правильного включения приборов, в которых кроме (включения приборов) токовых обмоток имеются обмотки напряжения.

Полярность определяется в случаях отсутствия обозначений и для проверки обозначений.

Проверка однополярных выводов первичной и вторичной обмоток производится по схеме, представленной на рис. 4.1.

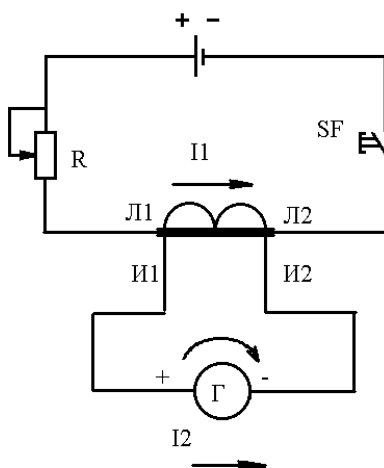


Рис. 4.1. Проверка однополярных зажимов трансформаторов тока.

В схеме испытаний используются: источник постоянного тока аккумулятор или сухая батарея на напряжение порядка 6 В, магнитоэлектрический поляризованный прибор, направление отклонения подвижной системы у которого зависит от направления тока в его обмотке (обычно используется гальванометры с двусторонней шкалой 20-0-20 делений), ограничивающие сопротивление r , величина которого определяется напряжением

источника и его разрядным током, и рубильник.

Зная, что положительному направлению тока в первичной цепи (от зажима Л1 к зажиму Л2) соответствует направление тока во вторичной обмотке от конца (зажим И2) к началу (зажим И1), можно по направлению отклонения стрелки прибора определить однополярные выводы обмоток трансформатора. Направление отклонения стрелки прибора фиксируется в момент замыкания рубильника, когда вследствие переходного процесса во вторичной цепи трансформатора, по правилу Ленца, индуктируется ток. Например, если в момент замыкания рубильника стрелка прибора при указанной полярности источника и прибора отклонится вправо, направление тока в обмотке прибора будет слева направо, а во вторичной обмотке трансформатора, наоборот, справа налево. Таким образом, правый зажим прибора укажет конец вторичной обмотки И2, а левый - ее начало И1. При размыкании рубильника стрелка прибора в тех условиях отклонится влево, так как направление индуктированного тока изменится на противоположное.

Для ограничения максимального значения тока через прибор добавочное сопротивление выбирается так, чтобы

$$I_{2\max} < I_{\text{шк}} \text{ и } I_1 < I_{\text{доб}} ,$$

где - $I_{\text{шк}}$ - предельный ток шкалы прибора; $I_{\text{доб}}$ - максимально допустимый ток для применяемого магазина сопротивлений.

При совместной работе трансформаторов тока необходимо обеспечить правильное их соединение. В противном случае защита, включенная к этим трансформаторам тока, может (оказаться) отказать в действии или вызвать неправильное ее действие.

Проверка правильности соединения двух трансформаторов тока может быть проверена при питании их трехфазным током. Схема соединений приведена на рис. 4.2.

Из векторной диаграммы рис. 4.3 следует, что при соединении между собой одноименных зажимов амперметр А2 показывает сумму токов двух фаз, по величине равной току третьей фазы. При соединении же разноименных зажимов амперметр А2 покажет разность токов двух фаз, по величине равной току фазы увеличенному.

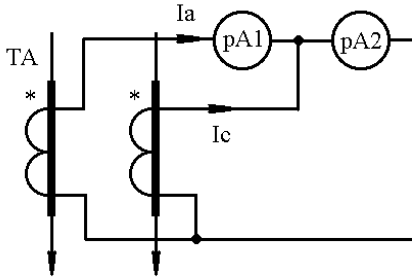
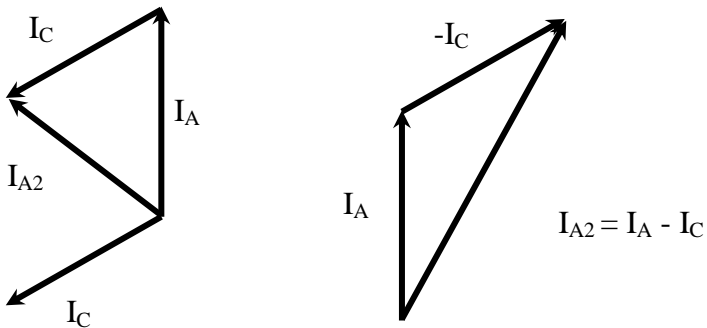


Рис.4.2. Схема для проверки правильности соединения двух трансформаторов тока.



$$\dot{I}_{A2} = \dot{I}_A + \dot{I}_C$$

$$I_{A2} = I_A = I_C$$

$$I_{A2} = \sqrt{3}I_A = \sqrt{3}I_C$$

Рис. 4.3. Векторная диаграмма.

При выполнении защиты элементов электрических систем могут быть использованы различные схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и токовых обмоток реле, например, полной звезды (рис. 4-4 а); схема неполной звезды (рис. 4.4, б); включение реле на разность токов двух фаз (рис. 4.4, в); соединение обмоток трансформаторов тока в треугольник и обмоток реле в звезду (рис. 4.4, г); включение обмотки реле на сумму токов трех фаз (на фильтр токов нулевой последовательности - рис. 4.4, д).

Возможны также комбинированные схемы, на пример, схема на рис. 4-4, е, или включение (обмотки реле на сумму) на фильтр токов положительной и отрицательной последовательности и пр. Выбор схемы определяется ее назначением (от каких видов коротких замыканий предусмотрена защита), требованием

чувствительности, необходимо экономить количество реле и трансформаторов тока. При определении параметров защиты (например, тока срабатывания и чувствительности) необходимо учитывать коэффициент схемы

$$k_{cx} = I_p / I_2 , \quad (4.1)$$

где: I_p - ток, проходящий по обмотке реле в рассматриваемом режиме (при нормальном режиме или при том или ином виде короткого замыкания); I_2 - вторичный ток трансформатора тока в том же режиме:

$$I_2 = I_1 / n_T,$$

где: I_1 - первичный ток; n_T - коэффициент трансформации.

В схемах на рис. 4.4, а и б в обмотку реле входит полный вторичный ток и коэффициент схемы равен 1 ($I_p = 2$). Для максимальных токовых защит, выполненных по таким схемам, выбор тока срабатывания реле производится по выражению:

$$I_{cp} = \frac{k_H * k_{\Pi} * I_{\text{раб. max}}}{k_B * n_T} \quad (4.2)$$

где: k_H - коэффициент надежности, учитывающий надежность реле и переходные режимы; k_B - коэффициент возврата реле, учитывавший его конструктивные особенности; k_{Π} - коэффициент пуска, учитывающий увеличение тока в защищаемой цепи при самозапуске асинхронных двигателей.

Схема включения реле на разность токов двух фаз, как следует из векторной диаграммы на рис. 4.4, ж, характеризуется при нормальной работе и трехфазном коротком замыкании коэффициентом схемы, равным $k_{cx} = \sqrt{3}$.

При использовании данной схемы для максимальной токовой защиты ее ток срабатывания определяется выражением:

$$I_{cp} = \frac{k_H * k_{\Pi} * I_{\text{раб. max}}}{k_B} \quad (4.3)$$

При срабатывании максимальной токовой защиты при схеме соединения обмоток трансформаторов тока в треугольник рассчитывается по этому выражению. Эффективность каждой схемы определяется коэффициентом чувствительности, представляющим собой отношение тока при коротком замыкании, попадающего в обмотку реле, к току срабатывания:

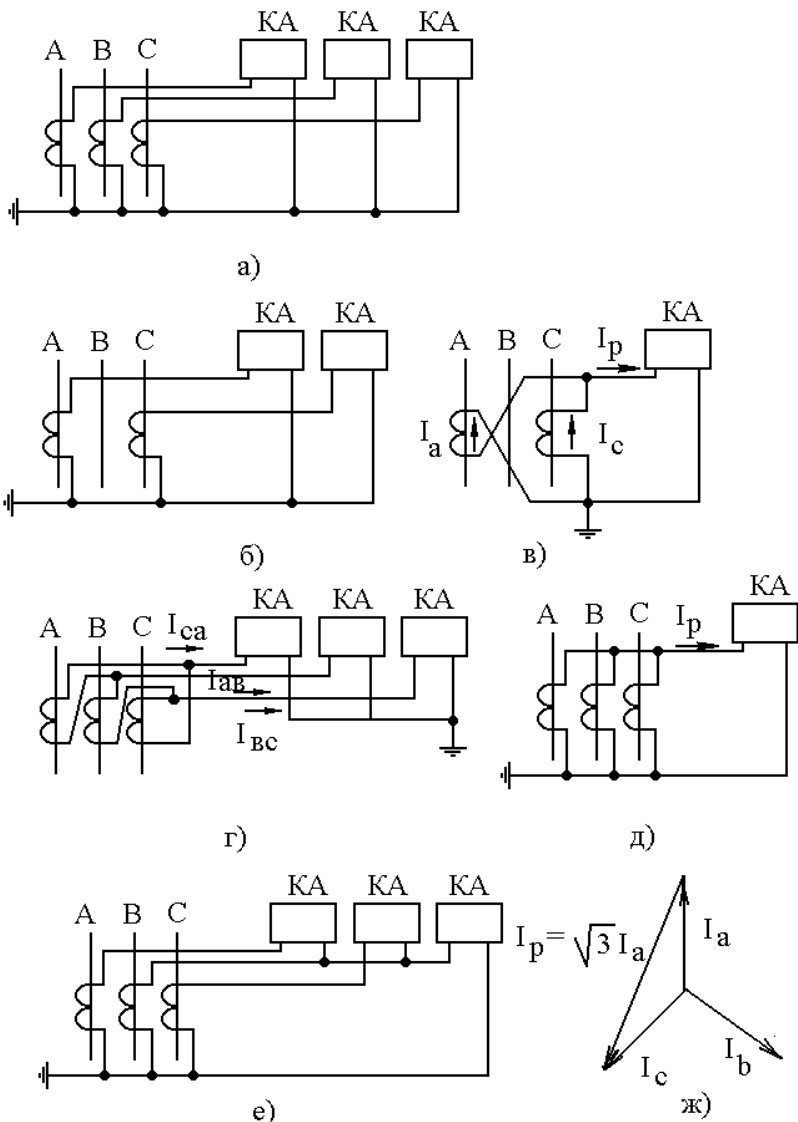


Рис. 4.4. Схемы соединения обмоток трансформаторов тока и токовых обмоток реле: а) полная звезда; б) неполная звезда; в) на разность токов двух фаз; г) треугольник; д) на сумму токов трех фаз; е) комбинированная схема; ж) векторная диаграмма токов при включении вторичных обмоток на разность токов двух фаз.

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{р}}}{I_{\text{ср}}} - \frac{I_{\text{К1}} * k_{\text{сх}}}{n_{\text{T}} * I_{\text{ср}}} \quad (4.4)$$

В этом выражении $k_{\text{сх}}$ - коэффициент схемы, соответствующий данному виду короткого замыкания (например, для схемы на рис. 4.3, г) при трехфазном коротком замыкании $k_{\text{сх}}=3$, при двухфазном $k_{\text{сх}}=2$).

Схема на рис. 4.4, д реагирует только на замыкания, связанные с землей. При повреждениях на землю геометрическая сумма токов положительной и отрицательной последовательностей в трех фазах равна нулю, в через обмотку реле проходит ток, равный тройному значению тока нулевой последовательности:

$$I_{\text{р}} = 3I_0 \quad (4.5)$$

Ток срабатывания реле токовой защиты при такой схеме включения трансформаторов тока должен быть отстроен, от тока небаланса, проходящего по обмотке реле при внешнем междуфазном коротком замыкании:

$$I_{\text{ср}} \geq k_{\text{н}} * I_{\text{нб.кз}} \quad (4.6)$$

4.3. Задание на подготовительную работу

1. Списать паспортные данные исследуемого трансформатора тока. Ознакомиться с аппаратурой, установленной на стенде.
2. Изучить схемы включения трансформаторов тока.
3. Ответить на вопросы 1, 2, 3, 4, 6, 8, 11, 14.

4.4. Порядок выполнения работы

1. Соединить вторичные обмотки трансформаторов тока и реле в полную звезду рис. 4.5, построить теоретически векторные диаграммы для случаев трехфазного короткого замыкания, двухфазного к. з., двухфазного на землю и однофазного к. з. в первичной цепи. Исследовать схему обрыва нулевого провода в цепи реле для тех же случаев к, з.
2. Соединить вторичные обмотки трансформаторов тока по схеме треугольника, а обмотки реле по схеме звезды (рис. 4.6). Построить теоретически векторные диаграммы для тех же случаев коротких замыкания в первичной цепи, что в схеме рис. 4.5.
3. Соединить вторичные обмотки трансформаторов тока по схеме - фильтр токов нулевой последовательности (рис. 4.7) и повторить программу пункта 1.

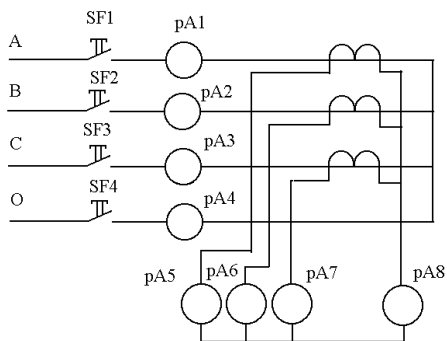


Рис. 4.5. Соединение вторичных обмоток трансформаторов тока в полную звезду.

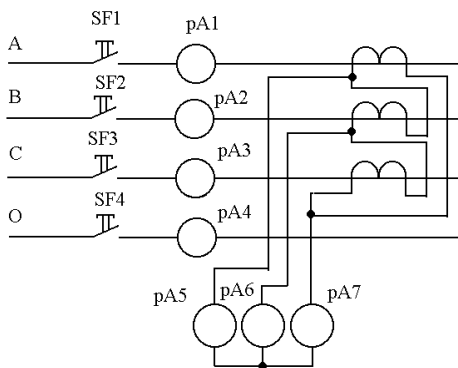


Рис.4.6. Соединение вторичных обмоток трансформаторов тока по схеме треугольника, обмоток реле по схеме звезды.

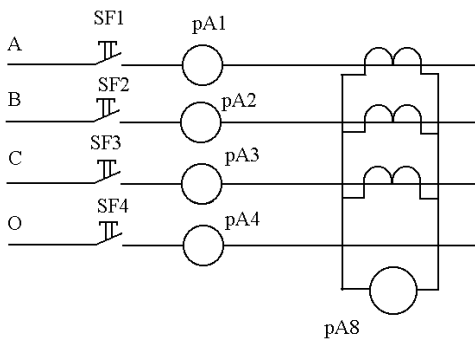


Рис. 4.7. Фильтр токов нулевой последовательности.

4. Соединить вторичные обмотки трансформаторов тока и обмотки реле в неполную звезду (рис. 4.8). Построить теоретически векторные диаграммы для трехфазного к.з., двухфазного к.з. на землю между фазами А-В и А-С, двухфазного к.з. без земли между фазами А-В и А-С.

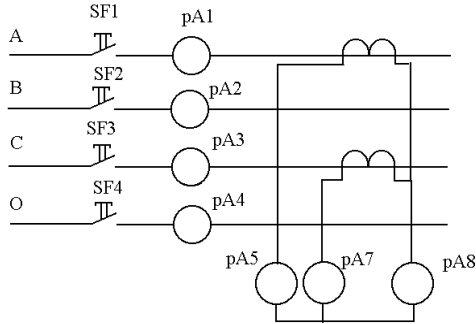


Рис. 4.8. Соединение вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле в неполную звезду.

5. Соединить вторичные обмотки трансформаторов тока по схеме рис. 4.9 "на разность токов двух фаз". Построить теоретически и снять экспериментально векторные диаграммы для следующих случаев к. з.: трехфазного, двухфазного к. з. на землю между фазами А-В и А-С и двухфазного без земли между фазами А-В и А-С.

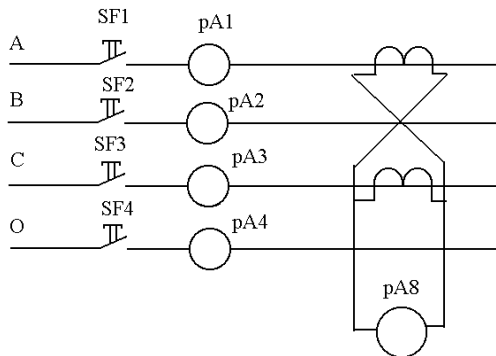


Рис. 4.9. Схема «на разность токов двух фаз».

6. По данным показаний прибора для каждой схемы определить величину коэффициента схемы K_{ex} , соответствующего определенному виду короткого замыкания.

4.5. Указания к выполнению работы

1. Амперметры $pA1$, $pA2$, $pA3$, $pA4$ в первичные цепи трансформаторов тока подключены. Собирать следует только вторичные цепи трансформаторов тока и "реле" (вместо реле включаются амперметры $pA5$, $pA6$, $pA7$, $pA8$), соблюдая маркировку выводов.

2. Короткие замыкания в первичной цепи имитируется включением соответствующих однополосных рубильников (PA , PB , PC , $P0$) соответственно для однофазного к. з. - включением PA , $P0$, или PB , $P0$, или PC , $P0$; для двухфазного к. з. - включением PA , PB или PB , PC , или PC , PA ; для двухфазного к. з. на землю - включением PA , PB , PC , или PB , PC , $P0$, или PC , PA , $P0$; для трехфазного к. з. - включением PA , PB , PC .

3. Все зажимы при измерении токов следует вести в виде таблицы 4.2.

Результаты эксперимента.

Таблица 4.2

Название схемы									
№	Вид к.з.	Показания амперметров, А							
		I_A	I_B	I_C	I_0	I_a	I_b	I_c	I_o
1	трехфазное								
2	двухфазное								
3	однофазное								
4	двухфазное на землю								

4.6. Методика построения, векторных диаграмм

Чтобы построить векторную диаграмму, нужно знать модули (значения величин) и аргументы (фазовые углы) составляющих эту диаграмму векторов. При этом все углы должны отсчитываться от некоторого начального (нулевого) значения с учетом принятого положительного направления отсчета углов.

Положительные направления токов могут быть приняты произвольно. Чтобы упростить построение векторных диаграмм обычно задаются положительными направлениями так, чтобы направления действительных токов имели бы одинаковое

направление (положительное или отрицательное) по отношению к принятым для этих токов положительным направлениям.

В указанном случае вектора первичных и вторичных токов будут отличаться только по модулю.

Следует помнить, что в соответствии с принципом действия и выполнения маркировки трансформаторов тока (Л-1), ток во вторичной цепи ТТ "выходит" из начала (конца) обмоток, если в первичной цепи ток "входит" в начало (конец) обмоток.

4.7. Контрольные вопросы

1. К чему может привести включение в схемы токовой направленной и ненаправленной защиты от междуфазных коротких замыканий трансформатора тока с неправильно обозначенной полярностью выводов обмоток?
2. Почему в схеме на рис. 4.1 должен быть использован магнитоэлектрический прибор и нельзя применять электромагнитный?
3. Почему размыкание вторичной обмотки трансформатора тока при прохождении тока по первичной обмотке является для трансформатора тока аварийным режимом?
4. Назначение маркировки выводов трансформаторов тока.
5. Методика построения векторных диаграмм токов.
6. Что такое коэффициент схемы ($K_{сх}$) и каково его значение для схем рис. 4.5, 4.6, 4.8, 4.9?
7. При каких видах коротких замыканий может отказать в действии схема рис. 4.5 при оборванном нулевом проводе в цепи реле?
8. Для выполнения защиты от каких видов к. з. применяется схема соединения вторичных обмоток трансформатора тока в фильтр токов нулевой последовательности?
9. Почему применение схемы рис. 4.8 недопустимо для токовой защиты силовых трансформаторов с соединением обмоток Y/Δ силового трансформатора?
10. Каковы будут токи в реле при протекании в первичных цепях схемы рис. 4.3 токов нулевой последовательности?
11. Назначение нулевого провода в схеме полной звезды?
12. Почему схема на рис. 4.4, д называется "фильтром токов нулевой последовательности"?
13. Преимущества и недостатки схемы на рис. 4.4, г по сравнению со

схемой на рис. 4.4, а.

14. Указать типы защит, где используется включение токовых обмоток реле по схемам, представленным на рис. 4.4.

15. Надо ли учитывать коэффициент пуска при выборе:

а) тока срабатывания токовых отсечек;

б) тока срабатывания защиты, включенной на ток нулевой последовательности;

в) тока срабатывания защиты, включенной на разность токов двух фаз?

16. Как определить значение максимального тока небаланса и выбрать ток срабатывания для токовой защиты нулевой последовательности:

а) в сети глухо заземленной нейтрально;

б) в сети изолированной нейтралью?

17. Как должны быть соединены контакты трех реле в схеме на рис. 4.4, а:

а) при осуществлении максимальной токовой защиты;

б) при выполнении устройства, реагирующего только на трехфазные короткие замыкания?

18. Почему схема включения реле на разность токов двух фаз не устанавливается на линиях, питающих подстанции с трансформаторами, имевшими соединение обмоток звезда - треугольник?

19. Ток каких фаз. измеряет каждый из амперметров схемы на рис. 4.8 при нормальном режиме?

20. В схеме на рис. 4.4, г вторичная обмотка трансформаторе фазы С оборвана. Коэффициент трансформации $n_T=1$. Первичный ток в фазах 5 А. Какой ток будет проходить по амперметру? Чем опасен такой режим работы для трансформатора фазы С?

21. Реле токовой отсечки, предназначенные для защиты от междуфазных коротких замыканий, включены один раз по схеме на рис. 4.4, а, другой раз по схеме рис. 4.4, г. Меняется ли защищаемая зона этих защит в зависимости от того, происходит ли трехфазное или двухфазное короткое замыкание?