

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Электроснабжение»

Л. И. Евминов, Д. И. Зализный

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

**по одноименной дисциплине для студентов
специальности 1-43 01 03**

«Электроснабжение (по отраслям)»

дневной и заочной форм обучения

В двух частях

Часть 1

Гомель 2011

УДК 621.316.925(075.8)
ББК 31.27-05я73
Е19

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 4 от 28.12.2010 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Промышленная электроника»
ГГТУ им. П. О. Сухого, Э. М. Виноградов

Евминов, Л. И.

Е19 Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : лаборатор. практикум по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» днев. и заоч. форм обучения. В 2 ч. Ч. 1 / Л. И. Евминов, Д. И. Зализный. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 138 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит восемь лабораторных работ по электромеханическим и микроэлектронным реле тока, напряжения, времени и др.

Для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.316.925(075.8)
ББК 31.27-05я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2011

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ И УКАЗАТЕЛЬНЫЕ РЕЛЕ

1. Цель работы

Ознакомление с назначением промежуточных и указательных реле постоянного и переменного тока, принципом их действия, конструкциями и определением электрических характеристик промежуточных и указательных реле.

2. Краткая теория

Основными вспомогательными реле, применяемыми в релейной защите и автоматике, являются промежуточные реле и указательные реле.

2.1. Промежуточные реле

Промежуточные реле используются:

- для увеличения числа цепей, управляемых одним контактом пускового реле;
- для электрического разделения или объединения различных цепей;
- для переключения в цепях переменного или постоянного тока (напряжения) в соответствии с программой рабочего устройства;
- для коммутации больших токов в цепях при недостаточной мощности контактов исполнительных органов устройств защит.

В процессе эксплуатации возможны случаи снижения уровня оперативного напряжения. Поэтому все промежуточные реле, имеющие параллельную обмотку, должны четко срабатывать при напряжении, равном 70 % от номинального. Величина номинального напряжения указывается на паспорте реле.

2.1.1. Реле промежуточное типа РП-23

Промежуточные реле типа РП-23 применяются в схемах защиты и автоматики на постоянном оперативном токе. Потребляемая мощность при номинальном напряжении составляет 6 Вт. Общий вид реле и схема внутренних соединений реле приведены на рис. 1.1.

Реле выполнено на магнитной системе клапанного типа, включающей в себя скобу 10, якорь 8 и сердечник с полюсным наконечником 11, расположенным внутри катушки 13. Перемещение якоря ог-

раничивается скобой 9. Свободный конец якоря при втягивании воздействует на упорную колодку 8 и перемещает траверсу 4 с четырьмя подвижными контактами. Траверса собрана из нескольких пластмассовых колодок, стянутых шпилькой. Верхняя часть траверсы выступами с прорезью скользит по направляющей скобе 7, укрепленной винтом на верхнем упоре. Нижняя часть шпильки удерживает возвратную пружину 3. Неподвижные контакты 5 укреплены непосредственно на втулках зажимов. Реле смонтировано на цоколе 6 и закрыто кожухом 14.

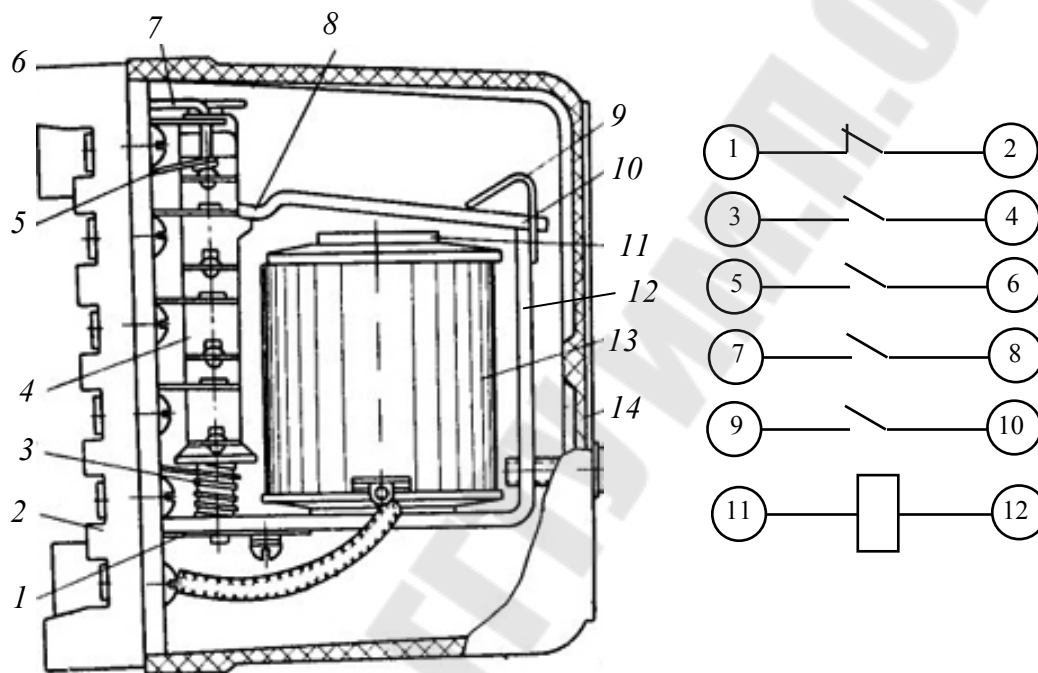


Рис. 1.1. Общий вид и схема внутренних соединений промежуточного реле типа РП-23

Реле РП-23 выпускаются с четырьмя замыкающими и одним размыкающим контактами. Перестановкой (поворотом на 180°) угольников неподвижных контактов можно получить еще несколько комбинаций замыкающих и размыкающих контактов: два размыкающих и три замыкающих; три размыкающих и два замыкающих.

2.1.2. Реле промежуточное типа РП-25

Промежуточное реле типа РП-25 применяется в схемах защиты и автоматики на переменном оперативном токе. Общий вид реле приведен на рис. 1.2. Потребляемая мощность при номинальном напряжении составляет 10 ВА. Схема внутренних соединений реле типа РП-25 аналогична реле РП-23.

Электромагнит клапанного типа состоит из шихтованного сердечника 1 с катушкой 2 и якоря 3, смонтированных на скобе 12. Для снижения вибраций якоря полюс сердечника у рабочего зазора расщеплен и снабжен короткозамкнутым витком 11. Сердечник крепится к скобе болтами. К якорю приклепан хвостовик 10, передающий усилие электромагнита на колодку 13 подвижной контактной системы. Якорь вращается на оси, проходящей через скобу и хвостовик 10.

Подвижная и неподвижная контактные системы такие же, как у реле РП-23.

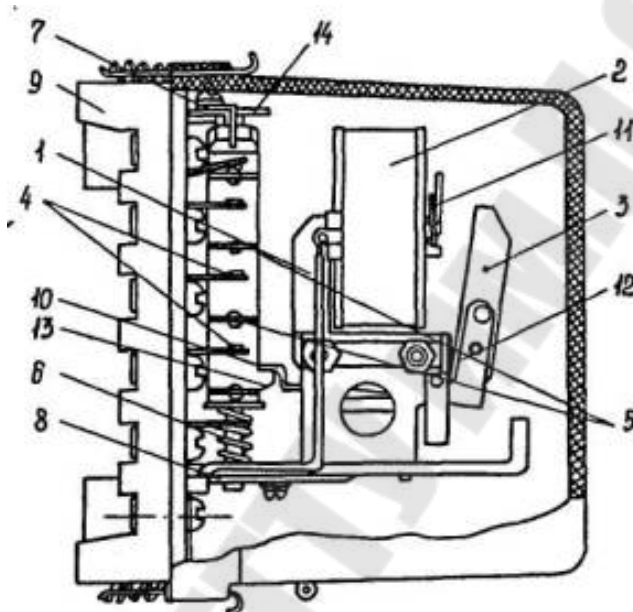


Рис. 1.2. Общий вид реле РП-25

2.1.3. Реле промежуточное РП-251

Промежуточное реле РП-251 предназначено для применения в цепях постоянного тока схем защиты и автоматики в тех случаях, когда требуется замедление при срабатывании. Потребляемая мощность при номинальном напряжении составляет 8 Вт. Общий вид реле приведен на рис. 1.3.

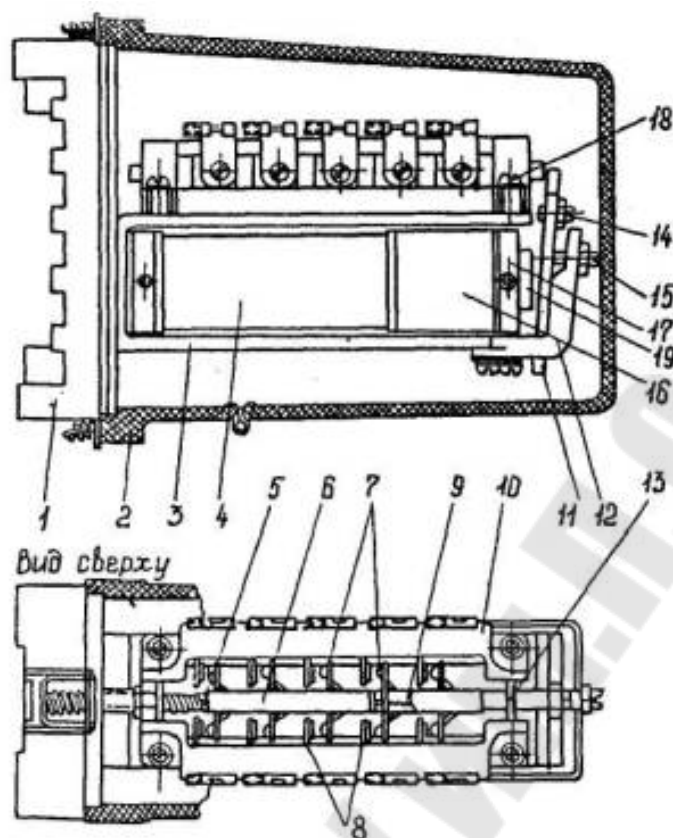


Рис. 1.3. Общий вид реле РР-251

Электромагнит реле состоит из якоря 11 и скобы 3 с приклепанным цилиндрическим сердечником. На сердечнике со стороны зазора размещена рабочая катушка 4. Ближе к цоколю реле размещены медные демпфирующие шайбы 16, обеспечивающие замедление реле при срабатывании. Катушка и шайбы удерживаются на сердечнике кольцом 17 со стопорными винтами. Якорь крепится к скобе с помощью угольника 12. Ход якоря регулируется винтами 14 и 15. Винтами 19 к верхней части скобы крепятся колодки 10 контактной системы. Неподвижные контакты приварены к контактным угольникам 8, прикрепленным к контактным колодкам винтами 18. Эти же винты служат для присоединения внутренних монтажных проводов. Подвижные контактные пластины 7 смонтированы на траверсе 6, их положение фиксируется контактными пружинами 9. Концы траверсы скользят в отверстиях направляющих пластин 13. На задний конец траверсы надета возвратная пружина 5, упирающаяся в направляющую пластину и выступ на траверсе; на передний конец траверсы непосредственно воздействует якорь электромагнита. Электромагнит вместе с контакт-

ной системой крепится с помощью стального угольника к цоколю 1 и закрывается пластмассовым кожухом 2.

Реле выпускаются с пятью замыкающими контактами. Перестановкой контактных угольников и пружин любой контакт из замыкающего можно превратить в размыкающий контакт. Схема внутренних соединений реле РП-251 приведена на рис. 1.4.

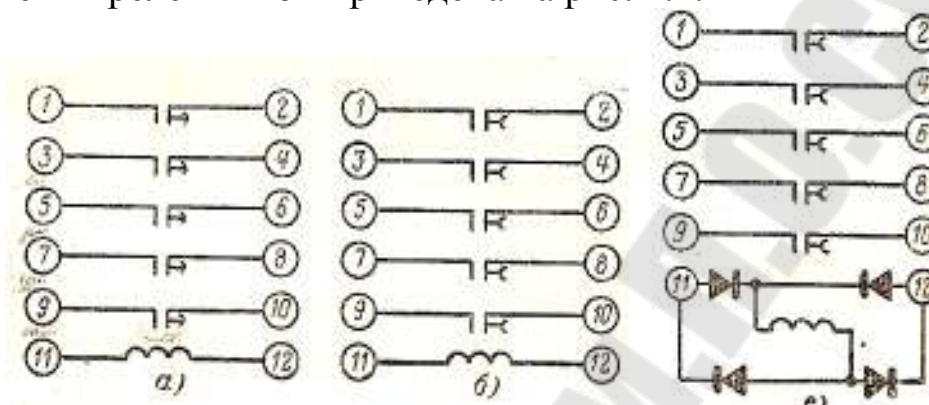


Рис.1.4. Схемы внутренних соединений реле серии РП-250,
а) – реле РП-251, б) – реле РП-252, в) – реле РП-256

2.1.4. Реле промежуточное РП-252

Промежуточное реле РП-252 предназначено для применения в цепях постоянного тока схем защиты и автоматики в тех случаях, когда требуется замедление при возврате. Потребляемая мощность при номинальном напряжении составляет 7 Вт. Общий вид реле и схема внутренних соединений такие же, как у реле РП-251 (рис. 1.3, 1.4).

В отличие от реле РП-251 демпфирующие шайбы помещены на сердечнике рядом с рабочим зазором. Магнитный поток, наводимый токами самоиндукции в шайбах в момент отключения обмотки реле, при подтянутом якоре почти целиком проходит через рабочий зазор. Катушка электромагнита расположена у основания сердечника и имеет сплошной медный каркас, создающий дополнительное замедление возврата. Выдержка времени возврата реле регулируется изменением конечного рабочего зазора. Катушка и шайбы удерживаются специальным выступом на угольнике, крепящим якорь. При номинальном напряжении и притяннутом якоре сердечник электромагнита сильно насыщен, что уменьшает зависимость времени возврата реле от напряжения. Схема внутренних соединений реле РП-252 приведена на рис. 1.4.

2.1.5. Реле промежуточное РП-256

Реле промежуточное РП-256 применяется в цепях переменного тока схем РЗА в случаях, когда требуется замедление при возврате. Реле выпускаются на номинальные напряжения 100, 127 и 220 В. Потребляемая мощность при номинальном напряжении 220 В составляет 8 В·А.

По конструкции и всем техническим данным реле РП-256 аналогично реле РП-252 и отличается от него наличием двухполупериодного выпрямительного моста. Схема внутренних соединений реле типа РП-256 приведена на рис. 1.4.

2.1.6. Реле промежуточное РП-232

Чтобы обеспечить надежное воздействие контакта промежуточного реле на управляющий механизм при кратковременном срабатывании пускового органа защиты промежуточные реле часто выполняются с удерживающей обмоткой (рис. 1.5).

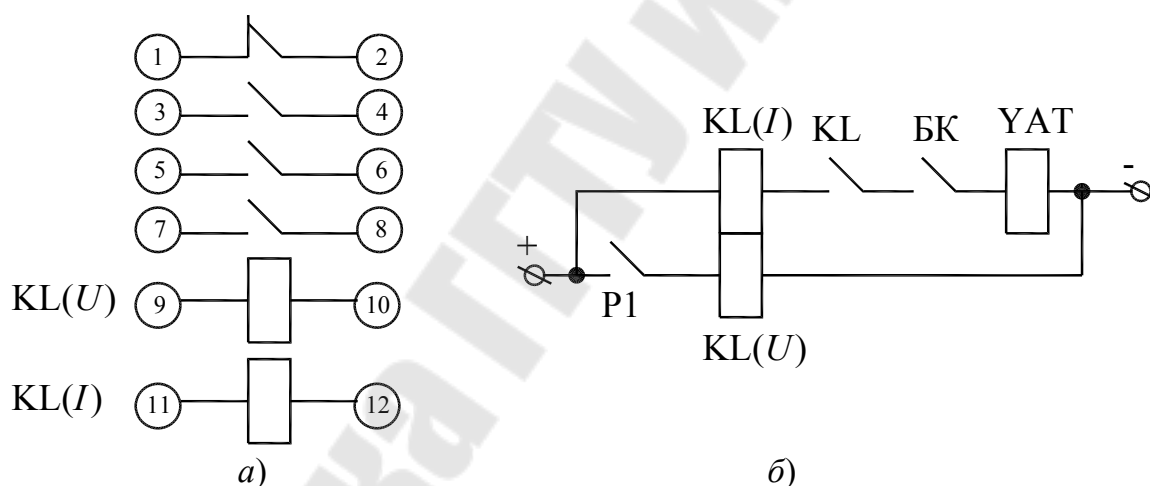


Рис. 1.5. Схема внутренних соединений (а) и включение последовательной (токовой) удерживающей обмотки промежуточного реле РП-232 (б)

При кратковременном замыкании контакта Р1 промежуточное реле KL срабатывает, замыкается цепь управляемого аппарата (катушки электромагнита отключения выключателя YAT). Исчезновение тока в параллельной обмотке, которое произойдет после размыкания контакта Р1, не приведет к размыканию контактов реле KL до тех пор, пока не будет отключен выключатель, и пока не разомкнутся его блок-контакты БК. Замкнутое состояние контакта реле KL обусловлено наличием тока в последовательной обмотке.

2.1.7. Реле промежуточное РП-17

Промежуточные реле РП-17 применяются в схемах защиты и автоматики на постоянном оперативном токе. Реле выполнено на магнитной системе клапанного типа, аналогичной по принципу действия реле РП-23.

2.2. Реле указательные серии РУ-21, РУ-1

Указательные реле сигнализирует о срабатывании защиты, что облегчает последующий анализ действия защит и позволяет определить характер повреждения. Общий вид и схема внутренних соединений указательного реле РУ-21 приведены на рис. 1.7.

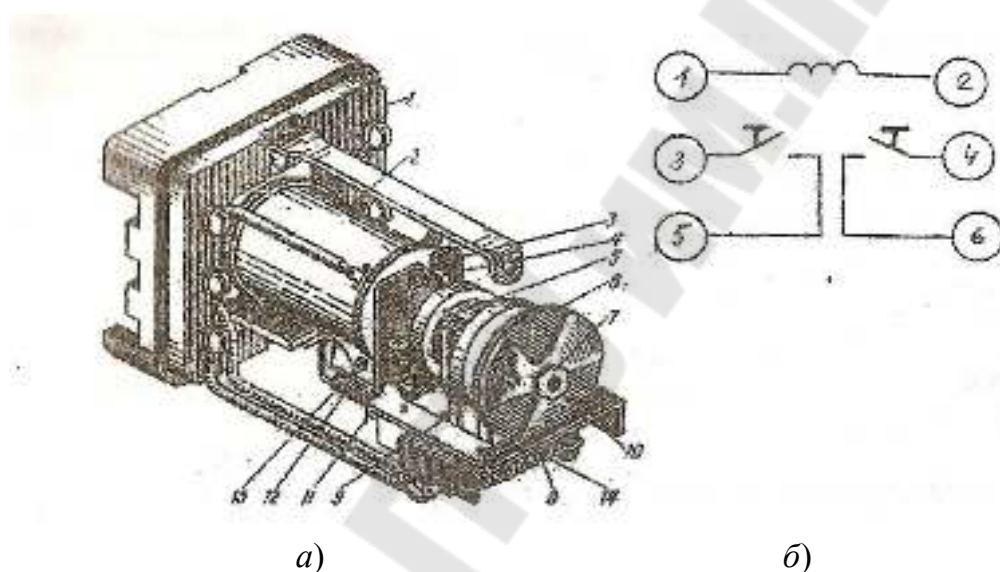


Рис.1.6. Общий вид (а) и схема внутренних соединений (б) реле серии РУ-21

Электромагнит реле состоит из скобы 13, укрепленной на цоколе 1, сердечника с катушкой 2 и якоря 3, удерживаемого в начальном положении пружиной 12. К скобе электромагнита крепится скоба контактно – указательного устройства 8, на которой смонтированы колодка неподвижных контактов 9, пластмассовый барабан и устройство возврата в начальное положение. На пластмассовом барабане укреплены зуб защелки 4, контактные мостики 5 и указательный диск с грузом 6. На указательном диске черной эмалью нанесены три сектора. В передней стенке скобы 8 сделаны три секторных выреза, с которыми в начальном положении реле совпадают черные секторы на указательном диске.

При втягивании якоря электромагнита освобождается зуб защелки барабана. Под действием груза на указательном диске барабан вместе с диском поворачивается, контактные мостики замыкают неподвижные контакты, а в вырезах передней стенки скобы δ появляются светлые секторы указательного диска.

Реле выпускаются с двумя замыкающими контактами, имеют 17 исполнений, отличающихся номинальным током или напряжением катушки.

Реле указательное РУ-1 переменного тока по назначению и принципу действия аналогично реле РУ-21, но отличается от него конструкцией и габаритами.

3. Описание лабораторного стенда

На лабораторном стенде (рис. 1.7) смонтированы для испытания промежуточные реле постоянного тока типов РП-23, РП-232, РП-251, РП-252, РП-17 и переменного тока типа РП-25, РП-256 и реле промежуточное на интегральных микросхемах серии РП-18, а также указательные реле типов РУ-21 и РУ-1, кнопки включения и отключения стенда, лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) TUV, понижающий трансформатор TL, выпрямительный мост VD и приборы, необходимые для измерений: вольтметр переменного тока PV1, вольтметр постоянного тока PV2, амперметр PA, электронный секундомер PTV, а также сигнальные лампы.

Понижающий трансформатор рассчитан на работу в режиме, близком к короткому замыканию, и предназначен для питания **обмотки тока** реле РП-232.

Возле стенда имеются настольные приборы: мегаомметр и миллиамперметр.

Все реле на стенде, имеющие катушки напряжения, включены на номинальное напряжение 220 В.



Рис. 1.7. Общий вид лабораторного стенда

4. Общие указания по проверке промежуточных и указательных реле

4.1. Ознакомиться с устройством и электрической схемой внутренних соединений промежуточных реле постоянного тока типов РП-23, РП-232, РП-251, РП-252, РП-17 и переменного тока типа РП-25, РП-256, а также указательных реле типов РУ-21 и РУ-1.

4.2. Проверяемые реле подвергаются внешнему и внутреннему осмотру.

При внешнем осмотре проверяются:

- плотность прилегания кожуха к основанию,
- состояние ламелей и шпилек для присоединения проводов.

При внутреннем осмотре реле очищается от пыли, волокон и т. д., проверяется надежность внутренних соединений, проверяется свободное вращение подвижной системы реле.

4.3. Проверяется сопротивление изоляции реле мегаомметром 1000 В.

Сопротивление изоляции между любыми электрически несвязанными токоведущими частями, а также между ними и корпусом (магнитопроводом) должно быть не менее 10 МОм. Результаты измерений сопротивления изоляции испытуемых реле занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Тип проверяемого реле	Сопротивление изоляции, МОм			
	Магнитопровод - контакты		Магнитопровод - обмотки	
	нормируемое	измеренное	нормируемое	измеренное

4.4. Проверяется потребляемая мощность обмотки реле методом амперметра-вольтметра для проверки отсутствия витковых замыканий в обмотках реле. Условием отсутствия короткозамкнутых витков является: $S_{\text{реле изм.}} \leq S_{\text{реле паспортное}}$. Мощность $S_{\text{реле изм.}}$, потребляемая реле, определяется при номинальных данных: обмотки напряжения при $U_p = U_n$.

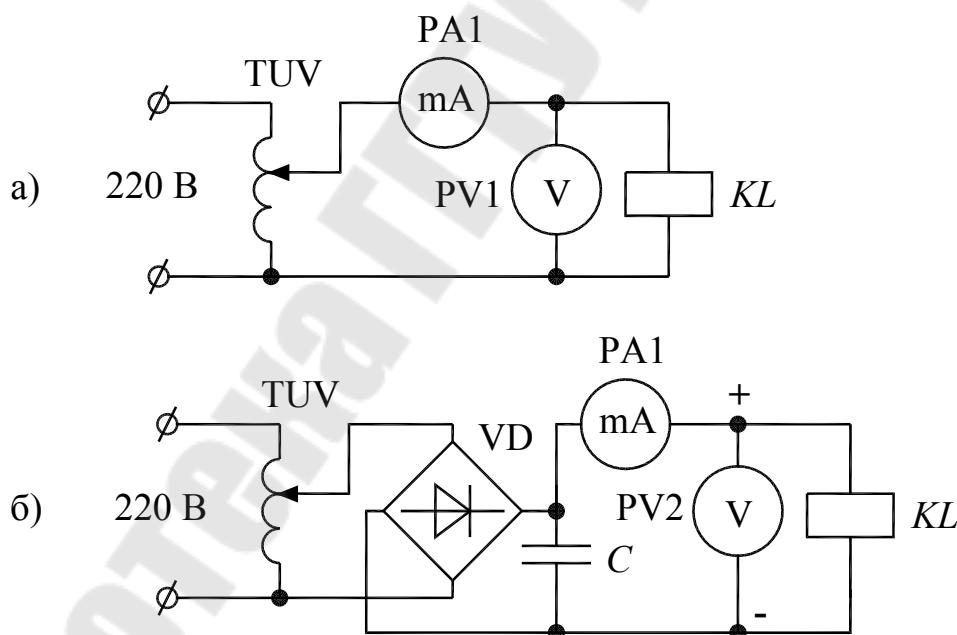


Рис. 1.8. Схемы для определения мощности, потребляемой обмотками реле и напряжения срабатывания и отпадания реле:
 а) – промежуточного реле и указательного переменного тока;
 б) – промежуточного и указательного реле постоянного тока

Для выполнения п. 4.4 для промежуточных реле с обмоткой напряжения необходимо:

а) Собрать схему рис. 1.8, соответствующую типу испытуемого реле,

б) Включить стенд. ЛАТРОм TUV выставить номинальное напряжение на обмотке реле. Измерить ток, протекающий через обмотку реле. Результаты измерений и вычислений мощности срабатывания испытуемых реле занести в табл. 1.2.

в) Схему не разбирать и перейти к выполнению опыта 4.5.

Таблица 1.2

Тип проверяемого реле	Величина напряжения, $U_{\text{пасп}}$, В	Ток срабатывания реле, А	Мощность срабатывания реле, ВА	Мощность срабатывания реле по паспорту, ВА

4.5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 1.8), для чего, поднимая ЛАТРОм напряжение зафиксировать по лампе НЛ напряжение срабатывания реле. Снижая ЛАТРОм напряжение зафиксировать напряжение отпадания реле по погасанию лампы НЛ. Результаты измерений и вычислений мощности срабатывания испытуемых реле занести в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Тип проверяемого реле	Величина напряжения срабатывания реле, В	Величина напряжения отпадания реле, В	Паспортная величина напряжения срабатывания реле, В	Паспортная величина напряжения отпадания реле, В

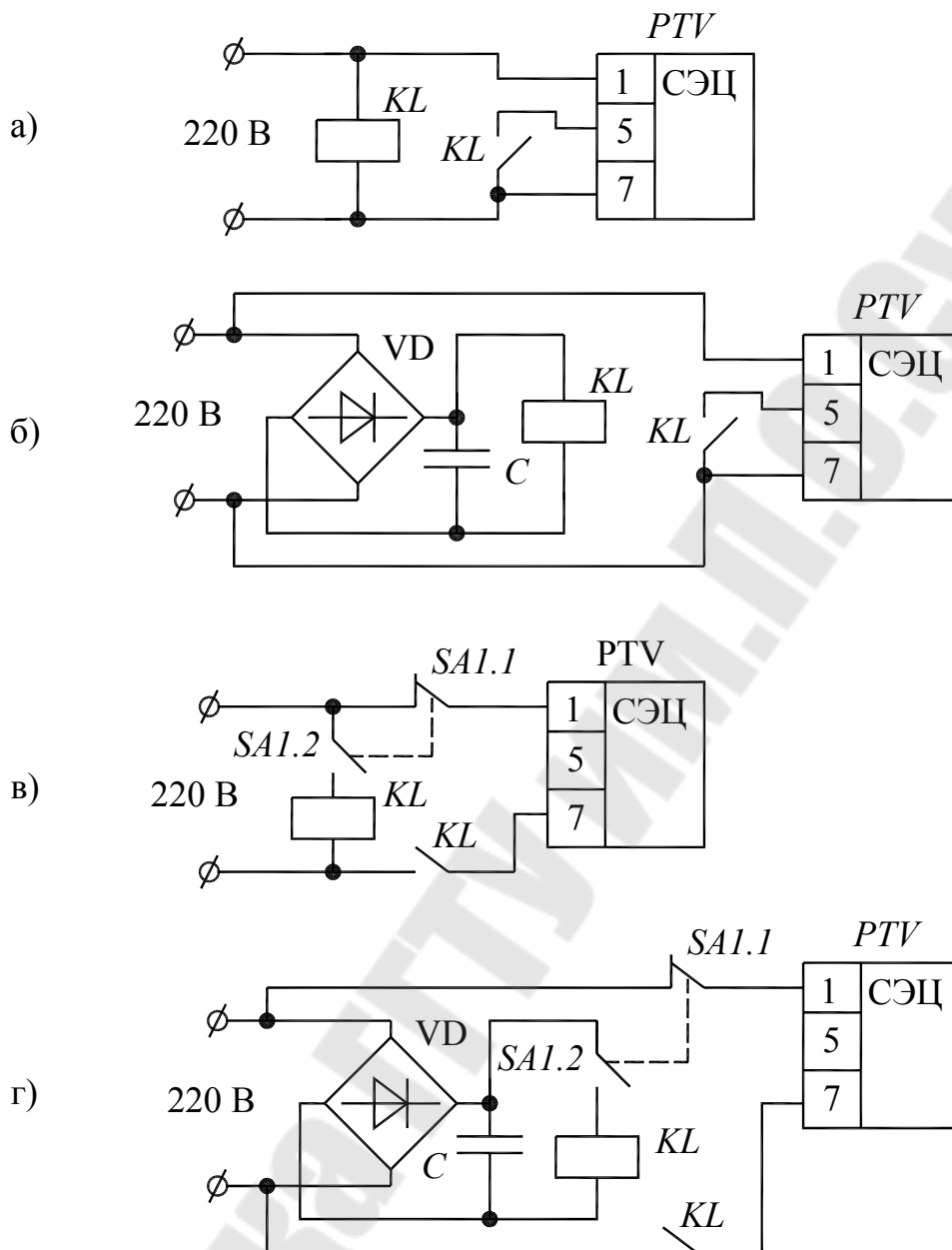


Рис. 1.9. Схемы для измерения времени срабатывания (а, б) и времени отпадания (в, г) промежуточных реле переменного тока (а, в) и постоянного тока (б, г)

4.6. Проверить время срабатывания и отпадания реле.

Для определения времени срабатывания реле необходимо:

Установить ЛАТРоМ напряжение питания, соответствующее паспорту реле. Отключить стенд. Собрать схему для испытания реле переменного тока – рис. 1.9, а; для испытания реле постоянного тока – рис. 1.9, б. Включить стенд. Произвести измерение времени срабатывания реле. Результаты измерений и вычислений времени срабаты-

вания испытуемых реле занести в табл. 1.4. Опыт произвести 5 раз и вычислить разброс времени срабатывания в %.

Разброс времени срабатывания определить по формуле:

$$\delta T_{\text{сраб}} = \frac{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}{T_{\text{cp}}} \cdot 100, \%,$$

где T_{max} и T_{min} – максимальное и минимальное время срабатывания реле, с;

T_{cp} – среднее значение времени срабатывания реле, с.

Для определения времени отпадания реле необходимо:

Отключить стенд. Собрать схему для испытания реле переменного тока – рис. 1.9, в; для испытания реле постоянного тока – рис. 1.9, г. Установить ЛАТРом напряжение питания, соответствующее паспорту реле. Испытуемое реле должно сработать, Включить тумблером Т электросекундомер.

Произвести измерение времени отпадания реле. Результаты измерений и вычислений времени отпадания испытуемых реле занести в табл. 1.4.

Опыт произвести 5 раз и вычислить разброс времени отпадания в %.

Разброс времени отпадания определить по формуле:

$$\delta T_{\text{отп}} = \frac{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}{T_{\text{cp}}} \cdot 100, \%,$$

где T_{max} и T_{min} – максимальное и минимальное время отпадания реле, с;

T_{cp} – среднее значение времени отпадания реле, с.

Таблица 1.4

Тип проверяемого реле	Время срабатывания реле, с		Разброс времени срабатывания реле, %	Время отпадания реле, В		Разброс времени отпадания реле, %
	1	2		1	2	
	3			3		
	4			4		
	5			5		

5. Задание на работу

(Перечень испытываемых реле приведен в таблице 1.6 в соответствии с номером бригады)

5.1. Испытание промежуточного реле РП-25

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений промежуточного реле РП-25. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 1.1. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис.1.8,а. Заполнить табл. 1.2. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 1.8, а) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 1.3. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 1.9, а) и отпадания (рис. 1.9, в) реле. Результаты измерений занести в табл. 1.4. Заполнить п. 5 протокола испытания реле.

7. Составить список (табл. 1.5), примененной измерительной аппаратуры.

5.2. Испытание промежуточного реле РП-256

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений промежуточного реле РП-256. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 1.1. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 1.8, а. Заполнить табл. 1.2. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 1.8, *а*) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 1.3. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 1.9, *а*) и отпадания (рис. 1.9, *в*) реле. Результаты измерений занести в табл. 1.4. Заполнить п. 5 протокола испытания реле

7. Составить список (табл. 1.5), примененной измерительной аппаратуры.

5.3. Испытание промежуточного реле РП-251

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений промежуточного реле РП-251. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 1.1. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 1.8, *б*. Заполнить табл. 1.2. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 1.8, *б*) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 1.3. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 1.9, *б*) и отпадания (рис. 1.9, *г*) реле. Результаты измерений занести в табл. 1.4. Заполнить п. 5 протокола испытания реле

7. Составить список (табл. 1.5), примененной измерительной аппаратуры.

5.4. Испытание промежуточного реле РП-252

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений промежуточного реле РП-252. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 1.1. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 1.8, б. Заполнить табл. 1.2. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 1.8, б) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 1.3. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 1.9, б) и отпадания (рис. 1.9, г) реле. Результаты измерений занести в табл. 1.4. Заполнить п. 5 протокола испытания реле.

7. Составить список (табл. 1.5), примененной измерительной аппаратуры.

5.5. Испытание промежуточного реле РП-23

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений промежуточного реле РП-23. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 1.1. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 1.8, б. Заполнить табл. 1.2. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 1.8, б) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 1.3. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 1.9, б) и отпадания (рис. 1.9, г) реле. Результаты измерений занести в табл. 1.4. Заполнить п. 5 протокола испытания реле.

7. Составить список (табл. 1.5), примененной измерительной аппаратуры.

5.6. Испытание промежуточного реле РП-17

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений промежуточного реле РП-17. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 1.1. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 1.8, б. Заполнить табл. 1.2. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 1.8, б) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 1.3. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 1.9, б) и отпадания (рис. 1.9, г) реле. Результаты измерений занести в табл. 1.4. Заполнить п. 5 протокола испытания реле.

7. Составить список (табл. 1.5), примененной измерительной аппаратуры.

5.7. Испытание промежуточного реле РП-232

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений промежуточного реле РП-232. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 1.1. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 1.8, б. Заполнить табл. 1.2. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 1.8, б), для чего, поднимая ЛАТРОм напряжение зафиксировать по погасанию лампы НЛ напряжение срабатывания реле. Снижая ЛАТРОм напряжение зафиксировать напряжение отпадания реле. Результаты измерений занести в табл. 1.3. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 1.9, б) и отпадания (рис. 1.9, з) реле. Результаты измерений занести в табл. 1.4. Заполнить п. 5 протокола испытания реле.

7. Составить список (табл. 1.5), примененной измерительной аппаратуры.

5.9. Испытание промежуточного реле РУ-21 и РУ-1

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений одного из указательных реле в соответствии с заданием (табл. 1.6). Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле (для реле РУ-21). Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 1.1. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 1.8, б. Заполнить табл. 1.2. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания реле (рис. 1.8, б), для чего, поднимая ЛАТРОм напряжение зафиксировать по погасанию лампы НЛ напряжение срабатывания реле. Результаты измерений занести в табл. 1.3. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

6. Составить список (табл. 1.5), примененной измерительной аппаратуры.

6. Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Перечень испытуемых реле в соответствии с номером бригады (Табл. 1.6).
3. Схемы испытания реле в соответствии с номером бригады
4. Результаты испытания реле в табличной форме. Заполнить таблицы 1.1-1.4.
5. Протоколы испытания каждого реле (по прилагаемой форме)

Таблица 1.5

Применяемая измерительная аппаратура

Обознач. по схеме	Наименование прибора	Система	Заводской номер	Класс точности	Пределы измерения.	Примеч.

7. Протокол испытания реле типа _____

1. Схема внутренних соединений реле.
2. Сопротивление изоляции реле. Указать соответствие измеренного сопротивления изоляции действующим нормам.
3. Потребляемая мощность срабатывания по данным завода-изготовителя и измеренная потребляемая мощность. Указать соответствие потребляемой мощности действующим требованиям.
4. Напряжение срабатывания и отпадания реле. Указать соответствие напряжения срабатывания и отпадания реле действующим требованиям.
5. Время срабатывания и отпадания реле. Указать соответствие времени срабатывания и отпадания реле паспортным данным.
6. Заключение о пригодности реле к эксплуатации.

Протокол составил студент гр. _____

ФИО

8. Перечень реле для испытаний в соответствии с номером бригады

Таблица 1.6

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
Испытуемые реле	РП-23	РП-17	РП-23	РП-232	РП-23	РП-17	РП-23	РП-17
	РП-251	РП-251	РП-251	РП-252	РП-252	РП-252	РП-251	РП-251
	РП-25	РП-256	РП-256	РП-25	РП-256	РП-256	РП-25	РП-256
	РУ-1	РУ-21	РУ-1	РУ-21	РУ-1	РУ-21	РУ-1	РУ-21

9. Контрольные вопросы

1. Каково конструктивное отличие в выполнении промежуточных реле постоянного и переменного тока?
2. Чем объяснить необходимость работы промежуточных и указательных реле при сниженном напряжении оперативного тока?
3. При каком уровне снижения напряжения должна быть обеспечена четкая работа промежуточных и указательных реле?
4. Зачем производится опыт измерения мощности, потребляемой реле?
5. Каково назначение промежуточных реле в схемах РЗА?
6. Каково назначение указательных реле в схемах РЗА?
7. Почему промежуточное реле РП-251 имеет выдержку времени на срабатывание?
8. Почему промежуточное реле РП-252 имеет выдержку времени на отпадание?
9. В чем заключается назначение и особенности работы реле РП-232?
10. В чем заключается отличие реле РП-17 от реле РП-23?
11. Перечислите объем проверки промежуточных реле.
13. Перечислите объем проверки указательных реле.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИНДУКЦИОННЫЕ РЕЛЕ ТОКА

1. Цель работы

Ознакомление с конструкцией, принципом действия и способами регулирования и выбора характеристик срабатывания индукционных реле тока типа РТ-80.

2. Краткие теоретические сведения

2.1. Конструкция и принцип действия реле

Реле тока РТ-80 (рис. 2.1) по принципу действия является комбинированным реле, состоящим из двух элементов: индукционного с вращающимся диском и электромагнитного клапанного типа. Такое исполнение дает возможность работать с двумя временными характеристиками: с зависимой характеристикой времени действия и с независимой в качестве мгновенной отсечки.

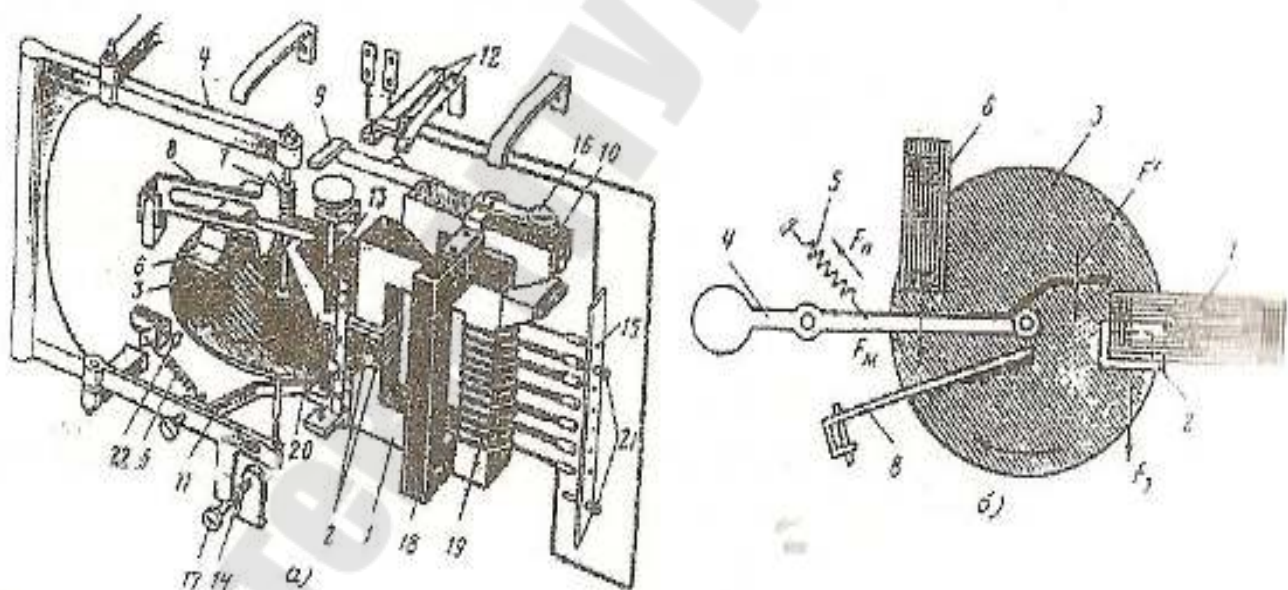


Рис. 2.1. Реле тока типа РТ-80

а – конструкция; *б* – силы, действующие на подвижную систему;
1 – электромагнит; 2 – короткозамкнутые витки; 3 – алюминиевый диск; 4 – подвижная рамка; 5 – пружина; 6 – постоянный магнит; 7 – червяк; 8 – подвижной сегмент; 9 – коромысло; 10 – якорь отсечки; 11 – скоба; 12 – контакты; 13 – регулировочный винт; 14 – регулировочная гайка; 15 – контактная колодка; 16 – регулировочный винт отсечки; 17 – упорный винт; 18 – магнитопровод электромагнитного элемента; 19 – обмотка реле;

20 – движок; 21 – контактные винты; 22 – регулировочный винт пружины

Основными органами реле тока РТ-80 являются:

- Электромагнит 1 с расположенной на нем обмоткой 19. При протекании тока по обмотке создается магнитный поток Φ_1 .
- На полюсах электромагнита имеются короткозамкнутые витки (медные кольца) 2, в которых возникает ток и этот ток создает магнитный поток Φ_2 .
- Постоянный тормозной магнит б.
- Диск 3, расположенный между полюсами электромагнита.

При прохождении тока по обмотке реле в зазоре между полюсами создаются магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 , сдвинутые в пространстве на некоторый угол φ . Эти потоки пронизывают диск и создают вращающий момент:

$$M_{\text{вр}} = k' \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_2 \cdot \sin \varphi, \quad (2.1)$$

где k' – коэффициент пропорциональности.

Так как потоки Φ_1 и Φ_2 пропорциональны току I_p , проходящему через обмотку реле, а угол φ постоянен, то:

$$M_{\text{вр}} = k \cdot I_p^2, \quad (2.2)$$

где k – коэффициент пропорциональности.

При значительном увеличении тока происходит насыщение магнитопровода и прямая пропорциональность между потоками и током в обмотке нарушается. При дальнейшем увеличении тока поток перестает увеличиваться. Вследствие этого вращающий момент, а, следовательно, и частота вращения диска перестают возрастать и характеристика зависимости времени действия реле от тока $t_c = f(I_p)$ приобретает зависимый характер (рис. 2.2).

При вращении диска в поле постоянного магнита в диске возникают вихревые токи, которые, взаимодействуя с полем постоянного магнита, создают дополнительную силу, действующую на диск.

Таким образом, при вращении диска на него действуют силы: F_1 , создаваемая магнитной системой с короткозамкнутыми витками и F_2 , создаваемая постоянным магнитом б, который противодействует вращению диска (рис. 2.1, б).

При увеличении тока в реле возрастают силы F_1 и F_2 и при $I_p > I_{cp}$ равнодействующая сил F_1 и F_2 преодолевает силу натяжения пружины рамки 4 и поворачивает рамку около своей оси на некоторый угол, осуществляя зацепление червяка с зубчатым сегментом 7. Сегмент начинает подниматься и через определенное время (концом рычага) упирается в скобу 9 якоря 10 электромагнита. Якорь начинает поворачиваться около своей оси по часовой стрелке, и когда воздушный зазор между якорем и магнитопроводом уменьшится до определенной величины, якорь притянется к электромагниту и скоба 9 замкнет контакты 12. Наименьший ток, при котором происходит зацепление червяка с зубчатым сегментом, называется **током срабатывания** индукционного элемента реле.

Диск начинает вращаться, когда ток в обмотке реле достигает 20-30 % от тока срабатывания, но срабатывание реле не происходит. В этом случае рамка 4 оттянута пружиной 5 в сторону и червяк 7 не приходит в зацепление с зубчатым сегментом 8, на котором укреплен рычаг, замыкающий контакты реле.

Для надежного сцепления червяка с сегментом, а также для исключения возможного расцепления червячной передачи при уменьшении частоты вращения диска на подвижной рамке предусмотрена стальная скоба 11. Она притягивается к электромагниту 1 потоком рассеяния и обеспечивает дополнительное усилие для надежного сцепления червячной передачи.

Регулировка тока срабатывания реле производится путем изменения числа витков обмотки электромагнита, имеющей отпайки, выведенные на контактную колодку 15. Для увеличения тока срабатывания следует уменьшить число витков. Нужное значение устанавливается с помощью контактных винтов 21. Для того чтобы при перестановке контактного витка под нагрузкой не происходило разрыва цепи вторичной обмотки трансформатора тока, каждое реле имеет два контактных винта. Поэтому нужно сначала холостой винт завинтить в нужном гнезде, а затем ранее установленный винт переставить в холостое гнездо. Якорь 10 с электромагнитом 1 одновременно представляет второй элемент реле – электромагнитный, действующий с временем срабатывания до 0,1 с. Для уменьшения вибрации якоря 10 на нем посажен короткозамкнутый виток.

Время срабатывания реле зависит как от частоты вращения диска (а значит и от тока), так и от хода (расстояния) подвижного сег-

мента от начального положения до контактного мостика 9-12. Первоначальное положение сегмента устанавливается регулировочным винтом 13 и движком 20. Цифры на вертикальной шкале против движка указывают время действия реле в независимой части характеристики (при токе, равном десятикратному значению тока уставки).

Выдержка времени у индукционных реле при неизменной уставке по времени не является величиной постоянной. Она зависит от величины тока, протекающего через его обмотки: чем больше ток, тем больше частота вращения диска и, следовательно, тем меньше будет выдержка времени. Однако, эта зависимость выдержки времени от тока наблюдается только до определенного значения тока (5-8) $I_{ном}$, т. е. до того момента, пока магнитопровод не насыщен (зависимая от величины тока часть характеристики). После насыщения магнитопровода выдержка времени становится постоянной и уже не зависит от тока в обмотке реле (независимая от величины тока часть характеристики).

Вследствие этого, характеристики индукционного реле получаются в виде кривых, изображенных в паспорте реле.

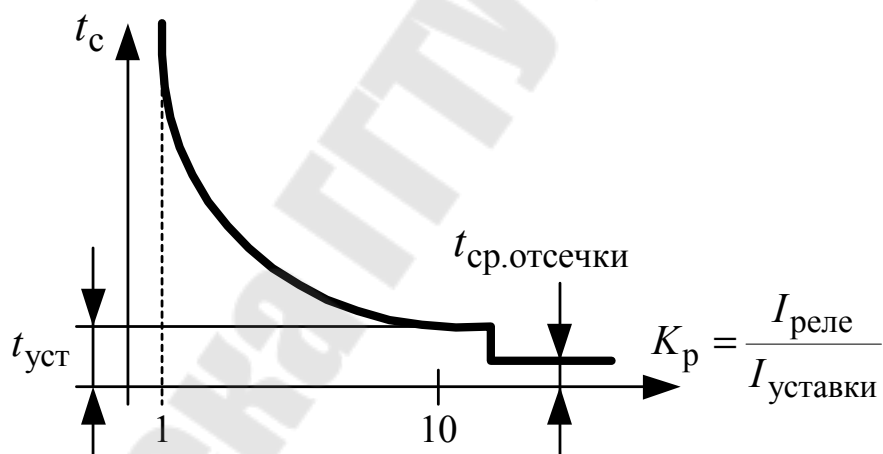


Рис.2.2. Характеристика индукционного реле

Работа реле РТ-80 в качестве мгновенно действующей отсечки с независимой от тока выдержкой времени обеспечивается электромагнитным элементом. Неподвижным сердечником является магнитопровод 1 индукционного элемента, реле. Изменение тока срабатывания отсечки производится регулировочным винтом 16, изменяющим величину воздушного зазора между полюсным наконечником подвижного якоря 10 и полюсом неподвижного электромагнита. Цифры на винте указывают кратность тока срабатывания отсечки к току ус-

тавки срабатывания реле в начале зависимой части характеристики. При протекании через обмотку реле тока, превышающего ток срабатывания индукционного элемента в 2-8 раз, правый конец якоря 10 притягивается к сердечнику электромагнита без участия червячной передачи, и скоба 9, поднимаясь вверх, замыкает контакты 12 без выдержки времени.

Точность уставки индукционного элемента по току $\pm 5\%$. Инерционный выбег реле не превышает 0,06 с.

Потребляемая мощность для реле РТ-80 при номинальном токе составляет 10 ВА.

Основными достоинствами реле серии РТ-80 являются:

1. Относительно малая инерционная погрешность и быстрый возврат реле в начальное положение после срабатывания.

2. Вращение диска при нормальной работе, позволяющее контролировать исправное состояние реле.

3. Наличие дополнительного электромагнитного элемента, позволяющего в нужных случаях осуществлять мгновенное действие защиты (отсечку) без применения дополнительных реле.

4. Наличие встроенного указателя срабатывания реле.

К недостаткам реле можно отнести:

1. Сложность конструкции.

2. Увеличение времени срабатывания при токах, близких к току срабатывания защиты.

3. Значительная погрешность в токе срабатывания электромагнитного элемента.

4. Возможность ложного срабатывания отсечки при кратковременных бросках тока.

5. Низкий коэффициент возврата (0,8 – у индукционного элемента и менее 0,4 – у электромагнитного).

2.2. Выбор характеристик реле

Релейная защита должна удовлетворять ряду требований, основным из которых является требование селективности.

Под селективностью понимается свойство релейной защиты, действующей на отключение, избирать поврежденный участок и отключать только его.

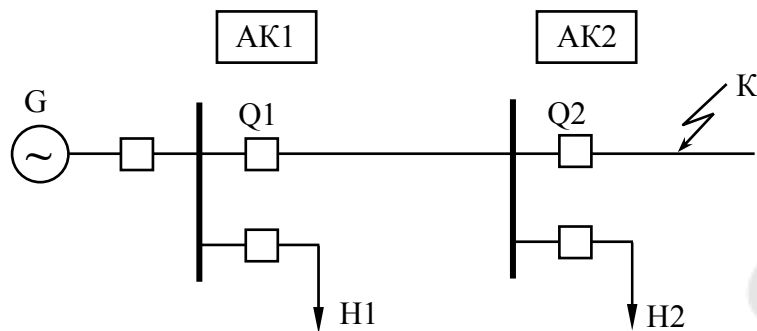


Рис.2.3. Радиальная сеть с односторонним питанием, К – точка КЗ

Рассмотрим действие максимальной токовой защиты радиальной сети с односторонним питанием (рис. 2.3). Комплекты защит АК1 и АК2, установлены в начале каждой линии со стороны источника питания. Каждая из защит действует на отключение соответствующей линии при повреждении на ней или шинах противоположной подстанции. В нормальном режиме работы сети ни одна из защит не должна срабатывать. Для этого ток срабатывания защит АК1 и АК2 принимается большим, чем ток, проходящий по защищаемому участку в нормальном режиме.

Под током срабатывания защиты понимают минимальный первичный ток защищаемого элемента, при котором защита срабатывает.

При возникновении КЗ, например в точке К (рис. 2.3) по участкам сети между источником питания и местом повреждения проходит ток повреждения. Этот ток протекает в защитах АК1, АК2, которые приходят в действие.

Однако, по условию селективности, сработать на отключение должна только защита АК2. Такое отключение может быть обеспечено максимальной токовой защитой (МТЗ).

Для рассматриваемой сети, защищенной МТЗ, это достигается благодаря тому, что защита АК2, ближе расположенная к точке КЗ, имеет меньшую выдержку времени. После отключения поврежденной линии прохождение тока КЗ по неповрежденным линиям прекращается, и их защита АК1, имеющая выдержку времени большие, чем защита АК2, не успевают сработать на отключение.

Выбор тока срабатывания защиты и реле МТЗ, а также выдержек времени с учетом обеспечения селективности для радиальной сети (рис. 2.3) производится в следующей последовательности:

1. Определяется ток нагрузки в максимальном режиме работы системы:

$$I_{\text{раб.max2}} = \frac{S_1}{\sqrt{3}U_c}; \quad I_{\text{раб.max1}} = \frac{S_1 + S_2}{\sqrt{3}U_c}, \quad (2.3)$$

где мощность S_1 соответствует номеру бригады в МВ·А, $S_2 = 2 \cdot S_1$, напряжение $U_c = 10,5$ кВ.

2. По величине токов нагрузки $I_{\text{раб.max2}}$ и $I_{\text{раб.max1}}$ определяются коэффициенты трансформации трансформаторов тока (ТТ) защит АК1(Q1) и АК2(Q2) по шкале номинальных первичных токов ТТ (см. МУ к ЛР № 4).

3. Определяется ток срабатывания защит АК1(Q1) и АК2(Q2):

$$I_{\text{сзQ2}} = \frac{K_{\text{зап}} \cdot K_{\text{сзп}}}{K_{\text{в}}} I_{\text{раб.max2}}; \quad I_{\text{сзQ1}} = \frac{K_{\text{зап}} \cdot K_{\text{сзп}}}{K_{\text{в}}} I_{\text{раб.max1}}, \quad (2.4)$$

где: для реле РТ-80 принимается $K_{\text{зап}} = 1,2$ – коэффициент запаса; $K_{\text{сзп}} = 1,8 - 2,5$ – коэффициент самозапуска, $K_{\text{в}} = 0,8$ – коэффициент возврата реле.

4. Определяется ток срабатывания реле защит АК1, АК2 (принимается коэффициент схемы $K_{\text{сх}} = 1$):

$$I_{\text{срQ2}} = \frac{I_{\text{сзQ2}}}{K_{I2}}; \quad I_{\text{срQ1}} = \frac{I_{\text{сзQ1}}}{K_{I1}}, \quad (2.5)$$

где K_{I1}, K_{I2} – коэффициенты трансформации трансформаторов тока.

5. Задаем кратностью тока срабатывания реле защиты АК2 – $K_{\text{рQ2}}$. ($K_{\text{рQ2}}$ должен быть равен 2-3) и уточняем ток срабатывания индукционного органа защиты АК2:

$$I_{\text{ср.реле}} = K_{\text{рQ2}} \cdot I_{\text{срQ2}}. \quad (2.6)$$

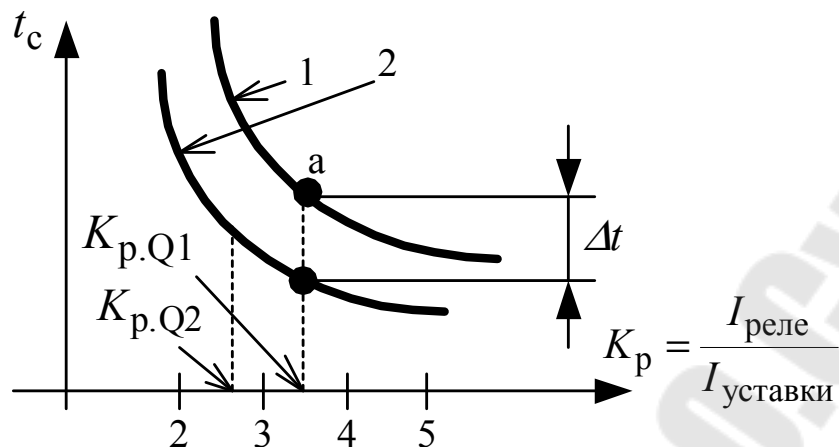


Рис.2.4. Выбор характеристик индукционных реле тока для обеспечения селективности защит

6. По характеристике 2 (рис. 2.4), построенной по результатам измерений, определяем время срабатывания защиты АК2 – t_{Q2} .

7. Определяем K_{pQ1} по току I_{cpQ1}

$$K_{pQ1} = \frac{I_{cpQ1}}{I_{сраб.релеQ1}}, \quad (2.7)$$

где $I_{сраб.релеQ1}$ – ток срабатывания индукционного органа реле Q1. Его необходимо выбрать таким, чтобы K_{pQ1} находилось в пределах 3-4.

8. Прибавив к времени срабатывания защиты АК2, определенному для значения K_{pQ1} , ступень селективности $\Delta t = 0,5 - 0,7$ с, определяем точку *a*, лежащую на характеристике АК1.

9. Найденная точка *a* дает возможность выбрать характеристику реле АК1 по типовым характеристикам реле.

3. Описание лабораторного стенда

На лицевой панели стенда (рис. 2.6) расположены два индукционных реле РТ-80 с выведенными контактами и обмотками реле, кнопки управления стендом. В стенд вмонтированы автотрансформатор, понижающий трансформатор, трансформатор тока, электрический секундомер и амперметр.

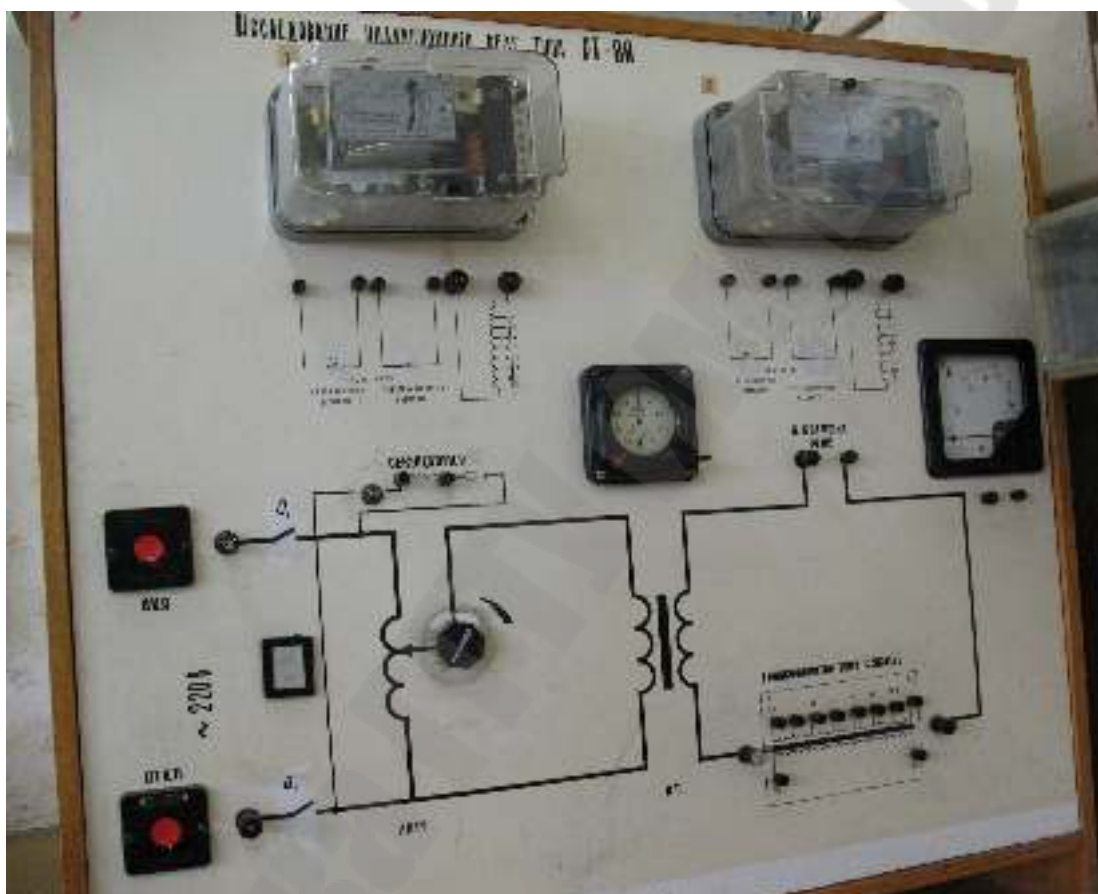


Рис.2.5. Внешний вид лабораторного стенда

4. Порядок выполнения работы

Предупреждение: *Во избежание повреждения испытуемых реле запрещается трогать алюминиевый диск руками.*

1. Ознакомьтесь с конструкцией и принципом действия и разновидностями индукционных реле тока (пп. 2.1 и 2.2). Списать паспортные данные испытуемого реле. Начертить схему внутренних соединений реле.

2. На лабораторном стенде собрать схему для снятия электрических характеристик реле (рис. 2.6). Номер испытуемого реле соответствует номеру бригады (табл. 2.6).

3. Для четырех значений контактной колодки 15 на шкале токов определить действительный ток срабатывания $I_{уст}$, ток возврата $I_{в}$ и коэффициент возврата $K_{в}$. Полученные данные занести в таблицу 2.2.

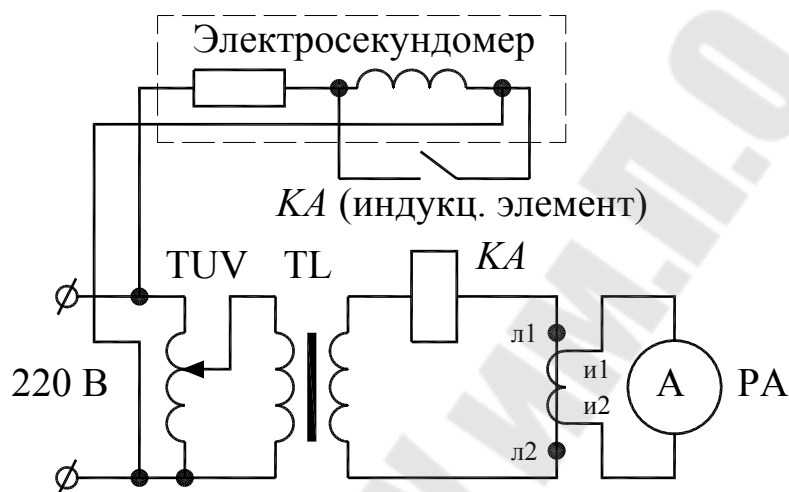


Рис. 2.6. Схема испытания индукционного реле тока типа РТ-80

Установить на шкале минимальный ток уставки $I_{уст. min}$ и повысить ток в реле до его срабатывания (до момента сцепления червяка с зубчатым сегментом), отмечая при этом показания амперметра. Это и будет ток срабатывания индукционного элемента реле $I_{ср. инд.эл.}$. Затем, несколько увеличив ток, медленно уменьшать его до тех пор, пока не произойдет расцепление червяка с зубчатым сегментом и отмечают в этот момент показания амперметра. Это и будет ток возврата $I_{в. инд.эл.}$. Измерения производить для четырех значений уставок (до $I_{уст. max}$). На основании полученных данных определить коэффициент возврата $K_{в}$.

Таблица 2.1

Измеряемая величина	Номера опытов			
	1	2	3	4
$I_{уст}$				
$I_{ср.инд.эл}$				
$I_{в.инд.эл}$				
$K_B = \frac{I_{в.инд.эл}}{I_{ср.инд.эл}}$				

4. Установить на реле значения тока срабатывания и выдержку времени в зависимой части характеристики (см. варианты заданий в табл. 2.6). Вывести отсечку из работы путем помещения в зазор немагнитного клина.

Схема включается под напряжение и в реле устанавливается ток, равный току срабатывания индукционного элемента. После этого стенд отключается кнопкой и включается электрический секундомер РТВ тумблером SA. При повторном включении стенда кнопкой начинает работать секундомер и при замыкании контактов реле он останавливается. По показанию секундомера определяется время срабатывания реле и результаты измерений заносятся в таблицу 2.2.

Стенд отключить и тумблером SA отключить секундомер. Включить стенд и увеличить ток через реле на 1 А. Опыт проводится аналогично описанному выше в п.4.

Ток в реле в последующих опытах увеличивается на величину 1А до тех пор, пока выдержка времени реле станет неизменной.

Таблица 2.2.

Измеряемая и вычисленная величина	Номера опытов				
	1	2	3	4	5
Ток, проходящий по обмоткам реле I_p , А					
$I_{уст}$, А					
Кратность тока по отношению к заданному току срабатывания $K_p = I_p / I_{уст}$					
Время срабатывания $t_{ср}$, с					
Уставка времени, t_p , с					

5. По полученным результатам при заданной уставке срабатывания и выведенной отсечке построить ампер-секундную характеристику реле $t_{ср} = f(K_p)$ и сравнить ее с заводской.

6. При двухкратном значении тока в реле по отношению к току уставки индукционного органа ($K_p = 2$) произвести 5 раз измерение времени и определить разброс времени срабатывания. Результаты измерения занести в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

№ опыта	1	2	3	4	5
$I_{уст}, A$					
$t_{уст}, c$					
Измеренное время срабатывания реле, с					
Разброс времени срабатывания					

7. Удалить из зазора немагнитный клин. Установить кратность токовой отсечки в соответствии с заданием (см. варианты заданий в табл. 2.5).

Включить стенд. Повысить ток до величины срабатывания электромагнитного элемента реле. Медленно снижая ток, измерить ток возврата электромагнитного элемента реле. Результаты измерения занести в таблицу 2.5.

Таблица 2.4

Уставка кратности отсечки	
Уставка индукционного элемента $I_{уст.инд.эл}, A$	
Ток срабатывания отсечки $I_{ср.отс}, A$	
Ток возврата отсечки $I_{возвр.отс}, A$	
Коэффициент возврата электромагнитного элемента $K_{в.эм}$	

Указания к проведению работы

1. В течение времени, пока производится регулировка тока, проходящего в цепи обмотки реле, эту обмотку следует соединять накоротко для того, чтобы она не находилась длительно под большим током.

2. Изменение уставок реле путем переключения установочным винтом различных витков обмоток электромагнита должно производиться при отключенной или замкнутой накоротко обмотке реле.

Если изменение уставки требуется производить с включенной в токовую цепь обмоткой реле, то вначале должен быть ввинчен второй установочный винт в гнездо, соответствующее новой уставке, а затем вывинчен винт из гнезда старой уставки и ввернут в холостое гнездо.

7. Варианты заданий

Таблица 2.5

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
№ испытуемого реле	1	2	1	2	1	2	1	2
Ток уставки реле, А	4	5	6	7	8	7	5	8
Время срабатывания, с	4	3	2	1	1	2	3	4
Кратность токовой отсечки	3	3	4	4	2	3	4	2

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2, А (СТЕНД)

Испытание максимальной токовой защиты с применением индукционного токового реле

1. Цель работы: Изучить устройство и принцип действия индукционных реле тока, а также особенности их применения в МТЗ.

2. Порядок выполнения работы:

1. Изучить устройство и принцип действия индукционных реле тока (пп. 2.1 и 2.2).

2. Списать паспортные данные реле.

3. Зарисовать схему испытания реле (рис. 2.1, а).

4. Начертить таблицу испытаний реле.

Прогноз: как влияет на ток срабатывания индукционного реле изменение количества витков обмотки?

5. Собрать схему рис. 2.1, а. Рычажок тумблера SA15 должен быть внизу и после проверки её преподавателем приступить к выполнению лабораторной работы. Проверить токи срабатывания на указанных уставках. Для этого включить тумблер SA5, перевести PR1 в крайнее левое положение, V1 покажет некоторое начальное напряжение.

6. Включить SA6 и, медленно увеличивая PR1, следить за показанием A9, для расширения предела которого использовать его кнопку.

7. Определить ток начала работы реле (диск начинает вращаться) $I_{н.р}$, А. Продолжая увеличивать ток в обмотке реле, с помощью ТРН засечь ток срабатывания $I_{ср}$ (зубчатый сектор входит в зацепление), по окончании отсчета загорается HL5. Затем уменьшить его до величины отпускания катушки $I_{вр}$.

ВНИМАНИЕ! Не допускать случаев, когда по какой-либо причине реле находится в состоянии срабатывания электромагнитного элемента более 5 сек и при замыкании контактов от привода реле времени более 2сек. Между экспериментами делать паузы 1мин.

8. Рассчитать коэффициент возврата реле.

$$K_{\text{в}} = I_{\text{вр}} / I_{\text{ср}} \quad (2.1, \text{ а})$$

9. Результаты опытов занести в таблицу 2.1, а.

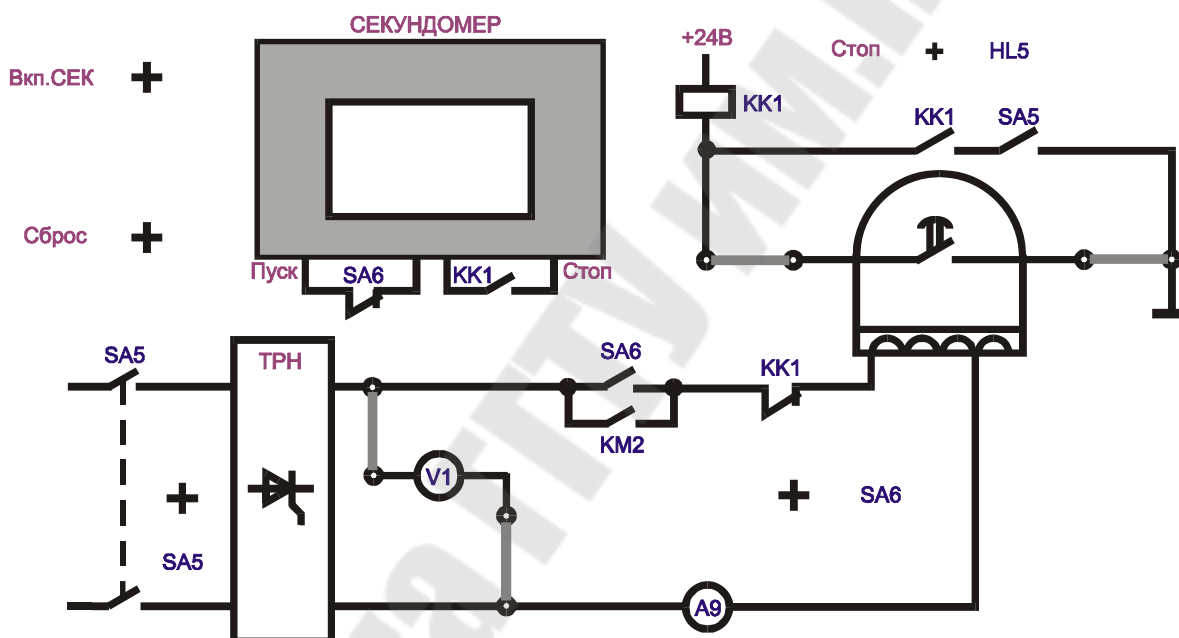


Рис. 2.1, а. Схема испытания реле РТ-80

Таблица 2.1, а

№ опыта	$I_{ср.}$ по уставке, А	Опытные данные			
		$I_{ср.}$, А	$I_{в.р.}$, А	K_B	Ток начала работы реле $I_{н.р.}$, А
1					
...					
5					

10. Сравнить опытные данные с ответом на вопрос прогноза. Прогноз: как влияет на ток срабатывания отсечки воздушный зазор между якорем и электромагнитом? Дать письменный ответ.

11. Установить максимальную уставку по времени. Уставку индукционного элемента реле установить минимальной. Изменяя воздушный зазор между якорем и электромагнитом, определить токи срабатывания электромагнитного элемента реле (отсечки). Для этого после включения ТРН вывести PR1 в крайнее левое положение, после чего замкнуть SA6 и увеличивая ток при помощи PR1 следить за показанием А9, пока не сработает электромагнитный элемент (*рекомендуется слегка придерживать поворотный механизм пальцами чтобы исключить зацепление зубчатого сектора с червяком*).

Рекомендации: перед началом эксперимента переключить катушку реле на 6-ой контакт (что соответствует току 0,3А. Установить ток в катушке 0,6А (2In). Придерживая пальцами поворотный механизм, поворачивать регулировочный винт воздушного зазора электромагнитного элемента до тех пор, пока он не сработает. Отключить SA5. Зазор отрегулирован. Теперь можно проводить измерения для остальных отводов катушки.

12. Повторить опыт на другом значении уставки индукционного элемента реле (по заданию преподавателя). Результаты опытов данные занести в таблицу 2.2, а.

Таблица 2.2, а

Ток уставки индукционного элемента реле, А	Кратность уставки отсечки	Ток срабатывания электромагнитного элемента, А	Примечание
1			
...			
5			

13. Собрать схему рис. 2.1, а и после проверки её преподавателем приступить к выполнению лабораторной работы. Установить ус-

тавку индукционного элемента реле. Якорь электромагнитного элемента реле закрепить до замыкания его контактов. Снять 5-10 точек зависимости времени срабатывания реле от тока в обмотке реле.

14. Включить ТРН тумблером SA5 и замкнуть SA6, установить при помощи PR1 некоторый ток I_p , после чего разомкнуть SA6. Произвести сброс секундомера при помощи кнопки SB3. Затем вновь подать напряжение на реле тумблером SA6. При этом пойдёт отсчёт времени срабатывания реле при установленном токе в его катушке. Когда реле сработает, загорится HL5, время на индикаторе зафиксируется, а цепь, подающая напряжение на катушку заблокируется контактом контрольного реле КК1. Чтобы вернуть схему в исходное состояние, необходимо отключить тумблеры SA5 и SA6. Для повторения эксперимента необходимо вновь включить тумблер SA5, произвести сброс показаний секундомера и включить тумблер SA6. Далее увеличить ток и проделать вышеуказанные операции.

Результаты опытов занести в таблицу 2.3, а.

Таблица 2.3, а

№ опыта	Кратность тока $I_p/I_{уставки}$	Время срабатывания, сек
1		
2		
...		
9		
10		

По данным таблицы 2.3, а построить характеристику $t_c = f(I_p/I_{уст})$.

3. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схема для снятия характеристик реле.
3. Таблицы измерений и расчетов.
4. По результатам измерений построить Ампер-секундную характеристику реле.
5. Выводы о пригодности реле к эксплуатации.
6. Построить карту селективности для схемы рис. 2.4, если мощность S соответствует номеру бригады в МВА, $S_2 = 2S_1$, напряжение сети 10 кВ.

4. Контрольные вопросы

1. Устройство реле РТ-80?
2. Принцип действия реле РТ-80
3. Назовите основные элементы реле типа РТ-80.
4. Как получается зависимая характеристика реле РТ-80?
5. Под действием каких сил происходит вращение рамки с диском?
6. Работа индукционного элемента реле и его назначение?
7. Как регулируются параметры срабатывания реле РТ-80 в зависимой и независимой частях характеристики?
8. Работа отсечки (электромагнитного элемента) реле.
9. Как производится изменение тока срабатывания токовой отсечки реле?
10. Каковы основные достоинства и недостатки реле типа РТ-80?
11. Назначение постоянного магнита в реле?
12. Назначение короткозамкнутых витков электромагнита реле?
13. Преимущества применения в схемах защиты реле РТ-80 по сравнению с РТ-40?
14. Зависимость времени срабатывания реле от тока в обмотке реле?
15. Как обеспечивается селективность МТЗ при применении индукционных реле?
16. Когда время действия реле РТ-80, работающего в зависимой части характеристики больше: при введенной или при выведенной отсечке?
17. Почему характеристики реле РТ-80, заданные кривыми $I = f(I_p/I_{уст})$ сохраняются? Почему характеристики остаются неизменными при одной и той же кратности тока в цепи обмотки для различных уставок $I_{сп}$?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

РЕЛЕ МОЩНОСТИ

1. Цель работы. Ознакомление с назначением, конструкцией, принципом действия и методами испытания реле мощности.

2. Краткая теория

2.1. Назначение реле мощности

Реле мощности применяются в различных устройствах релейной защиты для определения знака мощности при коротких замыканиях. Они могут выполняться в виде реле на индукционном принципе или в виде устройств с использованием полупроводниковых элементов.

2.2. Конструкция, принцип действия и испытание индукционных реле мощности

Для изготовления реле мощности типа РБМ-170 (рис. 3.1, *а*) используют четырехполюсную магнитную систему 1. Для уменьшения магнитного сопротивления системы между полюсами магнитопровода помещается неподвижный цилиндрический стальной сердечник 2. Подвижным элементом системы является выполненный из алюминия полый цилиндрический ротор 3, боковые стенки которого расположены в зазоре между стальным сердечником 2 и полюсами магнитной системы. Ротор вращается на оси, связанной с подвижной частью контакта 4. Начальное положение ротора зафиксировано пружиной (на рисунке не показана). Реле имеет две обмотки: обмотку тока и обмотку напряжения. Токовая обмотка размещается на двух противоположных полюсах, а обмотка напряжения – непосредственно на самом магнитопроводе (рис. 3.1, *б*). При этом магнитный поток Φ_i , созданный током I_p , проходящим по токовой обмотке, и магнитный поток Φ_u , обусловленный напряжением U_p на зажимах обмотки напряжения, оказываются сдвинутыми между собой в пространстве на угол 90° . При построении векторной диаграммы реле (рис. 3.1, *в*) за исходные величины приняты напряжение \underline{U}_p и отстающий от него на угол φ_p ток \underline{I}_p . Ток в обмотке напряжения \underline{I}_u оказывается сдвинутым по отношению к напряжению \underline{U}_p на угол φ_u . Величина и знак этого угла определяются характером сопротивления обмотки напряжения. При чисто индуктивном сопротивлении $\varphi_u = 90^\circ$. У реле типа РБМ сопро-

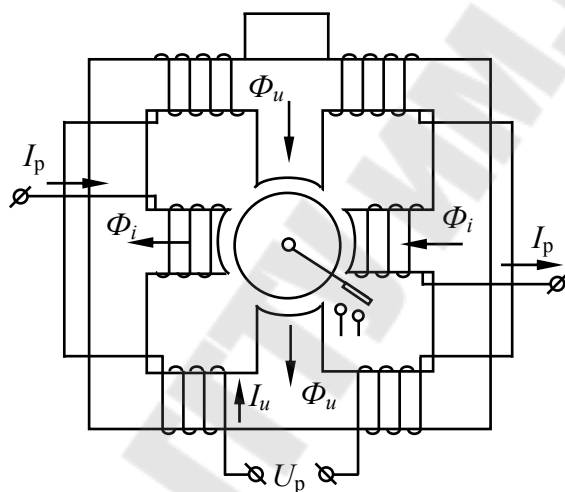
тивление обмотки напряжения таково, что значение угла φ_u (естественный угол) обычно составляет 65° . Угол α дополняет его до 90° , т. е.

$$\alpha + \varphi_u = 90^\circ.$$

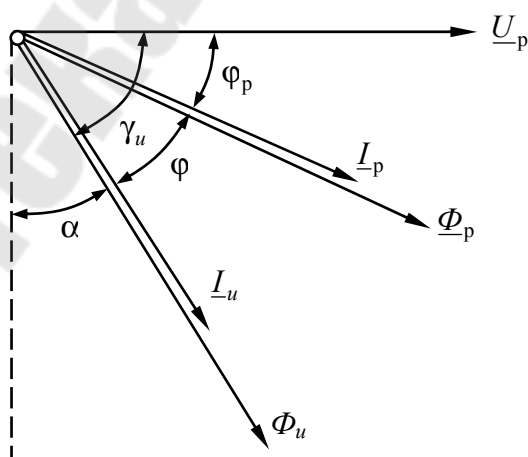
Если пренебречь потерями в стали и размагничивающим действием тока ротора, то магнитные потоки Φ_i и Φ_u оказываются совпадающими по фазе с вызвавшими их токами соответственно \underline{I}_p и \underline{I}_u .

Вращающий момент индукционного реле пропорционален произведению магнитных потоков Φ_i , Φ_u на синус угла между ними, т. е.

$$M_{вр} = k' \cdot \Phi_i \cdot \Phi_u \cdot \sin \varphi.$$



а)



б)

Рис. 3.1. Индукционное реле мощности типа РБМ:
а – принципиальная схема реле, б – векторная диаграмма

При отсутствии насыщения магнитной системы поток Φ_i будет пропорционален току в последовательной обмотке I_p , а поток Φ_u пропорционален току I_u в обмотке напряжения, тогда:

$$M_{вр} = k \cdot I_p \cdot U_p \cdot \sin \varphi.$$

Из векторной диаграммы:

$$\varphi = 90^\circ - (\varphi_p + \alpha).$$

Тогда

$$M_{вр} = k \cdot I_p \cdot U_p \cdot \sin[90^\circ - (\varphi_p + \alpha)] = k \cdot I_p \cdot U_p \cdot \cos(\varphi_p + \alpha).$$

Это выражение момента реле *смешанного типа*. Из него следует, что при $\cos(\varphi_p + \alpha) > 0$ момент будет положительным, а при $\cos(\varphi_p + \alpha) < 0$ – отрицательным. Максимальное значение положительного момента наступает при $\cos(\varphi_p + \alpha) = 1$, т. е. при $\varphi_p = -\alpha$. Угол φ_p , при котором положительный вращающий момент максимален, называется *углом максимальной чувствительности* $\varphi_{м.ч.макс}$.

Таким образом, угол $\varphi_{м.ч.макс}$ всегда равен по величине и противоположен по знаку дополнительному углу, т. е. $\varphi_{м.ч.макс} = -\alpha$.

Реле РБМ выпускаются с углом α , равным $+30^\circ$; $+45^\circ$ и -70° . Реле с различными углами α и соответственно с различными углами максимальной чувствительности $\varphi_{м.ч.макс}$ получают путем изменения угла φ_u . Для этого последовательно с обмоткой напряжения реле включается добавочное активное или емкостное сопротивление.

Изменить направление тока в обмотке можно путем перемены местами ее концов в схеме включения реле. Таким образом, для того чтобы реле мощности действовало при КЗ на защищаемом элементе, его обмотки должны быть включены так, чтобы при направлении мощности КЗ от шин в линию вращающий момент реле был положительным. Для этого концы обмоток маркируются так, что при произвольно принятом начале одной из обмоток за начало второй принимается тот ее конец, при котором вращающий момент реле получает положительное значение (реле срабатывает) при угле максимальной чувствительности, указываемом заводом. Однополярные зажимы обозначаются на заводе звездочками.

Устройство реле мощности типа РБМ приведено на рис.3.2. Выпускаются также реле РБМ двухстороннего действия (например, реле РБМ-271). Реле имеет два разомкнутых контакта: один из них замыкается при положительном вращающем моменте, а второй - при отрицательном вращающем моменте.

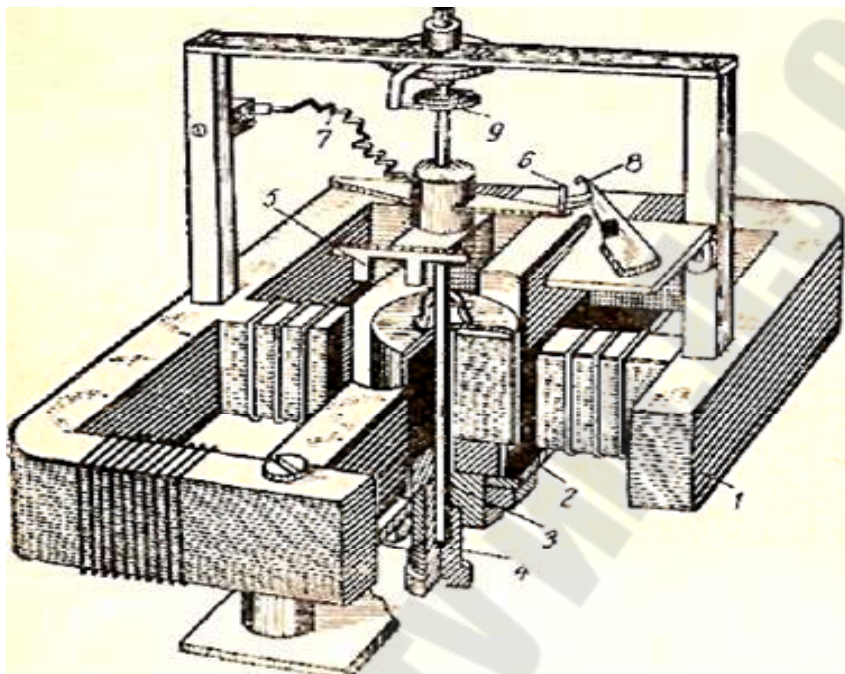


Рис 3.2. Устройство реле мощности типа РБМ:

1 – магнитная система; 2 – цилиндрический алюминиевый ротор; 3 – ось реле; 4 – подпятник оси; 5 – ограничитель хода; 6 – подвижная часть контакта; 7 – токоподвод; 8 – неподвижная часть контакта; 9 – пружина

Индукционные реле типов РБМ имеют большие размеры и значительные мощности, потребляемые обмотками. Так, например, мощность, потребляемая токовой обмоткой при номинальном токе реле, достигает 10 В·А, а обмоткой напряжения – 40 В·А. В этом заключаются основные недостатки индукционных реле.

2.2.2. Проверка электрических характеристик реле мощности

Проверка электрических характеристик реле производится по схеме (рис. 3.3). При сборке схемы следует обращать внимание на включение реле и фазометра: токи в их обмотках должны совпадать и быть направлены от "начала" обмоток к их "концам". Для проверки отсутствия витковых замыканий в обмотках тока и напряжения следует определить мощность, потребляемую обмотками реле при номи-

нальных данных: обмотки тока при $I_p = 5 \text{ A}$, обмотки напряжения при $U_p = 100 \text{ В}$.

$$S_u = U_{\text{ном}} \cdot I_u; \quad S_i = I_{\text{ном}} \cdot U_i.$$

Полученные результаты сравниваются с каталожными величинами мощности (табл. 3.1) (расхождение допустимо на 10...12 %).

Таблица 3.1

Каталожные данные реле типа РБМ

Тип реле	Угол макс. чувствительности, град.	Мощность срабатывания реле, В·А – при токе 5 А	Потребление, В·А	
			цепи тока	цепи напряжения
РБМ-177/1	70	3	10	35
РБМ-178/1	70	1	10	90

Существенным недостатком рассматриваемой конструкции реле мощности является возможность появления самохода. Самоходом называется возникновение дополнительного вращающего момента, а, следовательно, и перемещение подвижной системы реле при наличии питания только одной обмотки, когда основной вращающий момент отсутствует.

Различаются: самоход от тока (например, при обрывах цепи напряжения) и самоход от напряжения (например, при отсутствии тока на защищаемой линии). Причиной возникновения дополнительного момента является асимметрия магнитной системы. При идеально выполненном реле, когда воздушный зазор между всеми полюсами и сердечником одинаковый и сердечник расположен точно в центре, магнитная система симметрична и самоход отсутствует. Направление момента, обусловленного самоходом, может быть как в сторону замыкания контактов, так и в сторону размыкания их. В первом случае самоход может привести к ложному действию защиты (например, при близком расположении места КЗ на смежном участке, когда $U_p = 0$, а знак мощности КЗ – от линии к шинам). Во втором случае вследствие загробления реле возможен отказ в действии защиты.

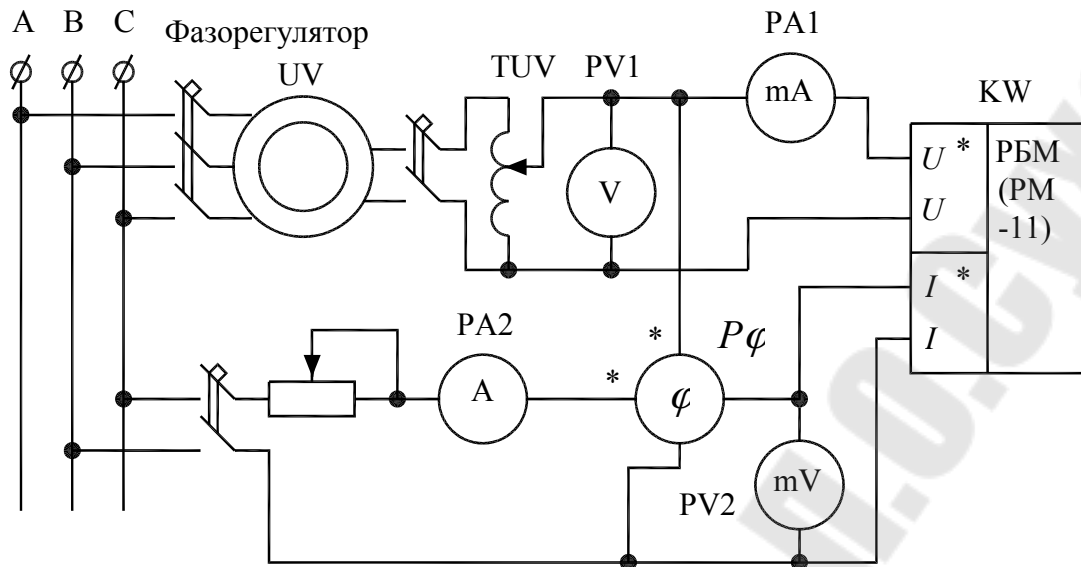


Рис. 3.3. Схема испытания реле мощности

Самоход у реле должен быть устранен или сведен к минимуму. Устранение самохода производится поворотом стального сердечника вокруг его оси. Сердечник имеет срез, с помощью которого можно выравнивать величину магнитного сопротивления, сведя к минимуму асимметрию магнитной системы.

Проверка самохода от тока производится при подаче на реле тока, равного максимальному току КЗ при повреждении на смежном участке.

Проверка самохода от напряжения производится при подведении к обмотке напряжения 110 В.

Порядок проверки зоны действия реле, определения угла максимальной чувствительности и проверка однополярных зажимов производится по схеме (рис. 3.3) в следующем порядке:

- реле включается на номинальный ток и напряжение (5А и 100 В).
- с помощью фазорегулятора изменяют угол сдвига фаз между подведенными к реле током и напряжением в пределах $0 - 360^\circ$ и $360^\circ - 0$.

При этом по фазометру фиксируют значения углов, при которых контакты реле замыкаются и размыкаются (φ_{p1} , φ_{p2} , φ_{p3} , φ_{p4}).

- принимая за исходный вектор напряжения U_p , производят построение линии нулевых моментов.

Линия максимальных моментов проводится перпендикулярно линии нулевых моментов и совпадает, как видно на рис. 3.4, с направлением биссектрисы угла, который может быть найден графически или из выражения:

$$\varphi = 360^\circ - \varphi_{p2} + \varphi_{p4}.$$

Угол $\varphi_{мч}$, определяющий направление линии максимальных моментов, вычисляется:

$$\varphi_{мч} = \frac{\varphi}{2} - \varphi_{p4}.$$

Полученная угловая характеристика должна совпадать с характеристикой завода-изготовителя (при этом маркировка однополярных зажимов считается правильной).

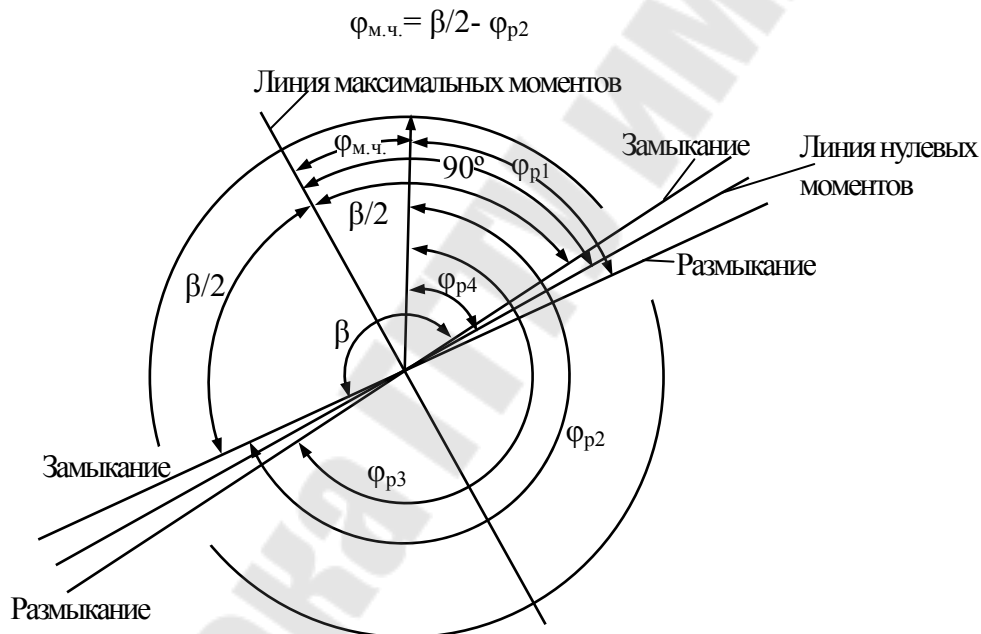


Рис.3.4. Определение угла максимальной чувствительности $\varphi_{мч}$

При проверке реле определяется его мощность срабатывания $S_{ср}$, В·А при номинальном токе в обмотке реле ($I_p = I_{ном}$) и угле максимальной чувствительности $\varphi_p = \varphi_{мч}$.

$$S_{ср} = I_{ном} \cdot U_{мин},$$

где $U_{мин}$ – минимальное напряжение, подводимое к реле, при котором реле срабатывает.

Коэффициент возврата реле определяется из выражения:

$$K_B = \frac{S_B}{S_{cp}},$$

где $S_B = I_{ном} \cdot U_{max}$,

U_{max} – максимальное напряжение, подводимое к реле, при котором происходит возврат реле.

2.2.3. Последовательность испытания индукционных реле мощности

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом работы проверяемого реле мощности, списать паспортные данные реле, составить схему внутренних соединений реле.

2. Собрать схему для проверки реле (рис. 3.3).

3. Измерить мощность, потребляемую обмотками реле при номинальных данных (ток – 5А, напряжение – 100В). Сравнить полученные результаты с величинами, указанными в каталоге.

4. Проверить наличие у реле самохода от тока (при токе 10 А) и самохода от напряжения (при $U_p = 100$ В).

5. Установить в цепи $I_p = I_{ном}$ и $U_p = U_{ном}$, определить зону действия реле. По данным опыта построить угловую характеристику реле, указав на ней зону работы реле, зону действия, линию максимальных моментов, линию изменения знака мощности и угол максимальной чувствительности. Определить отклонение полученного значения угла $\varphi_{мч}$ от значения, указанного заводом.

6. В цепь напряжения последовательно включить дополнительное сопротивление (последовательно с обмоткой напряжения реле 7-8). Выставить сопротивление, соответствующее номеру бригады. По данным опыта построить угловую характеристику реле, указав на ней зону работы реле, зону действия, линию максимальных моментов, линию изменения знака мощности и угол максимальной чувствительности. Далее определить отклонение полученного значения угла $\varphi_{мч}$ от значения, указанного заводом, аналогично п. 5.

7. Проверить состояние контактов реле при условиях: $I_p = I_{ном}$; $U_p = U_{ном}$. По состоянию контактов убедиться, что маркировка однополярных зажимов выполнена правильно.

8. Определить мощность срабатывания реле, для чего при $I_p = I_{\text{ном}}$ и, плавно увеличивая напряжение, подводимое к реле, зафиксировать значение минимального напряжения, при котором реле замыкает контакты. Уменьшая напряжение, определить мощность, при которой контакты реле размыкаются. По данным опыта определить коэффициент возврата реле K_v .

9. Составить протокол проверки реле по следующей форме:

ПРОТОКОЛ проверки реле мощности типа.....

1. Потребление:

Цепь тока при номинальном токе ... А. $S = \dots В \cdot А$.

Цепь напряжения при номинальном напряжении ... В. $S = \dots В \cdot А$.

2. Самоход проверен при токе ... А, при напряжении ... В.

3. Зона действия реле снималась при токе ... А и напряжении ... В.

При $\varphi_p = 0 \dots 360^\circ$ контакты реле разомкнулись при $\varphi_{p1} = \dots^\circ$ и замкнулись при $\varphi_{p2} = \dots^\circ$.

При изменении угла от 360° до 0 контакты реле разомкнулись при $\varphi_{p3} = \dots^\circ$ и замкнулись при $\varphi_{p4} = \dots^\circ$. Угол $\varphi = 360^\circ - \varphi_{p2} + \varphi_{p4} = 360^\circ - \dots^\circ + \dots^\circ$.

4. Угол $\varphi_{\text{мч}} = \varphi/2 - \varphi_{p4} = \dots^\circ$. Отклонение угла $\varphi_{\text{мч}}$ от заводских данных \dots° . При токе $I_p = I_{\text{ном}}$, напряжении $U_p = U_{\text{ном}}$.

$\varphi_p = \varphi_{\text{мч}}$ контакты реле

5. Мощность срабатывания реле ... В·А при токе ... А, напряжении ... В и угле $\varphi_p = \dots$.

Коэффициент возврата реле $K_v = \dots$.

2.3. Конструкция, принцип действия и методы испытания реле мощности типа РМ11

Технические данные реле. Ток срабатывания реле не превышает значения $0,05I_n$ при условии, если значение величины входного напряжения находится в пределах от утроенного значения напряжения срабатывания до $1,15U_n$, а угол между входными величинами равен характеристическому.

Напряжение срабатывания реле типа РМ-11 не превышает значения $0,25 В$ при условии, если значение величины входного тока на-

ходится в пределах от $0,15I_H$ до $30I_H$, а угол между входными величинами равен характеристическому.

Коэффициент возврата по току (напряжению) при номинальном напряжении (токе) и характеристическом угле: реле типа РМ11 - 0,6.

В реле отсутствует «самоход» от входного тока (срабатывание при подаче входного тока до $30I_H$ и отсутствии входного напряжения) и «самоход» от входного напряжения (срабатывание при подаче напряжения до $1,15U_H$ и отсутствии входного тока).

Реле имеют два выходных органа – с повышенным быстродействием (обозначение контакта 1KL1) и с повышенной коммутационной способностью (обозначение контактов 2KL1 и 2KL2).

Время срабатывания реле с повышенным быстродействием – не более 0,03 с, а реле с повышенной коммутационной способностью – не более 0,05 с при условиях:

для реле типа РМ11 – 0,75 В и I_H или $0,15I_H$ и U_H .

Мощность, потребляемая реле во входных цепях тока при I_H – не более 0,5 В·А. Мощность, потребляемая реле во входных цепях напряжения при U_H – не более 3,0 В·А.

Таблица 3.2

Обозначение типоразмера	Величина характеристического угла ϕ_x при U_H и I_H , град *	Номинальные величины		Характеристика питания постоянный оперативный ток напряжение, В
		ток I_H , А	напряжение, U_H , В	
РМ 11-18-1	- 30 ± 5 и - 45 ± 5	5	100	110 или 220
РМ 11-18-2	- 30 ± 5 и - 45 ± 5	5	100	-

Примечание: * Отрицательный характеристический угол – ток опережает напряжение; положительный – ток отстаёт от напряжения.

Большинство радиоэлементов схемы установлено на печатных платах, которые закреплены на основной несущей скобе. На боковой стенке скобы установлен входной трансформатор цепей напряжения, а в реле РМ11-11-2, РМ11-18-2 также выпрямительные мосты.

Выходной орган с повышенным быстродействием установлен на печатной плате. Выходной орган с повышенной коммутационной способностью установлен на цоколе.

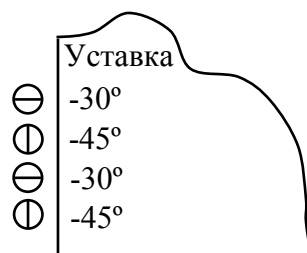


Рис.3.5. Пример выставления характеристического угла (- 30°) для реле РМ11

Трансформатор тока всех типоразмеров установлен на цоколе. В реле типоразмеров РМ11-11-2, РМ11-18-2 на цоколе установлен также трансформатор блока питания.

На печатной плате реле типа РМ11 слева от лицевой платы имеется 4 переключателя для выставления характеристического угла (схема переключения указана на рис. 3.5).

На лицевой плате указана схема подключения реле.

2.3.2. Испытание реле мощности типа РМ11

1. Перед включением в работу убедитесь в отсутствии в реле дефектов, которые могли появиться при нарушении правил транспортирования и хранения.

Затем на лицевой плате реле произвести необходимые переключения уставок: для реле типа РМ11 выставить необходимый характеристический угол (рис. 3.5) в соответствии с вариантом задания (табл. 3.3).

Переключение уставок производится следующим образом:

Отвертку вставьте в шлиц головки соответствующего переключателя, легко надавите на нее до упора, поверните так, чтобы шлиц показывал на соответствующую цифру уставки на лицевой плате и отпустите головку переключателя, которая должна остаться вдавленной в корпус переключателя.

2. Произвести испытание реле по пунктам 1-9 настоящей лабораторной работы (п. 2.2.3).

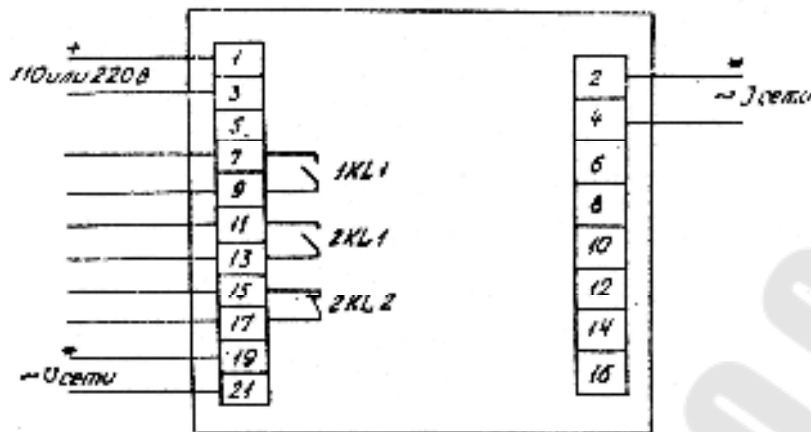


Рис. 3.6. Схема электрических подключений реле РМ11-11-1, РМ11-18-11KL – орган с повышенным быстродействием; 2KL – орган с повышенной коммутационной способностью контактов; * – однополярные зажимы

Таблица 3.3

Варианты заданий

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
Ф _{м.ч} для реле РМ11	-30°	-45°	-30°	-45°	-30°	-45°	-30°	-45°

4. Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Схема внутренних соединений реле РБМ и схема электрических подключений реле РМ11.
3. Схема испытания реле мощности.
4. Векторные диаграммы реле мощности РБМ и реле РМ11 с определением угла максимальной чувствительности реле.
5. Протоколы поверки реле мощности.
6. Заключение о годности испытуемых реле мощности к эксплуатации.

5. Контрольные вопросы

1. Назначение реле мощности.
2. Схема подключения индукционного реле для защиты линии.
3. Схема подключения реле РМ11 для защиты линии.
4. Что такое самоход индукционных реле мощности?
5. Каким образом устраняется самоход у индукционных реле мощности?

6. В чем заключается понятие угла максимальной чувствительности реле?
7. Способы регулировки угла максимальной чувствительности реле.
8. С какой целью указывается маркировка однополярных выводов обмоток реле?
9. С какой целью определяется величина потребления обмоток тока и напряжения?
10. Будет ли срабатывать реле мощности при трехфазном КЗ в начале защищаемой линии?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА В СХЕМАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

1. **Цель работы.** Ознакомление с принципом действия, условиями работы трансформаторов тока и схемами соединения обмоток трансформаторов тока и обмоток реле, используемых в схемах релейной защиты.

2. Краткая теория

При выполнении защиты элементов электрических систем могут быть использованы различные схемы соединений обмоток трансформаторов тока и токовых обмоток реле. Выбор схемы определяется её назначением (от каких видов КЗ предусмотрена защита), требованием чувствительности, необходимостью экономить количество реле и трансформаторов тока. При определении параметров защиты (тока срабатывания и чувствительности) необходимо учитывать коэффициент схемы:

$$K_{сх} = \frac{I_p}{I_{2ТТ}}, \quad (4.1)$$

где I_p – ток в реле, А;

$I_{2ТТ}$ – ток во вторичной обмотке трансформатора тока, А.

Для максимальных токовых защит выбор тока срабатывания реле рассчитывается по выражению:

$$I_{с.р} = \frac{K_H \cdot K_{сзп} \cdot I_{н.мах}}{K_B \cdot K_I}, \quad (4.2)$$

где $K_H = 1,1 \dots 1,2$ – коэффициент надёжности, учитывающий погрешность реле и переходные режимы; $K_{сзп} = 1,5 \dots 2$ – коэффициент самозапуска нагрузки; $K_B = 0,8$ – коэффициент возврата реле, учитывающий его конструктивные особенности; K_I – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Эффективность каждой схемы определяется коэффициентом чувствительности, представляющим собой отношение тока при КЗ попадающего в обмотку реле к току срабатывания реле:

$$K_{ч} = \frac{I_{р.кз}}{I_{с.р}}$$

Назначение и принцип действия ТТ

Трансформаторы тока служат:

1. для разделения (изоляции) первичных и вторичных цепей,
2. для приведения величины тока к уровню удобному для измерения (номинальный ток вторичной обмотки ТТ равен 1А или 5А). Номинальные токи первичной обмотки ТТ могут быть: 5, 10, 15, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000 А.

Трансформаторы тока предназначены для питания:

- измерительных приборов (амперметров, токовых обмоток счетчиков и др.);
- цепей релейной защиты.

Схема включения трансформатора тока ТА показана на рис. 4.1, а. Трансформатор тока состоит из стального сердечника и двух обмоток: первичной – с числом витков w_1 и вторичной – с числом витков w_2 . Часто ТТ изготавливаются с двумя и более сердечниками (кернами). В таких конструкциях первичная обмотка является общей для всех сердечников (рис. 4.1, д). Первичная обмотка имеет несколько витков или один виток и включается последовательно в цепь того элемента, в котором производится измерение тока или подключаются устройства РЗ. К вторичной обмотке, имеющей большое число витков, подключаются последовательно соединенные измерительные приборы и токовые катушки реле защиты.

Для правильного соединения ТТ между собой и подключения к ним реле мощности, ваттметров и счетчиков, выводы обмоток ТТ обозначаются (маркируются) заводами-изготовителями следующим образом (рис. 4.1, а): начало первичной обмотки – L_1 , начало вторичной обмотки – I_1 конец первичной обмотки – L_2 , конец вторичной обмотки – I_2 . При монтаже ТТ их располагают так, чтобы начала первичных обмоток L_1 были обращены в сторону шин, а концы L_2 – в сторону защищаемого оборудования.

При маркировке обмоток ТТ за начало вторичной обмотки I_1 принимается тот ее вывод, из которого ток выходит, если в этот момент в первичной обмотке ток проходит от начала L_1 к концу L_2 , как показано на рис. 4.1, а. При включении реле КА по этому правилу, ток в реле при включении его через ТТ сохраняет то же направление, что и при включении непосредственно в первичную цепь.

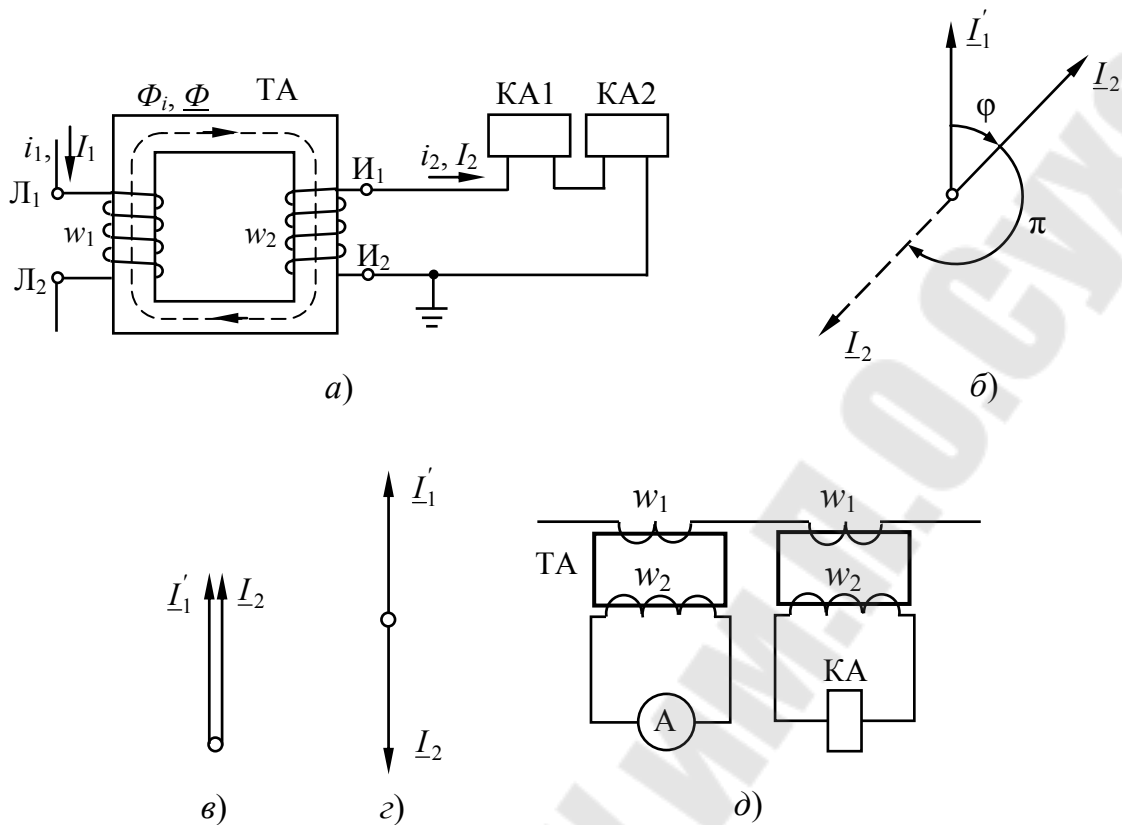


Рис. 4.1. Схемы включения ТТ (а, д) и векторная диаграмма токов (б, в, з); а – с одним сердечником; д – с двумя сердечниками

Ток, проходящий по первичной обмотке ТТ, называется первичным и обозначается i_1 , а ток во вторичной обмотке называется вторичным и обозначается i_2 . Ток i_1 создает в сердечнике ТТ магнитный поток $\underline{\Phi}_1$, который индуцирует во вторичной обмотке вторичный ток i_2 , также создающий в сердечнике магнитный поток $\underline{\Phi}_2$, но направленный противоположно магнитному потоку $\underline{\Phi}_1$. Результирующий магнитный поток в сердечнике $\underline{\Phi}_0$, согласно закону полного тока, равен:

$$\underline{\Phi}_0 = \underline{\Phi}_1 - \underline{\Phi}_2. \quad (4.3)$$

Магнитный поток $\underline{\Phi}_1$ зависит не только от значения создающего его тока, но и от количества витков обмотки, по которой этот ток проходит. Произведение тока на число витков называется магнитодвижущей силой и выражается в ампервитках. Поэтому, выражение (4.3) можно заменить выражением:

$$\underline{F}_{\text{нам}} = \underline{F}_1 - \underline{F}_2 = \underline{I}_1 w_1 - \underline{I}_2 w_2 = \underline{I}_{\text{нам}} w_1, \quad (4.4)$$

где $I_{\text{нам}}$ – ток намагничивания, являющийся частью первичного тока. Он обеспечивает результирующий магнитный поток в сердечнике.

Разделив все члены выражения (4.4) на w_2 , получим:

$$I_{\text{нам}}(w_1/w_2) = I_1(w_1/w_2) - I_2. \quad (4.5)$$

Поскольку при значениях первичного тока, близких к номинальному, ток намагничивания не превышает 0,5-2 % номинального тока, то в этих условиях можно с некоторым приближением считать $I_{\text{нам}} = 0$. Тогда из выражения (4.4) следует:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{w_2}{w_1} = K_{I_B}. \quad (4.6)$$

Отношение витков $w_2/w_1 = K_{I_B}$ называется витковым коэффициентом трансформации ТТ. Отношение номинального первичного тока к номинальному вторичному току называется номинальным коэффициентом трансформации:

$$\frac{I_{1\text{ном}}}{I_{2\text{ном}}} = K_I. \quad (4.7)$$

Номинальные коэффициенты трансформации указываются на щитках ТТ, а также на схемах в виде дроби, в числителе которой – номинальный первичный ток, а в знаменателе – номинальный вторичный ток, например: 600/5 или 1000/1.

В нормальном режиме ТТ, вторичная обмотка которых замкнута на малое сопротивление токовых обмоток приборов и реле, работают в режиме близком к короткому замыканию.

Из условий безопасности персонала при пробое изоляции между первичной и вторичной обмотками вторичные обмотки ТТ тока должны быть обязательно заземлены. Заземление вторичных цепей ТТ выполняется в одной точке на ближайшей к ним клеммной сборке.

Погрешности трансформаторов тока. Коэффициент трансформации ТТ не является строго постоянной величиной и из-за погрешностей первичные и вторичные токи могут отличаться от номинальных значений. Погрешности ТТ зависят главным образом от кратности первичного тока по отношению к номинальному току первичной обмотки и от нагрузки, подключенной к вторичной обмотке.

При увеличении нагрузки или тока выше определенных значений погрешность возрастает и ТТ переходит в другой класс точности.

Для измерительных приборов погрешность относится к зоне нагрузочных токов $(0,2 - 1,2)I_{\text{ном}}$. Эта погрешность именуется классом точности и может быть равна 0,2; 0,5; 1,0; 3,0.

Требования к работе ТТ, питающих релейную защиту, существенно отличаются от требований к ТТ, питающим измерительные приборы. Если ТТ, питающие измерительные приборы, должны работать точно в пределах своего класса при токах нагрузки, близких к номинальному току, то ТТ, питающие релейную защиту, должны работать с достаточной точностью при прохождении токов КЗ, значительно превышающих номинальный ток ТТ. Для цепей релейной защиты выпускаются трансформаторы тока класса Р или Д (для дифференциальных защит), в которых не нормируется погрешность при малых токах. В настоящее время выпускаются ТТ классов 10Р и 5Р, погрешность которых нормируется во всем диапазоне токов.

ПУЭ [1] требуют, чтобы ТТ, предназначенные для питания релейной защиты, имели погрешность не более 10 %. Более высокая погрешность допускается в отдельных случаях, когда это не приводит к неправильным действиям релейной защиты. Погрешности возникают вследствие того, что действительный процесс трансформации в ТТ происходит с затратой мощности, которая расходуется на создание в сердечнике магнитного потока, перемагничивание стали сердечника (гистерезис), потери от вихревых токов и нагрев обмоток.

При размыкании цепи вторичной обмотки ТТ, он превращается в повышающий трансформатор, резко возрастает ток намагничивания и при достаточном уровне первичного тока, индукция в сердечнике ТТ достигает насыщения. Вследствие насыщения сердечника ТТ при синусоидальном первичном токе магнитный поток в сердечнике будет иметь несинусоидальную форму. Поэтому ЭДС во вторичной обмотке, пропорциональная скорости изменения магнитного потока, будет очень велика и может превышать 1000 В, что опасно для обслуживающего персонала и для межвитковой изоляции ТТ. Кроме появления опасного напряжения на разомкнутой вторичной обмотке, может иметь место повышенный нагрев стального сердечника из-за больших потерь в стали магнитопровода (так называемый «пожар стали»). Это не только может привести к повреждению изоляции, но и к увеличению погрешностей ТТ вследствие остаточного намагни-

чивания сердечника. На точность работы ТТ влияет не только нагрузка, но и величина первичного тока.

Различают следующие виды погрешностей ТТ:

Токовая погрешность или погрешность в коэффициенте трансформации, определяется как арифметическая разность первичного тока, поделенного на номинальный коэффициент трансформации I_1/K_I , и измеренного (действительного) вторичного тока:

$$\Delta I = \frac{I_1}{K_I} - I_2. \quad (4.8)$$

Токовая погрешность вычисляется в %:

$$f = \frac{\Delta I}{I_1 K_I} 100. \quad (4.9)$$

Угловая погрешность определяется как угол δ сдвига вектора вторичного тока I_2 относительно вектора первичного тока I_1 и считается положительной, когда I_2 опережает I_1 .

Полная погрешность – ε определяется как выраженное в процентах отношение действующего значения разности мгновенных значений первичного и вторичного токов к действующему значению первичного тока.

При синусоидальных первичном и вторичном токах: $\varepsilon \sim I_{\text{нам}}$. Из рассмотренного следует, что причиной возникновения погрешностей у ТТ является прохождение тока намагничивания, т. е. тока, который создает в сердечнике ТТ рабочий магнитный поток, обеспечивающий трансформацию первичного тока во вторичную обмотку. Чем меньше ток намагничивания, тем меньше погрешности ТТ.

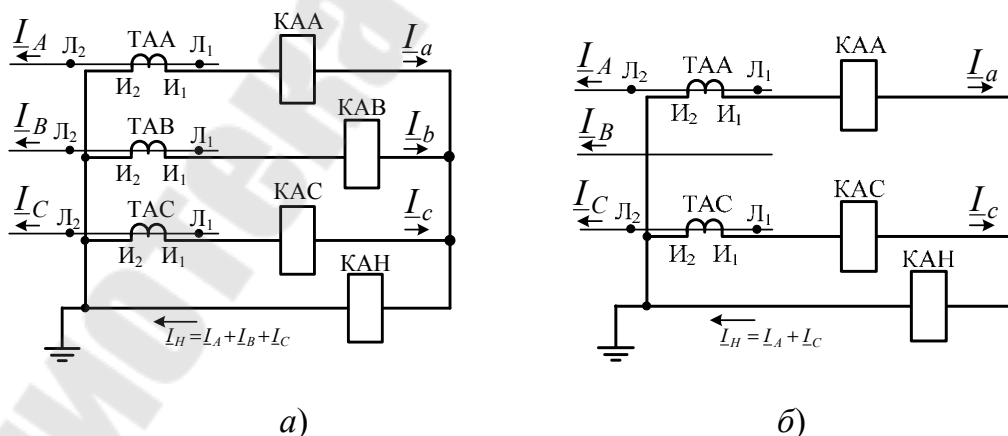
Условиями, определяющими погрешности ТТ, являются: отношение, т. е. кратность, первичного тока, проходящего через ТТ, к его номинальному току и величина нагрузки, подключенной к его вторичной обмотке.

Для увеличения допустимой вторичной нагрузки применяют ТТ с номинальным током вторичной обмотки 1 А вместо 5 А. Одноамперные ТТ могут нести нагрузку в 25 раз больше, чем пятиамперные, имеющие такие же конструктивные параметры и тот же номинальный ток первичной обмотки. Конечно, потребляемая мощность аппаратуры при этом остается прежней, и ее сопротивление также увеличивается в 25 раз, однако получается существенный выигрыш за счет воз-

возможности применять длинные кабели с жилами небольшого сечения. По этой причине ТТ со вторичными токами 1А нашли применение, в основном, на мощных подстанциях сверхвысокого напряжения, где требуется прокладывать длинные кабели для организации токовых цепей. В сетях напряжением 6...35 кВ, как правило, применяются пятиамперные ТТ, которые упрощают конструкцию за счет того что требуется наматывать в 5 раз меньшее количество витков.

Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока. В трехфазной сети для подключения реле и измерительных приборов вторичные обмотки ТТ соединяются в различные схемы. Наиболее распространенные из них приведены на рис. 4.2.

На рис. 4.2, а дана схема соединения в звезду, которая применяется для включения защиты от всех видов однофазных и междуфазных КЗ. На рис. 4.2, б – схема соединения в неполную звезду, используемая для включения защиты от междуфазных КЗ в сетях с изолированной нейтралью. На рис. 4.2, в – схема соединения в треугольник, используемая для получения разности фазных токов (например, для включения дифференциальной защиты трансформатора). На рис. 4.2, г – схема соединения на разность токов двух фаз (неполный треугольник), которая используется для включения защиты от междуфазных КЗ, так же как схема на рис. 4.2, б и применяется для защиты электродвигателей. На рис. 4.2, д – схема соединения на сумму токов всех трех фаз (фильтр токов нулевой последовательности), используемая для включения защиты от однофазных КЗ на землю.



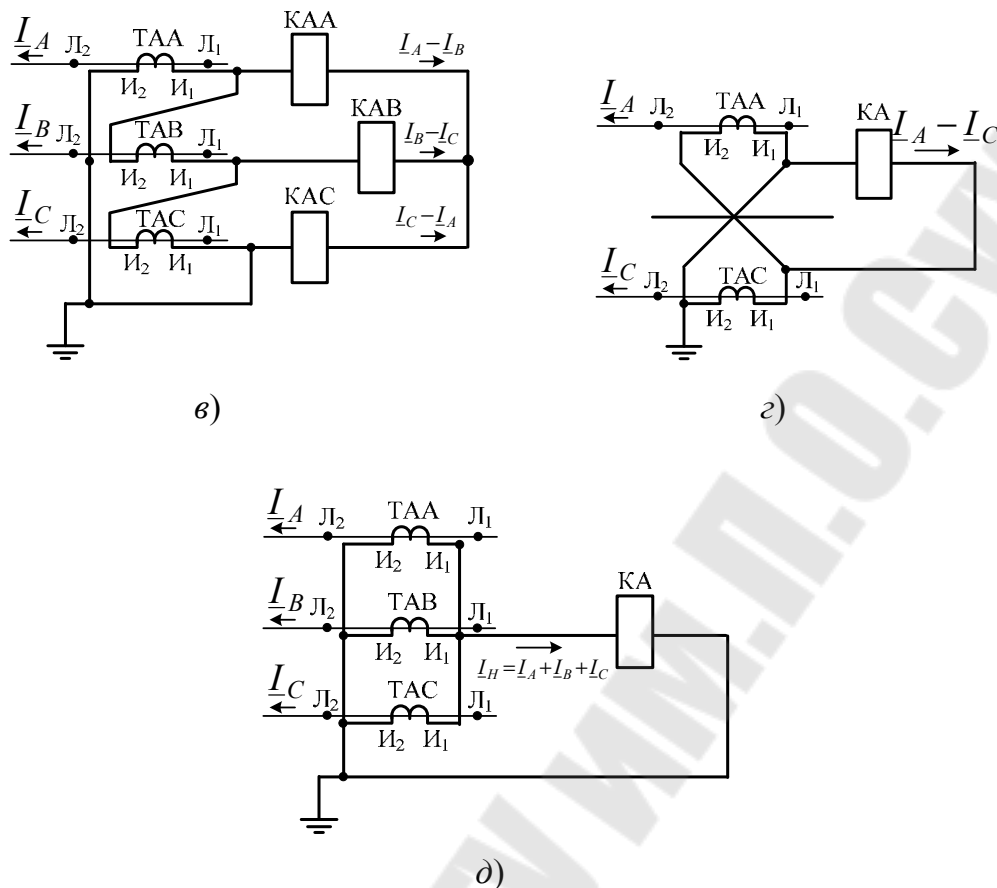


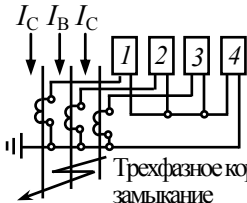
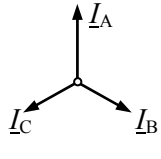

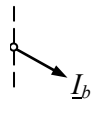
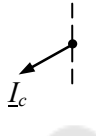
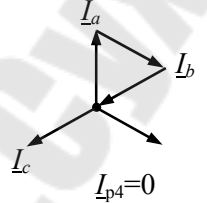
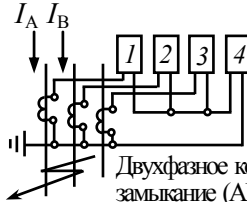
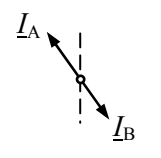

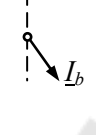
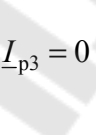
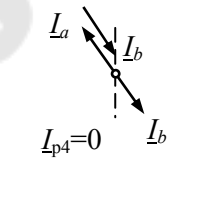
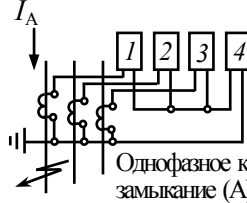
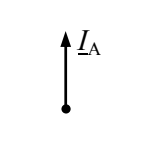

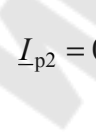
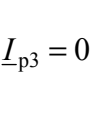
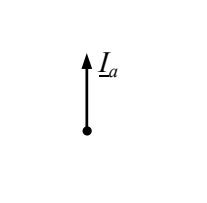
Рис. 4.2. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и реле

Отношение тока, проходящего через реле защиты I_p к фазному току трансформаторов тока I_ϕ называется коэффициентом схемы $K_{cx} = I_p / I_\phi$. Для схем полной и неполной звезды (рис. 4.2, а, б) $K_{cx} = 1$. Для полного и неполного треугольника (рис. 4.2, в, з) $K_{cx} = \sqrt{3}$.

Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле в полную звезду (рис. 4.2, а)

Эта схема соединения выполняется тремя реле и тремя трансформаторами тока, установленными во всех фазах защищаемого элемента. Вторичные обмотки ТТ и обмотки реле соединяются в полную звезду. При этом в нулевую точку должны быть объединены одноименные выводы, например, концы И1 или И2 вторичных обмоток всех трех ТТ.

Таблица 4.1

Поврежденные фазы, вид короткого замыкания	Токи в фазе	Токи в реле			
		1	2	3	4
		I_{p1}	I_{p2}	I_{p3}	$I_{p4} = I_a + I_b + I_c$
 <p>Трехфазное короткое замыкание</p>					 <p>$I_{p4} = 0$</p>
 <p>Двухфазное короткое замыкание (AB)</p>				 <p>$I_{p3} = 0$</p>	 <p>$I_{p4} = 0$</p>
 <p>Однофазное короткое замыкание (A)</p>			 <p>$I_{p2} = 0$</p>	 <p>$I_{p3} = 0$</p>	

ТТ выбираются с одинаковыми коэффициентами трансформации K_I и одного класса точности. Провод, соединяющий нулевую точку ТТ и нулевую точку обмоток реле, называется нулевым проводом.

Ток, протекающий в реле 4 равен:

$$I_{p4} = I_a + I_b + I_c.$$

В табл. 4.1 приведены векторные диаграммы токов в защищаемом элементе и в реле при различных видах КЗ. Из этой таблицы следует:

1. При всех видах КЗ токи повреждения протекают во всех или части реле 1, 2, 3, поэтому защита реагирует на все виды КЗ.
2. Ток в реле 4 протекает только при КЗ на землю
3. Так как токи в реле 1, 2, 3 равны вторичным фазным токам, то коэффициент схемы $K_{сх} = 1$.

Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле в неполную звезду (рис. 4.2, б)

Обычно для схем неполной звезды используют ТТ, установленные фазах А и С. В табл. 4.2 показано токораспределение в обмотках реле и построены векторные диаграммы токов при различных видах КЗ и построены векторные диаграммы токов при различных видах КЗ.

Из таблицы 4.2 следует:

1. Схема неполной звезды реагирует на все виды междуфазных КЗ. В связи с этим схема применяется только для защит, действующих при междуфазных повреждениях.

2. В симметричных режимах через реле 1, 2, 3 проходят вторичные фазные токи, поэтому $K_{сх} = 1$.

3. Ток в нулевом проводе проходит не только при замыканиях на землю, но и при междуфазных КЗ, а также при нормальной работе:

$$I_{p3} = I_a + I_c.$$

Таблица 4.2

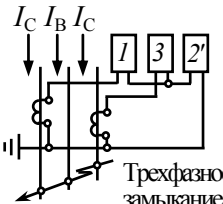
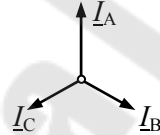

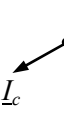
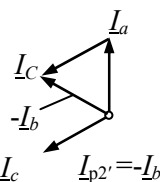
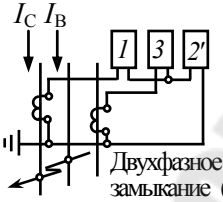
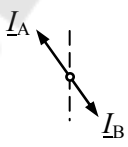


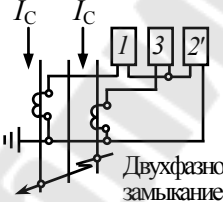
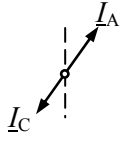

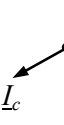
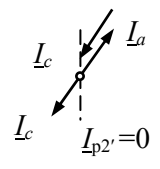
Поврежденные фазы, вид короткого замыкания	Токи в фазе	Токи в реле		
		1	2	2'
		I_{p1}	I_{p3}	$I_{p2'} = I_a + I_c$
 <p style="text-align: center;">Трехфазное короткое замыкание</p>				
 <p style="text-align: center;">Двухфазное короткое замыкание (АВ)</p>			<p style="text-align: center;">$I_{p3} = 0$</p>	
 <p style="text-align: center;">Двухфазное короткое замыкание (АС)</p>				

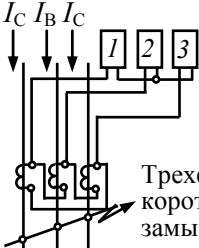
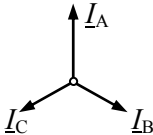
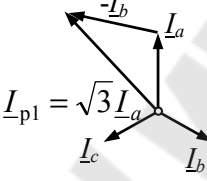
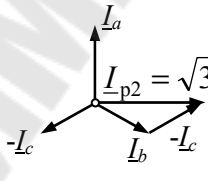
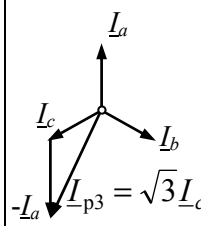
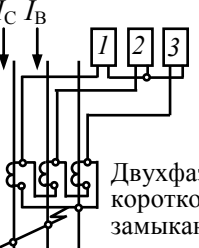
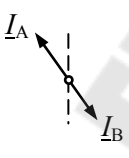
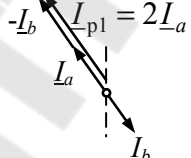
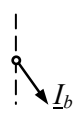
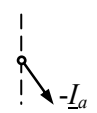
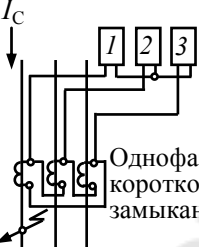

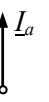

Схема соединения трансформаторов тока в треугольник, а обмоток реле в полную звезду (рис. 4.2, в)

В схеме используется три ТТ и три реле. При такой схеме соединения в каждом реле протекает ток, равный геометрической разности токов двух фаз:

$$I_{p1} = I_a - I_b; \quad I_{p2} = I_b - I_c; \quad I_{p3} = I_c - I_a.$$

В таблице 4.3 показано токораспределение в обмотках реле.

Таблица 4.3

Поврежденные фазы, вид короткого замыкания	Токи в фазах	Токи в реле		
		1	2	3
		$I_{p1} = I_a - I_b$	$I_{p2} = I_b - I_c$	$I_{p3} = I_c - I_a$
 <p>Трехфазное короткое замыкание</p>		 <p>$I_{p1} = \sqrt{3} I_a$</p>	 <p>$I_{p2} = \sqrt{3} I_b$</p>	 <p>$I_{p3} = \sqrt{3} I_c$</p>
 <p>Двухфазное короткое замыкание (АВ)</p>		 <p>$I_{p1} = 2 I_a$</p>		
 <p>Однофазное короткое замыкание (А)</p>			<p>$I_{p2} = 0$</p>	

Из таблицы 4.3 следует:

1. Схема реагирует на все виды КЗ.
2. В нормальном режиме и при трехфазном КЗ ток в обмотках реле 1, 2, 3, в $\sqrt{3}$ раз больше фазного тока. В связи с этим коэффициент схемы $K_{сх} = \sqrt{3}$.

3. Соотношения между токами в реле и фазными токами зависят от вида КЗ, поэтому защита будет обладать различной чувствительностью в зависимости от вида КЗ.

Схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле на разность токов двух фаз (рис. 4.2, з)

Для выполнения схемы вторичные обмотки ТТ соединяются разноименными выводами. К ТТ присоединяются реле так, что по его обмотке протекает ток равный геометрической разности фазных токов:

$$I_{p1} = I_a - I_c.$$

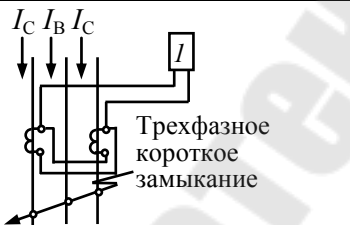
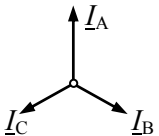
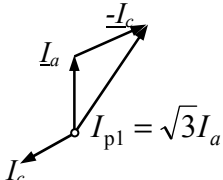

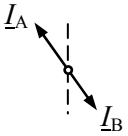

В таблице 4.4 показаны токи в обмотке реле и построены векторные диаграммы токов при различных видах КЗ.

Из таблицы 4.4 следует:

1. Схема защиты реагирует на все виды междуфазных КЗ.
2. В нормальном режиме и при трехфазном КЗ в обмотке реле протекает ток в $\sqrt{3}$ раз больше фазного тока, поэтому коэффициент схемы $K_{сх} = \sqrt{3}$.

3. Соотношение между токами в реле и фазными токами зависят от вида КЗ, поэтому защита имеет различную чувствительность в зависимости от вида КЗ.

Таблица 4.4

Поврежденные фазы, вид короткого замыкания	Токи в фазах	Токи в реле
		1
		$I_{p1} = I_a - I_c$
 <p>Трехфазное короткое замыкание</p>		 <p>$I_{p1} = \sqrt{3}I_a$</p>
 <p>Двухфазное короткое замыкание (AB)</p>		

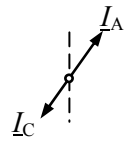
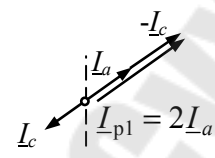
Поврежденные фазы, вид короткого замыкания	Токи в фазах	Токи в реле
		1
		$I_{p1} = I_a - I_c$
 <p>Трехфазное короткое замыкание (AC)</p>		

Схема соединения трансформаторов тока в фильтр тока нулевой последовательности

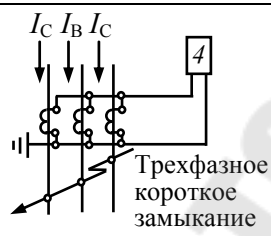
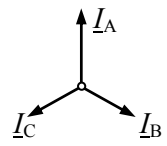
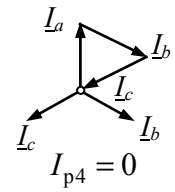
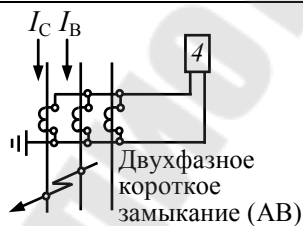
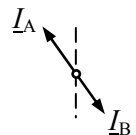
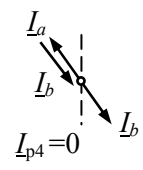
Для выполнения схемы вторичные обмотки ТТ соединяются параллельно одноименными выводами. К точкам присоединения обмоток подключается обмотка реле (рис. 4.2, д). При принятом направлении токов, ток в реле равен:

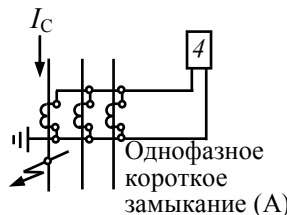

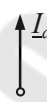
$$I_p = I_a + I_b + I_c.$$

Из таблицы 4.5 видно:

1. Схема реагирует на токи нулевой последовательности и поэтому может быть использована для защит, действующих при КЗ на землю.

Таблица 4.5

Поврежденные фазы, вид короткого замыкания	Токи в фазах	Токи в реле
		4
		$I_{p4} = I_a + I_b + I_c$
 <p>Трехфазное короткое замыкание</p>		
 <p>Двухфазное короткое замыкание (AB)</p>		

Поврежденные фазы, вид короткого замыкания	Токи в фазах	Токи в реле
		4
		$I_{p4} = I_a + I_b + I_c$
 <p>Однофазное короткое замыкание (А)</p>	 <p>I_A</p>	 <p>I_a</p>

3. Описание лабораторного стенда

В стенде (рис. 4.3) смонтированы ТТ, приборы, необходимые для производства измерений, коммутационная и сигнальная аппаратура. Соединение схем производится проводами соответствующего сечения при отключенном стенде. При сборке схемы необходимо помнить, что при измерениях вторичная обмотка неиспользуемого ТТ должна быть замкнута.

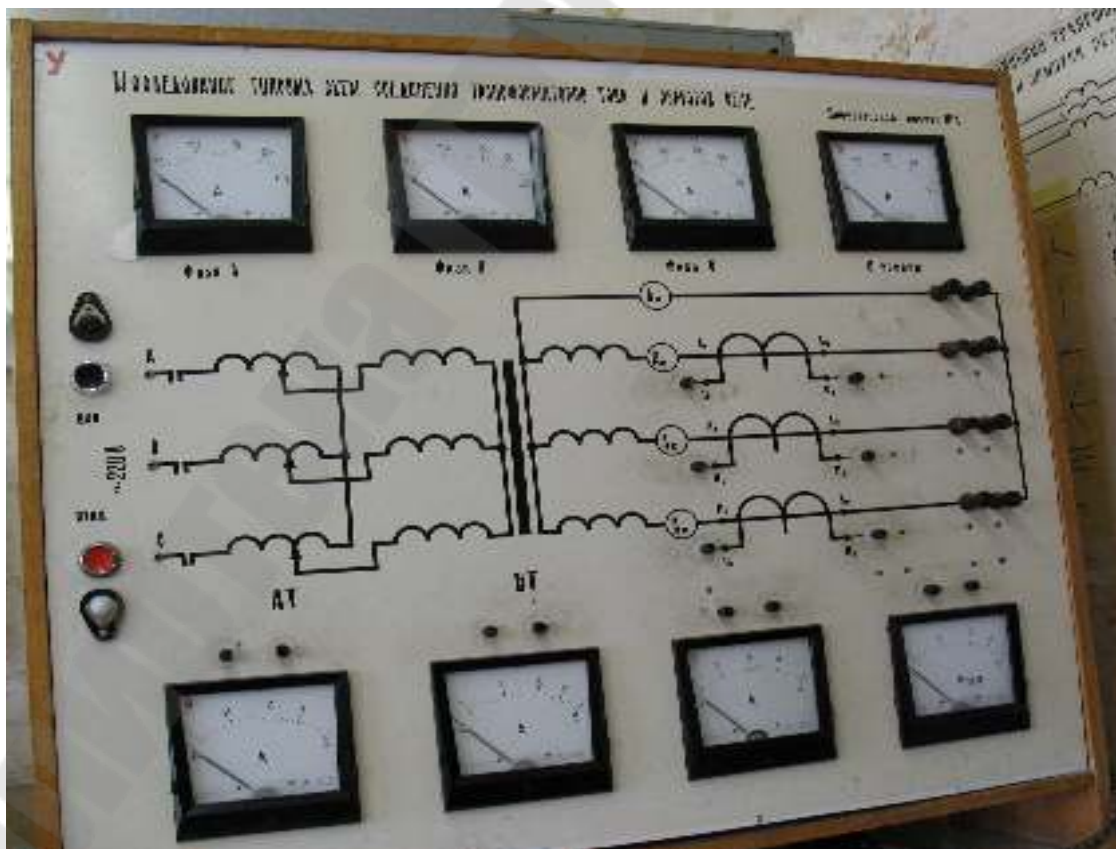


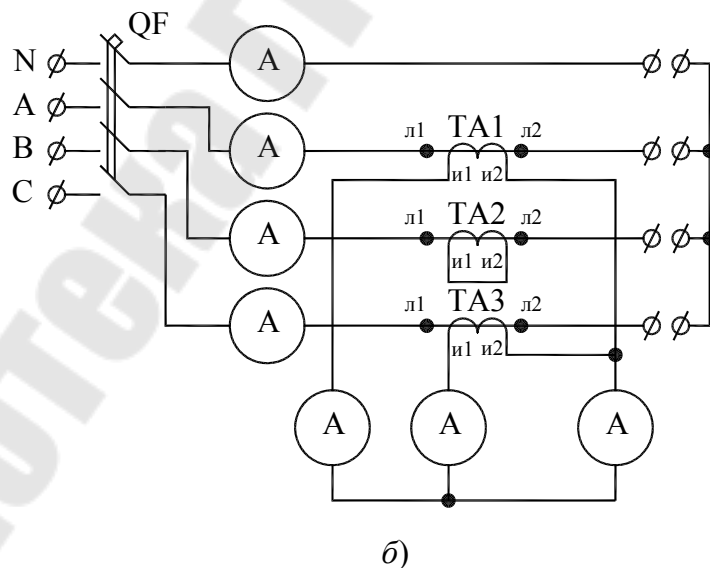
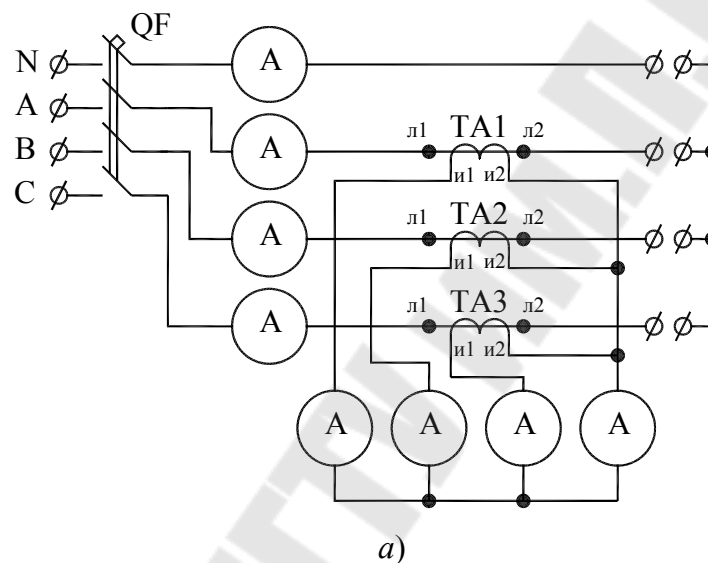
Рис.4.3. Внешний вид лабораторного стенда

4. Задание на работу

1. Ознакомиться с принципом действия и условиями работы ТТ в схемах РЗА.

2. Собрать поочередно все схемы, представленные на рис. 4.4, рис. 4.5. Для каждой схемы, имитируя различные виды КЗ, произвести запись показаний приборов в таблицу 4.6.

Примечание. С целью определения $K_{сх}$ при различных видах повреждений обмотки реле заменены амперметрами, указывающими вторичные токи.



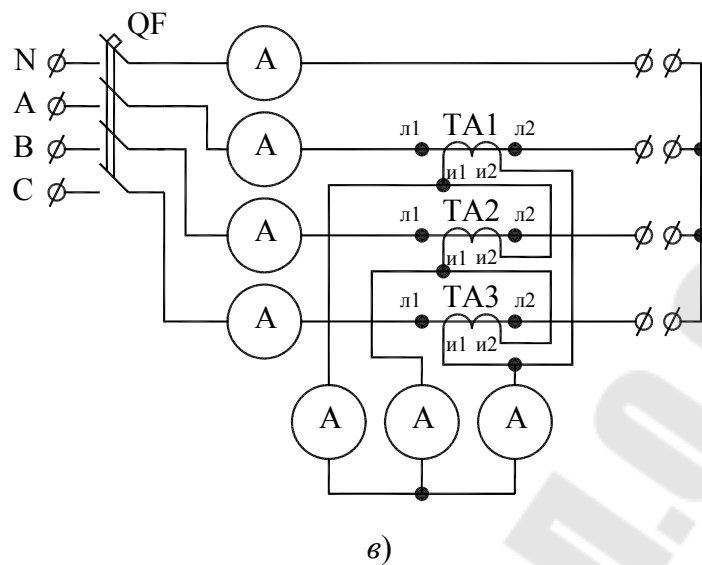


Рис.4.4. Схемы испытаний

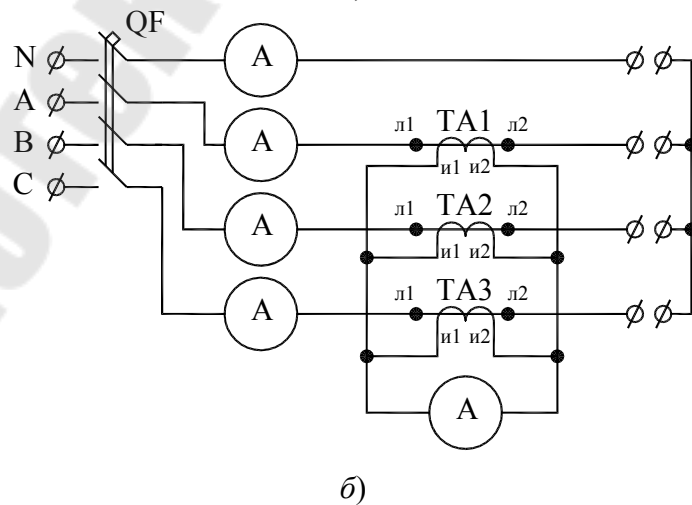
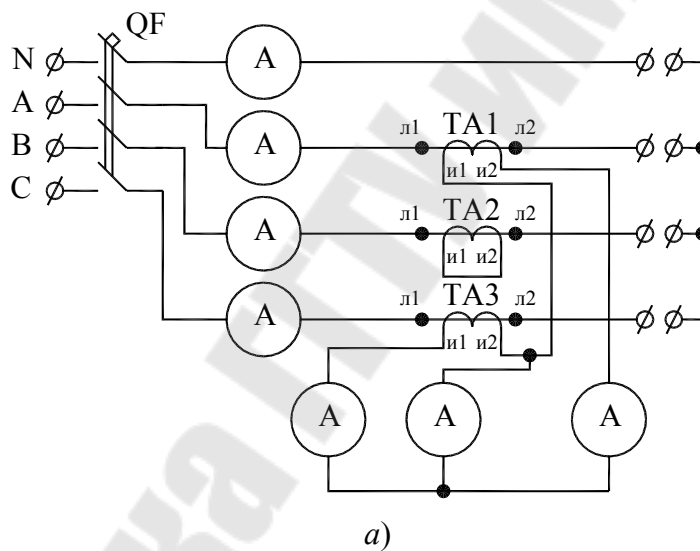


Рис. 4.5. Схемы испытаний

Таблица 4.6

Вид КЗ	Название схемы								Коэффициент схемы
	Показания приборов								
	В первичных цепях				Во вторичных цепях				
	А	В	С	О	а	б	с	о	

3. С помощью векторных диаграмм, приведенных в таблицах 4.1-4.6 для всех видов КЗ, проверить правильность полученных результатов. На диаграммах выделить векторы токов, проходящих по обмоткам реле.

4. По данным показаний приборов для каждой схемы определить коэффициент схемы $K_{сх}$, соответствующий определенному виду КЗ. (табл.4.6)

Таблица 4.7

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
№ схемы	4, а	4, б	4, в	4, г	4, д	4, а	4, б	4, г
Первичный ток, А при $K^{(3)}$	14	15	16	17	18	19	20	22

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. а (Стенд)

СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И ОБМОТОК РЕЛЕ

1. Цель работы: Ознакомление со схемами соединения вторичных обмоток трансформаторов тока, используемых в устройствах релейной защиты и автоматики и обмоток реле.

2. Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с принципом действия и условиями работы ТТ в схемах РЗА.

2. Ознакомиться с аппаратурой установленной на стенде.

3. Собрать поочередно все схемы, представленные на рис. 4.1.1 а – 4.1.1. д.

После проверки преподавателем собранной схемы, замкнуть тумблер SA1, амперметры PA1 - PA4 покажут первичный ток цепи, а

амперметры PA5 - PA8 токи вторичных цепей. Переключателем SA2 можно установить вид короткого замыкания в первичной цепи.

4. Для каждой схемы, имитируя различные виды коротких замыканий, произвести запись показаний всех приборов в таблице 4.1.1.

5. По данным показаний приборов для каждой схемы определить величину $K_{сх}$ соответствующего определённому виду короткого замыкания.

6. Определить чувствительность токовой защиты при различных схемах её выполнения и различных видах коротких замыканий.

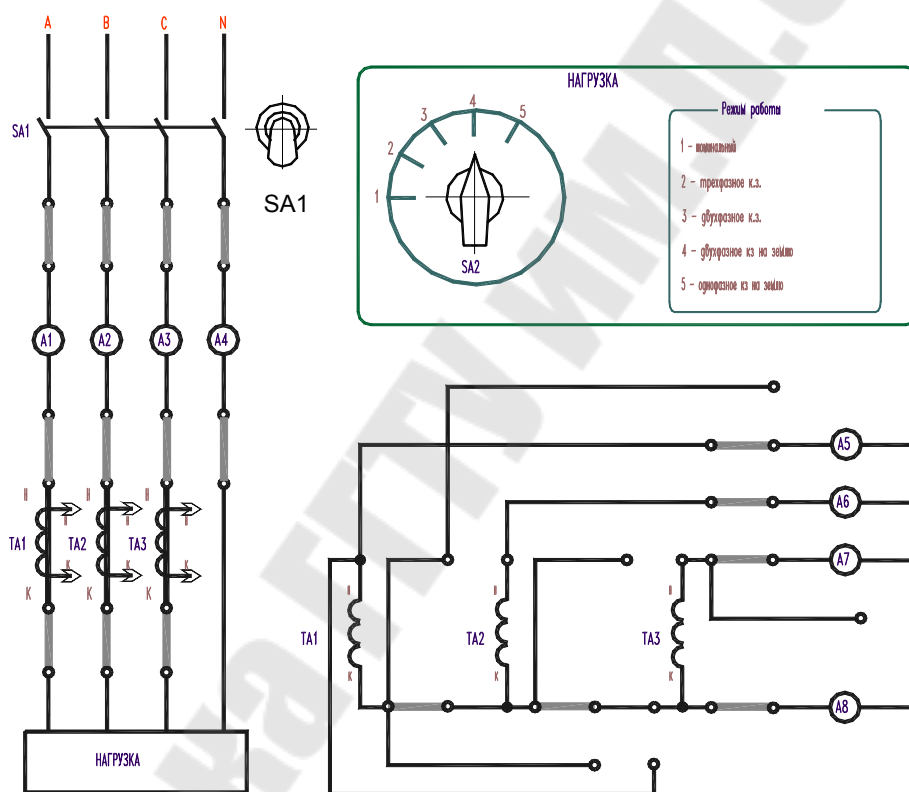


Рис. 4.1.1 а

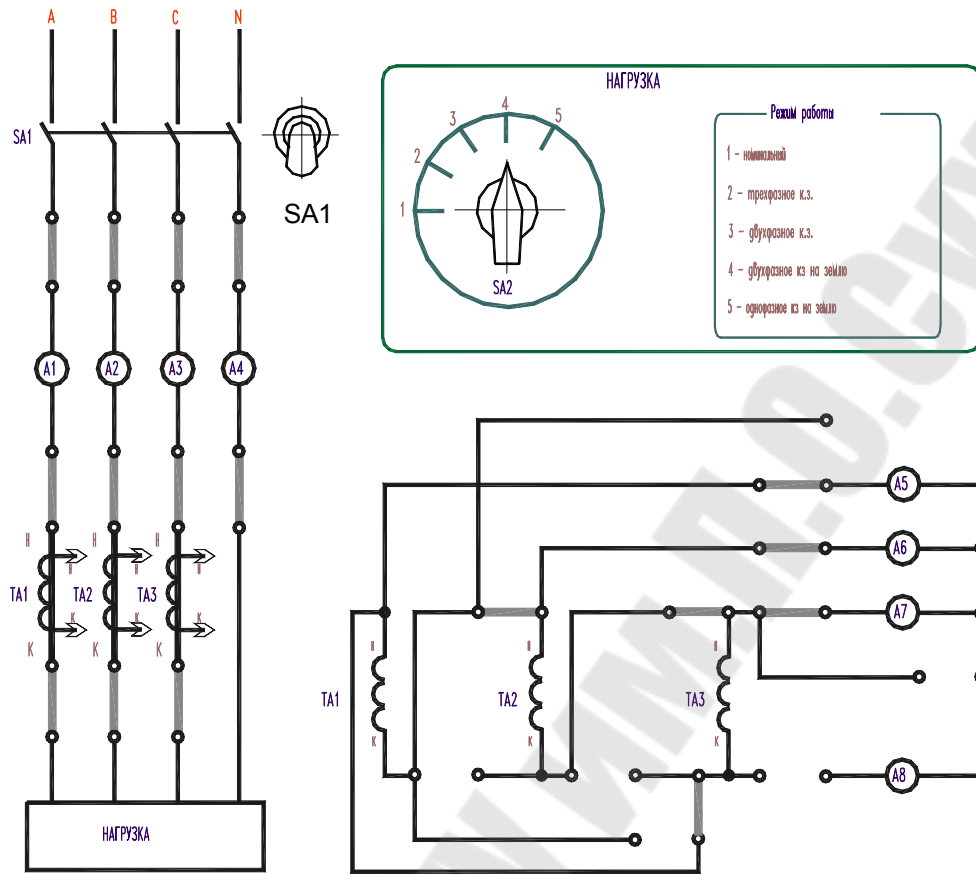


Рис.4.1.1 б

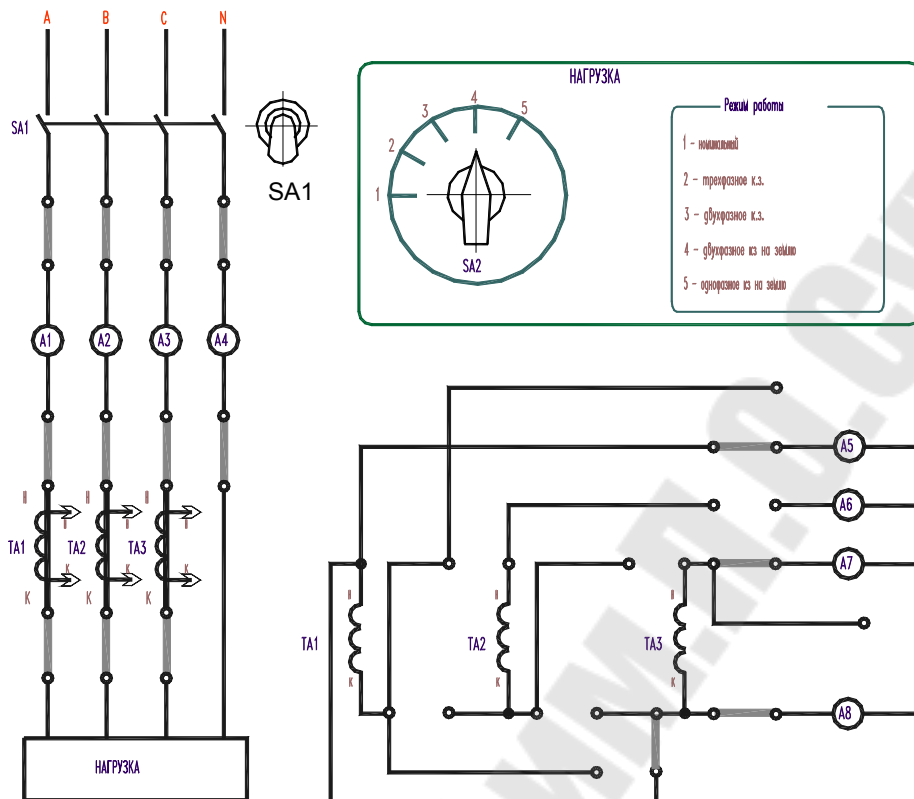


Рис. 4.1.1 в

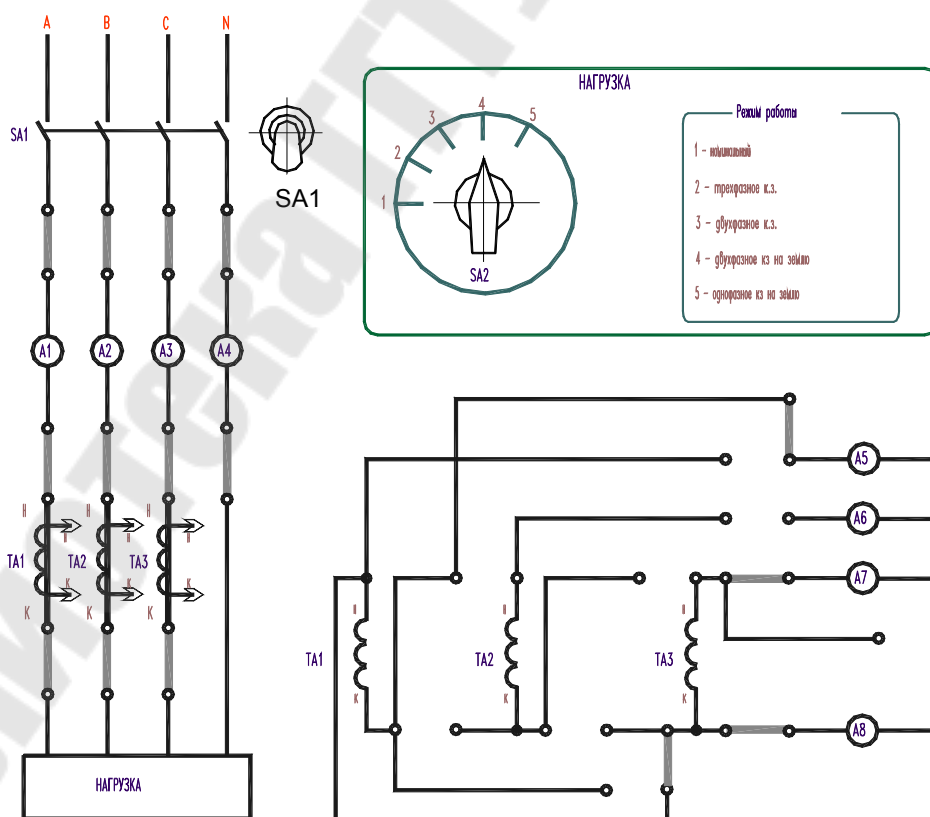


Рис. 4.1.1 з

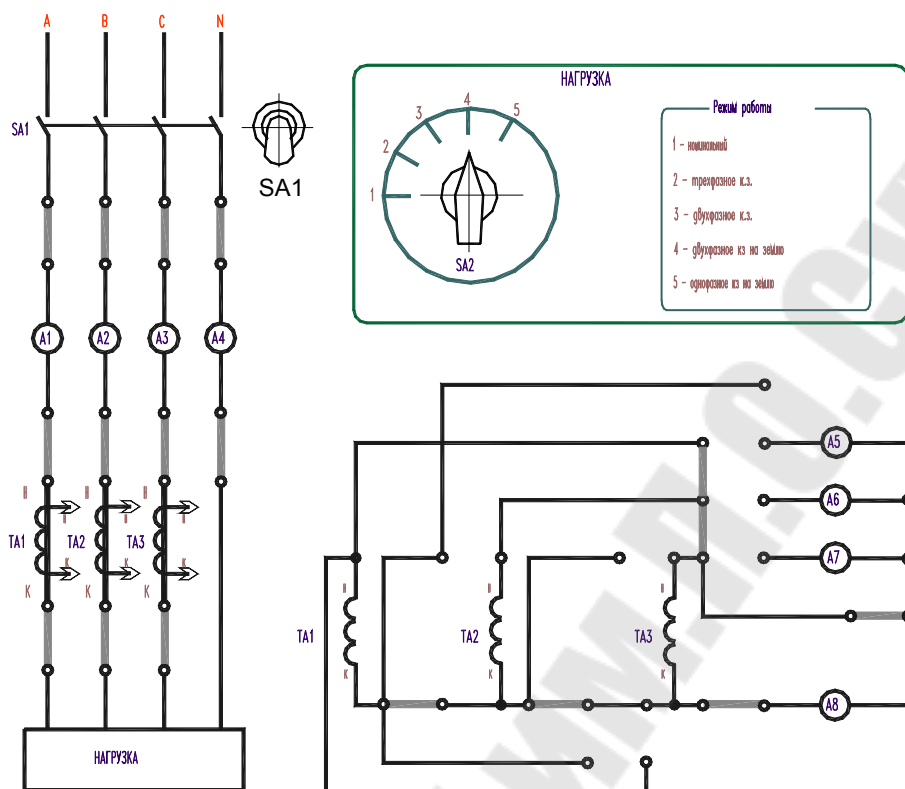


Рис. 4.1.1 д

Таблица 4.1.1

Вид КЗ	Показания приборов												
	В первичных цепях				Во вторичных цепях								
	I_A	I_B	I_C	I_O	I_a	$K_{сх}$	I_b	$K_{сх}$	I_c	$K_{сх}$	I_o	$K_{сх}$	$K_{ч}$
Схема рис. 4.1.1, а													
Трехфазное													
Двухфазное													
Двухфазное на землю													
Однофазное на землю													
Схема рис. 4.1.1, б													
Трехфазное													
Двухфазное													
Двухфазное на землю													
Однофазное на землю													

Вид КЗ	Показания приборов												
	В первичных цепях				Во вторичных цепях								
	I_A	I_B	I_C	I_O	I_a	$K_{сх}$	I_b	$K_{сх}$	I_c	$K_{сх}$	I_o	$K_{сх}$	$K_{ч}$
Схема рис.4.1.1.в													
Трехфазное													
Двухфазное													
Двухфазное на землю													
Однофазное на землю													
Схема рис.4.1.1.г													
Трехфазное													
Двухфазное													
Двухфазное на землю													
Однофазное на землю													
Схема рис.4.1.1.д													
Трехфазное													
Двухфазное													
Двухфазное на землю													
Однофазное на землю													

5. Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Схемы испытания.
3. Таблицы измерений.
4. По результатам измерений построить векторные диаграммы токов при всех видов КЗ для схемы, соответствующей номеру бригады (табл. 4.7).

6. Контрольные вопросы

1. Назовите назначение ТТ. Как производится маркировка выводов обмоток ТТ?
2. Каковы номинальные токи первичной и вторичной обмоток ТТ?
3. Назовите условия работы ТТ в схемах РЗА.

4. Принцип действия, схема замещения ТТ.
5. Векторная диаграмма нормального режима ТТ. Каковы погрешности ТТ?
6. Каковы классы точности ТТ и от чего они зависят?
7. Что происходит с ТТ при размыкании вторичной обмотки?
8. Назначение нулевого провода в схеме полной звезды.
9. В каких случаях применяется схема соединения трансформаторов тока в треугольник?
10. Преимущества и недостатки схемы соединения ТТ в треугольник по сравнению со схемой полной звезды.
11. Преимущества и недостатки схемы соединения ТТ в неполную звезду по сравнению со схемой на разность токов двух фаз.
12. Ток каких фаз измеряет каждый из амперметров схемы неполной звезды при нормальном режиме?
13. Почему в сетях с изолированной нейтралью устанавливают два трансформатора тока (по одному на каждую крайнюю фазу), а в сетях с глухозаземлённой нейтралью - три трансформатора тока (по одному на каждую фазу)?
14. В схеме фильтра токов нулевой последовательности вторичная обмотка ТТ фазы С оборвана. Коэффициент трансформации ТТ равен 1. Первичный ток в фазах 5 А. Какой ток будет измеряться амперметром? Чем опасен такой режим работы для трансформатора тока фазы С?
15. Ток, каких фаз измеряет каждый из амперметров схемы на рис. 4.2, б при нормальном режиме?
16. Реле токовой отсечки предназначены для защиты от междуфазных КЗ и включены один раз по схеме полной звезды, другой раз ТТ включены в треугольник. Меняется ли защищаемая зона этих защит в зависимости от того, происходит трехфазное или двухфазное КЗ?
17. Как узнать ток во вторичной фазе по показаниям приборов в схеме рис. 4.2.б.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

РЕЛЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

1. Цель работы

Ознакомление с конструкцией, принципом действия реле тока и напряжения, определение электрических характеристик реле тока и напряжения.

2. Краткая теория

Основными пусковыми реле, применяемыми в релейной защите и автоматике, являются реле тока и напряжения.

2.1. Реле тока типа РТ-40

Реле тока типа РТ-40 применяются в устройствах релейной защиты в качестве органа, реагирующего на изменение тока в контролируемой цепи. Общий вид реле представлен на рис. 5.1. Магнитная система реле состоит из П-образного шихтованного сердечника 1 и Г-образного якоря 2. В сердечнике электромагнита под катушками имеются вырезы, предназначенные для снижения вибрации подвижной системы при больших и несинусоидальных токах. При пиках несинусоидального тока участки сердечника с уменьшенным сечением насыщаются и ограничивают величину магнитного потока.

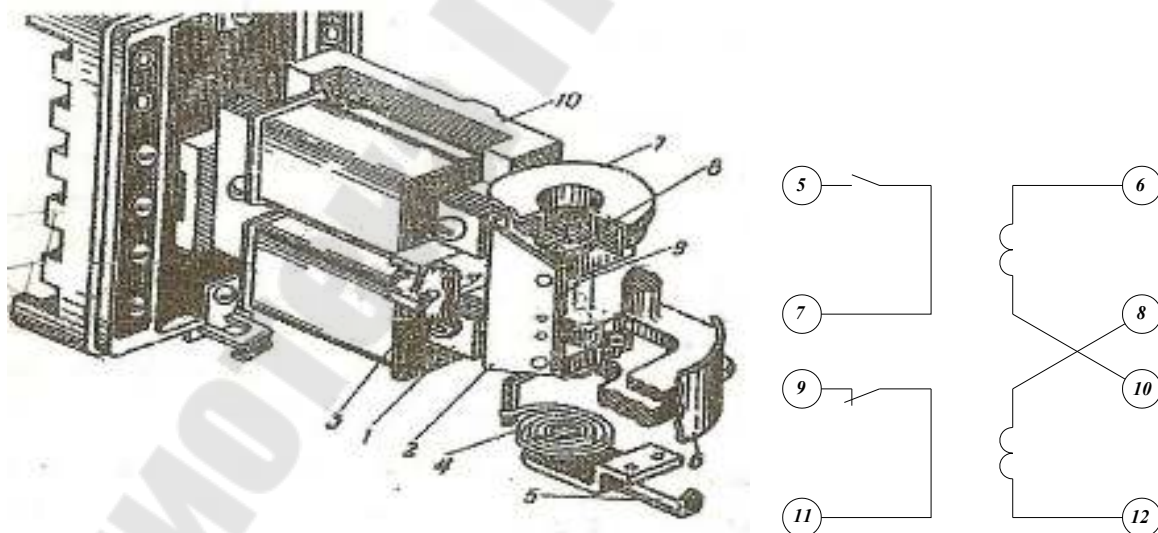


Рис.5.1. Общий вид реле типа РТ-40 и схема внутренних соединений реле

Начальное и конечное положение якоря фиксируется упорными винтами 3. Якорь реле удерживается в начальном положении с помо-

щью противодействующей спиральной пружины 4, один конец которой связан с якорем, а другой с указателем уставки 5. При повороте указателя уставки изменяется противодействующий момент пружины и, следовательно, ток срабатывания реле. При повороте указателя 5 от минимальной уставки до максимальной уставки момент противодействующей пружины увеличивается в 4 раза (пропорционально квадрату тока). К якорю прикреплены опорная скоба и пластмассовая колодка с двумя подвижными мостиковыми контактами. К верхней части скобы приклепан полый барабанчик 7 с радиальными перегородками внутри, полость барабанчика заполнена кварцевым песком. При любом ускорении подвижной системы песчинки приходят в движение и часть сообщаемой якорю энергии тратится на преодоление сил трения между песчинками, что приводит к значительному снижению вибраций подвижной системы от переменной составляющей тяговой силы электромагнита и уменьшает вибрацию контактов при их соударении. Между барабанчиком и опорной скобой помещена шайба с узким центральным отверстием (соответствующее отверстие имеется и в скобе) и бронзовая пластинка 8, служащая опорной плоскостью для подвески подвижной системы реле. Подвижная система в верхней части опирается бронзовой пластинкой на штифт из нержавеющей стали со сферическим концом, укрепленный во вкладыше 9 на рамке-основании 10 и проходящий через отверстия в опорной скобе и шайбе. В нижней части перемещение оси подвижной системы в горизонтальной плоскости ограничивается таким же штифтом, проходящим через отверстие в нижней отогнутой части опорной скобы. Сама скоба ограничивает смещение подвижной системы вверх.

На сердечнике расположены две катушки, концы которых выведены на зажимы цоколя реле. Перестановкой перемычек на этих зажимах можно осуществлять параллельное или последовательное соединение катушек реле и соответственно изменять величину уставок в 2 раза. Цифры, нанесенные на шкале, соответствуют последовательному соединению обмоток (при установленной перемычке 8-10). Для параллельного соединения обмоток необходимо установить перемычки 6-8 и 10-12. Схема внутренних соединений реле приведена на рис. 5.1.

Реле имеет один замыкающий и один размыкающий контакты. Для более четкой работы контактов подвижные контакты выполнены свободно поворачивающимися. Неподвижные контакты 1 приварены к плоским бронзовым пружинам 2, перемещение которых ограничи-

вается гибкими наружными и внутренними упорами 3. Внутренние упоры выполнены из относительно толстой латуни и соединены замком с контактной пружиной. При регулировке контактные пружины подгибаются вместе с латунным внутренним упором, что уменьшает последующую разрегулировку контактов.

Все узлы реле смонтированы на рамке-основании 10 из алюминиевого сплава, укрепленной на пластмассовом цоколе реле и закрыты прозрачным полистирольным кожухом. Крепление кожуха к цоколю производится пружинными замками.

Реле выпускаются девяти исполнений с различными диапазонами уставок (0.2; 0.6; 2; 6; 10; 20; 50; 100; 200 А).

При прохождении по обмотке реле переменного тока

$$i_p = I_p \cdot \sin(\alpha \cdot t)$$

якорь реле притягивается с усилием:

$$F = k^2 \cdot I_p^2 \cdot \sin(\omega \cdot t).$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Так как $\sin^2(\omega \cdot t) = 0,5 \cdot (1 - \cos(2 \cdot \omega \cdot t))$, то:

$$F = k_1^2 \cdot I_p^2 - k_1^2 \cdot I_p^2 \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t).$$

Из этого выражения видно, что притяжение якоря обусловлено постоянным усилием:

$$F_{\text{пост}} = k_1^2 \cdot I_p^2$$

и знакопеременным усилием:

$$F_{\text{пер}} = k_1^2 \cdot I_p^2 \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t).$$

Знакопеременное усилие с удвоенной частотой вызывает вибрацию якоря и связанной с ним контактной системы.

Для уменьшения вибрации контактов в конструкции реле РТ-40 предусмотрены совместный ход подвижного и неподвижного контактов и устройство – гаситель вибрации 7.

2.2. Реле напряжения типа РН-50

Реле напряжения предназначены для применения в схемах защиты и автоматики в качестве органа, реагирующего на величину напряжения в цепи переменного тока.

Реле напряжения по назначению может быть применено как реле минимального напряжения и реле максимального напряжения. Напряжением срабатывания реле минимального напряжения принято называть напряжение, при котором происходит отпускание реле и замыкание размыкающих контактов, напряжением возврата – напряжением, при котором якорь реле притягивается к полюсам электромагнита и происходит замыкание замыкающих контактов. Для реле минимального напряжения коэффициент возврата равен отношению напряжения возврата к напряжению срабатывания и всегда больше единицы. Цифры, нанесенные на шкале реле, соответствуют напряжению срабатывания на первом диапазоне уставок.

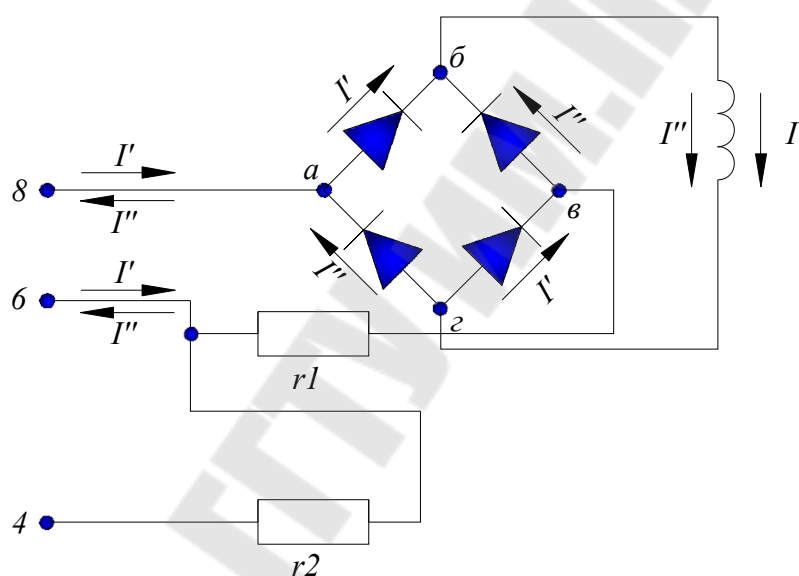


Рис. 5.2. Схема включения обмоток реле напряжения

Конструкция реле напряжения типа РН-50 аналогична конструкции реле РТ-40, однако у реле напряжения типа РН-50 гаситель вибрации отсутствует. Для снижения вибрации подвижной системы обмотка реле напряжения, состоящая из двух секций, соединенных последовательно, включается в контролируемую цепь напряжения посредством выпрямительного моста (рис. 5.2). Мост обеспечивает двухполупериодное выпрямление переменного тока. В этом случае через обмотку проходит пульсирующий ток, который можно разложить на переменную составляющую $i_{\text{пер}} = 0,5 \cdot I_p \cdot \sin(2 \cdot \alpha \cdot t)$ и постоянную составляющую $I_{\text{пост}} = 0,5 \cdot I_p$.

Знакопеременное усилие, действующее на подвижную систему и обуславливающее вибрацию, равно:

$$F_{\text{пер}} = 0,25 \cdot k^2 \cdot I_p^2 \cdot \cos(4 \cdot \omega \cdot t)$$

и оказывается значительно меньшим, чем для электромагнитных реле тока.

Для изменения предела регулирования напряжения срабатывания в схеме реле предусмотрено 2 резистора r_1 и r_2 . При подключении реле в цепь крайними выводами напряжение срабатывания увеличивается в 2 раза. Соответственно в 2 раза увеличивается уставка на шкале.

Реле выпускаются с диапазонами уставок 15-60 В; 50-200 В; 100-400 В.

2.3. Реле максимального тока РСТ 11 - РСТ 14

Реле максимального тока РСТ11 - РСТ14 предназначены для использования в качестве измерительных органов величины тока токовых защит.

Для питания реле этих серий оперативным током должны использоваться надежные источники постоянного или переменного тока напряжением 220В.

В заводских обозначениях реле отражены условия их применения. Так, реле РСТ11 рассчитано на питание переменным оперативным током 220 В, частотой 50 Гц, Реле РСТ13 рассчитано на питание постоянным оперативным током напряжением 220 В.

В условном обозначении реле, приводимом в заводской информации, первым указывается номер серии реле, далее располагается двухзначное число, обозначающее максимальную уставку по току реле данного исполнения. Имеется семь вариантов типовых исполнений, записываемых следующими числами: 04 на ток 0.2 А, 09 - 0.6 А, 14 - 2 А, 19 - 6 А, 24 - 20 А, 29 - 60 А, 32 - 120 А.

Третий знак условного обозначения - цифры 1 или 5 обозначают соответственно переднее или заднее подключения соединительных проводов. В конце условного обозначения приводится вид климатического исполнения реле: УХЛ4 для умеренного климата и 04 - для тропических условий. Нормальная работа реле в зоне умеренного климата гарантируется в диапазоне температур окружающей среды от -20 до +55°С. Так, условное обозначение РСТ-13-19-1-УХЛ4 указывает на то, что реле относится к реле максимального тока, предназначено для использования в сетях с промышленной частотой 50 Гц на объектах с постоянным оперативным током напряжением 220В, наибольшая уставка реле по току 6А, подсоединение внешних

проводов – переднее, а само реле должно работать в условиях умеренного климата.

По своим техническим данным реле серий РСТ11-РСТ14 существенно отличаются от электромагнитных реле максимального тока типа РТ-40. Так, коэффициент возврата реле РСТ превышает 0,9, а время действия при $1,2I_{cp}$ составляет не более 60 мс, а при $3I_{cp}$ – не более 35 мс. Наибольшее время возврата реле доходит до 70 мс. Мощность, потребляемая реле из сети оперативного тока равна 7 Вт в нормальном режиме и 8,5 Вт в режиме срабатывания.

Чтобы выставить заданный ток срабатывания реле, нужно установить соответствующие переключатели SB₁-SB₅ в выступающее положение. Ток уставки реле равен:

$$I_{уст} = I_{min} \cdot (1 + N), \text{ А,}$$

где I_{min} – минимальный ток уставки, равный 1/4 значения тока, соответствующему второму числу в условном обозначении реле; N - сумма чисел, нанесенных под переключателями, поставленными в выступающее положение.

При этом риски на торцах головок переключателей будут направлены в сторону выбранных чисел.

2.4. Реле максимального и минимального напряжений РСН14-РСН17

Каждая из серий имеет несколько типовых исполнений. 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, срабатывающее при понижении напряжения в сети.

По своему устройству реле серий РСН14-РСН17 подобны реле РСТ. Различаются они лишь тем, что вместо датчика тока в них установлен датчик напряжения. Датчик напряжения содержит промежуточный трансформатор и два добавочных резистора, включенных последовательно в цепь его первичной обмотки. Датчик имеет три вывода, которые дают возможность использовать реле в двух диапазонах рабочих напряжений. Переход в другой диапазон обеспечивается за счет исключения одного из добавочных резисторов.

Условные обозначения реле РСН14-РСН17 построены так же, как и у реле РСТ. Первым стоит номер серии реле. Серии РСН14 и РСН16 рассчитаны на питание оперативным постоянным током 220В,

а реле серии РСН15 и РСН17 питаются от источника переменного тока 220В. За номером серии следует двухзначное число, которое отражает рабочую частоту реле, диапазоны уставок по напряжению и номинальное напряжение реле.

Технические данные реле серии РСН14-РСН15 практически совпадают с соответствующими параметрами реле РСТ. Реле имеют один замыкающий и один размыкающий контакты.

Коэффициент возврата у реле максимального напряжения составляет не менее 0,9, а у реле минимального напряжения не выше 1,1. У реле максимального напряжения с высоким коэффициентом возврата исполнения 30, у которых он должен быть не менее 0,95, предусмотрена регулировка коэффициента возврата.

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

$$U_{уст} = U_{min} \cdot (1 + N), В,$$

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

Мощность, потребляемая реле из цепей напряжения в нормальном режиме, находится в пределах от 0,1 до 0,8 ВА и пропорциональна номинальному напряжению реле.

2.5. Реле напряжения (производство Польша) РЕр-3

Принцип действия реле напряжения РЕр-3 (производство Польша) – электромагнитный, аналогичен принципу действия реле РН-50.

3. Описание лабораторного стенда

На лабораторном стенде (рис. 5.3) для испытания реле смонтированы два реле тока РТ-40/20 и РТ-40/0,6, два реле напряжения РН-50/200 и РН-50/160, реле тока РСТ-13-24, реле напряжения РСН-14-33 и реле напряжения (производство Польша) РЕр-3, кнопки включения и отключения стенда, регулировочная аппаратура, выпрямительный мост и приборы, необходимые для измерений.

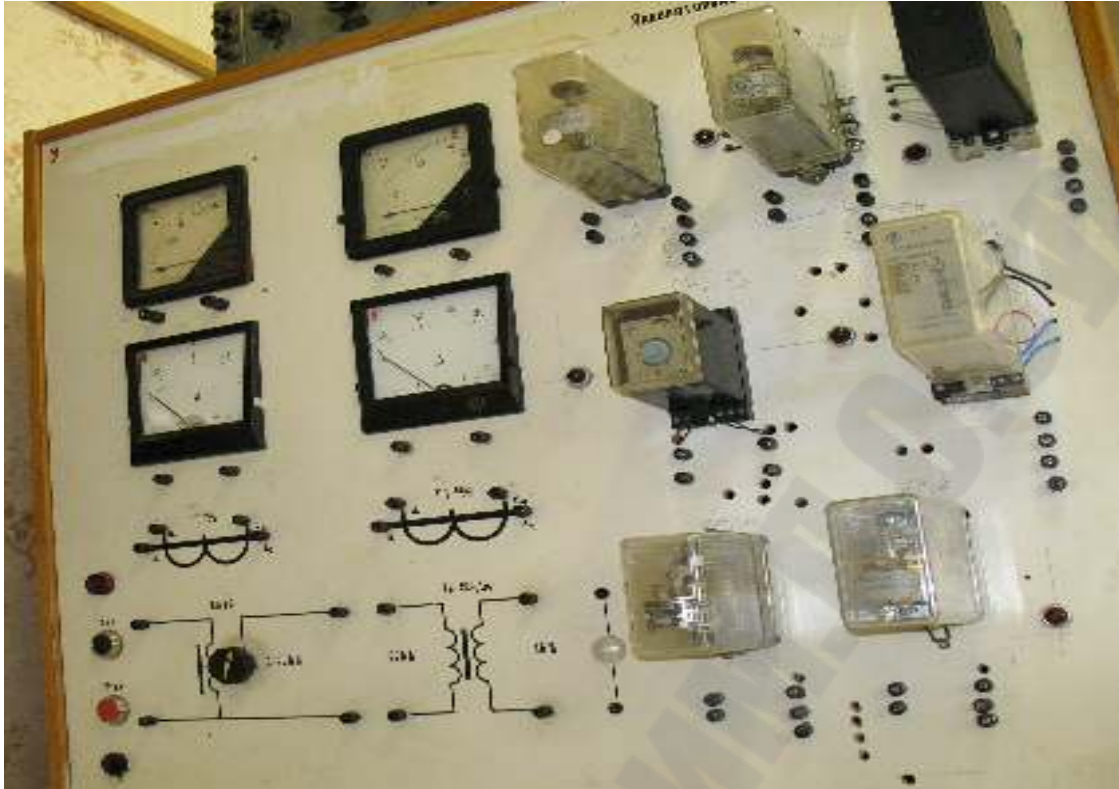


Рис. 5.3. Внешний вид лабораторного стенда

4. Общие указания по проверке реле тока и напряжения

4.1. Ознакомиться с устройством и электрической схемой внутренних соединений реле тока РТ-40, реле напряжения РН-50, реле тока РСТ-13-24, реле напряжения РСН-14-33 и реле РЕр-3 (производство - Польша). Переписать паспортные данные испытуемых реле из заводских каталогов.

4.2. Проверяемые реле подвергаются внешнему и внутреннему осмотру.

При внешнем осмотре проверяются: плотность прилегания кожуха к основанию, состояние ламелей и шпилек для присоединения проводов.

При внутреннем осмотре реле очищается от пыли, волокон и т. д., проверяется надежность внутренних соединений, проверяется свободное вращение подвижной системы реле.

4.3. Проверяется потребляемая мощность методом амперметра-вольтметра для проверки отсутствия витковых замыканий в обмотках реле. Условием отсутствия короткозамкнутых витков является:
 $S_{\text{реле изм.}} \leq S_{\text{реле паспортное}}$. Мощность $S_{\text{реле изм.}}$, потребляемая реле, опре-

деляется при номинальных данных: обмотки напряжения при $U_p = U_n$, обмотки тока при $I_p = I_n$.

Для выполнения п. 4.3 для реле напряжения необходимо:

а. Собрать схему рис.5.4, *а*, соответствующую типу испытуемого реле;

б. Включить стенд. ЛАТРом TUV выставить номинальное напряжение на обмотке реле. Измерить ток, протекающий через обмотку. Результаты измерений и вычислений мощности занести в табл. 5.1.

Для выполнения п. 4.3 для реле тока необходимо:

а. Собрать схему рис. 5.4 *б*, соответствующую типу испытуемого реле;

б. Включить стенд. ЛАТРом TUV выставить номинальный ток, протекающий через обмотку реле. Измерить напряжение на обмотке реле. Результаты измерений и вычислений мощности занести в табл. 5.2.

в. Схему не разбирать и перейти к выполнению опыта 4.4

Таблица 5.1

Тип проверяемого реле	Величина напряжения, $U_{\text{пасп}}$, В	Ток срабатывания реле, А	Мощность срабатывания реле, ВА	Мощность срабатывания реле по паспорту, ВА	

Таблица 5.2

Тип проверяемого реле	Величина тока, $I_{\text{пасп}}$, А	Напряжение срабатывания реле, В	Мощность срабатывания реле, ВА	Мощность срабатывания реле по паспорту, ВА	

4.4. Для реле напряжения для оцифрованных значений уставок реле определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 5.4, *а*), для чего: выставить минимальную уставку, далее, поднимая ЛАТРом напряжение зафиксировать по погасанию лампы НЛ напряжение срабатывания реле. Снижая ЛАТРом напряжение зафиксировать напряжение отпадания реле. Результаты измерений занести в табл. 5.3. Переместить указатель уставки реле в следующее оцифрованное деление. Повторить опыт. Вычислить коэффициент возврата реле на каждой уставке реле.

Таблица 5.3

Тип проверяемого реле	Уставка, В	Величина напряжения срабатывания реле, В	Величина напряжения отпадания реле, В	Коэффициент возврата реле	Выводы

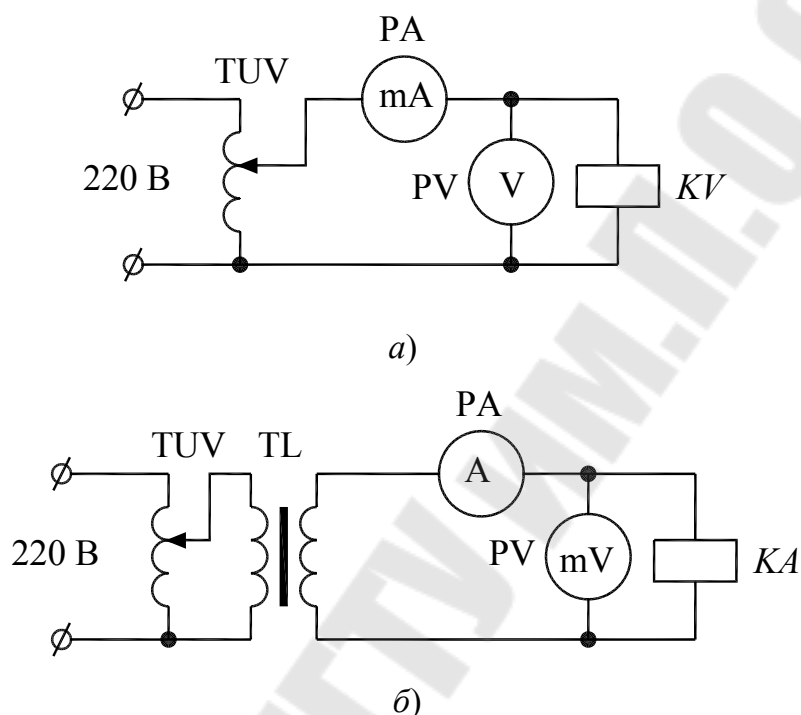


Рис.5.4. Схемы для определения мощности, потребляемой обмотками реле и напряжения срабатывания и отпадания реле:

а – реле напряжения; б – реле тока

4.5. Для реле тока для оцифрованных значений уставок реле определить ток срабатывания и отпадания реле (рис. 5.4, б), для чего, поднимая ЛАТРОм напряжение зафиксировать по погасанию лампы НЛ ток срабатывания реле. Снижая ЛАТРОм напряжение, зафиксировать ток отпадания реле. Результаты измерений мощности срабатывания испытываемых реле занести в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Тип проверяемого реле	Уставка, А	Величина тока срабатывания реле, В	Величина тока отпадания реле, В	Коэффициент возврата реле	Выводы

5. Задание на работу

Перечень испытываемых реле приведен в таблице 5.5 в соответствии с номером бригады.

5.1. Испытание реле тока

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений реле тока. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.3 по схеме рис. 5.4, б. Заполнить табл. 5.4. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

4. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 5.4, б) в соответствии с п. 4.4. Результаты измерений занести в табл. 5.4. Заполнить п. 4 протокола испытания реле. Определить коэффициент возврата реле $K_{в} = I_{вр} / I_{ср}$ и сравнить его с паспортными данными завода-изготовителя. $K_{в.измер}$ должен быть не менее $K_{в.пасп}$.

5. Для одной из уставок проверить работу реле при резком (толчкообразном) изменении тока. Для этого, установив ток в реле, равный току срабатывания реле, отключить кнопкой стенд и затем наблюдать за работой реле при включении стенда. Убедиться, что при уменьшении величины тока на 5 % тока уставки реле не срабатывает.

6. Проверить отсутствие вибрации контактов реле при токах $I_{р} = (5 - 10)I_{уст}$. При проведении этого опыта амперметр РА необходимо включить через измерительный трансформатор тока с $K_{тт} = 50/5$. Ток подавать в реле толчкообразно.

7. Составить список (табл. 5.7), примененной измерительной аппаратуры.

5.2. Испытание реле напряжения

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений реле напряжения. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.3 по схеме рис. 5.4, а. Заполнить табл. 5.3. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

4. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 5.4, а) в соответствии с п. 4.4. Результаты измерений занести в табл. 5.5. Заполнить п. 4 протокола испытания реле. Определить коэффициент возврата реле $K_{в} = U_{ср} / U_{вр}$ и сравнить его с паспортными данными завода-изготовителя $K_{в.измер}$ должно быть меньше $K_{в.пасп}$.

5. Для одной из уставок проверить работу реле при толчкообразном изменении напряжения. Вибрация контактов (мигание лампы НЛ) должна отсутствовать.

6. Составить список (табл. 5.7), примененной измерительной аппаратуры.

6. Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Перечень испытуемых реле в соответствии с номером бригады (табл. 5.5).

3. Схемы испытания реле в соответствии с номером бригады.

4. Результаты испытания реле в табличной форме. Заполнить таблицы 5.3-5.6.

5. Протоколы испытания каждого реле (по прилагаемой форме).

6. Сравнить основные характеристики реле напряжения (производство Польша) РЕр-3 и реле РН-50.

7. Протокол испытания реле типа _____

1. Паспортные данные и схема внутренних соединений реле.

2. Потребляемая мощность срабатывания по данным завода-изготовителя и измеренная потребляемая мощность. Указать соответствие потребляемой мощности действующим требованиям.

3. Напряжение (ток) срабатывания и отпадания реле. Указать соответствие напряжения (тока) срабатывания и отпадания реле и коэффициента возврата действующим требованиям.

4. Заключение о пригодности реле к эксплуатации.
5. Список (табл. 5.7), примененной измерительной аппаратуры.

Протокол _____ составил _____ студент _____ гр. _____
 ФИО _____

8. Задания на испытания реле по бригадам

Таблица 5.5

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
Испытуемые реле	РТ40/20	РТ40/0,6	РТ40/20	РТ40/0,6	РТ40/20	РТ40/0,6	РТ40/20	РТ40/0,6
	РН50/160	РН50/200	РН50/200	РН50/160	РН50/160	РН50/200	РН50/160	РН50/200
	РСТ-13	РСТ-13	РСТ-13	РСТ-13	РСТ-13	РСТ-13	РСТ-13	РСТ-13
	РСН-14	РСН-14	РСН-14	РСН-14	РСН-14	РСН-14	РСН-14	РСН-14
	РЕр-3	РЕр-3	РЕр-3	РЕр-3	РЕр-3	РЕр-3	РЕр-3	РЕр-3

9. Контрольные вопросы

1. Почему у реле тока РТ-40 при параллельном соединении секций обмотки ток срабатывания увеличивается в два раза?
2. При переключении секций обмоток реле РТ-40 надо соблюдать полярность включения обмоток. Будет ли работать реле при токе, равном току срабатывания, если секции соединены встречно-последовательно?
3. Укажите причины появления вибрации контактов электромагнитных реле тока. Способы уменьшения величины вибраций реле тока?
4. Укажите причины появления вибрации контактов электромагнитных реле напряжения. Способы уменьшения величины вибраций реле напряжения?
5. Можно ли применять реле РТ-40 и РН-50 в цепях постоянного тока? Сохраняется ли при этом уставка реле, отрегулированная для цепей переменного тока?
6. Каким образом можно изменять напряжение срабатывания реле РН-50?
7. Каким образом можно изменять ток срабатывания реле РТ-40?
8. Каким образом можно изменять напряжение срабатывания реле РСН?
9. Каким образом можно изменять ток срабатывания реле РСТ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

1. Цель работы

Ознакомление с назначением, конструкциями, принципом действия реле времени переменного и постоянного тока, определение электрических и временных характеристик реле.

2. Краткая теория

Основными вспомогательными реле, применяемыми в релейной защите и автоматике, являются реле времени.

2.1. Реле времени, применяемые для устройств релейной защиты, обеспечивают необходимое замедление в действии, требуемое логикой работы соответствующего устройства релейной защиты.

Реле времени с часовым механизмом, применяемые для устройств релейной защиты, подразделяются на реле времени постоянного тока (РВ-100) и реле времени переменного тока (РВ-200).

Основной частью реле времени является часовой механизм. Изменение уставки времени срабатывания производится путем изменения расстояния между неподвижным и подвижным контактами, пределы регулировки времени у реле времени 0,1-1,3 с, 0,25-3,5 с, 0,5-9 с и 2-20 с.

Устройство реле и часового механизма показано на рис. 6.1.

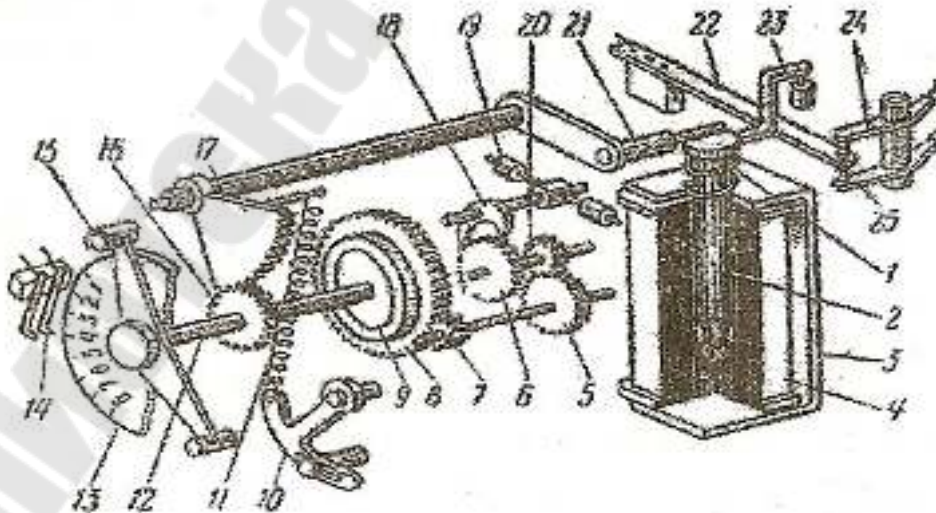


Рис. 6.1. Устройство реле и часового механизма реле времени

Электромагнит реле состоит из магнитопровода 3, катушки 4 и втягивающего цилиндрического якоря 2. Для получения оптимальной тяговой характеристики нижний конец якоря имеет коническую форму и при втягивании входит в коническое углубление на сердечнике, помещенном внутри катушки. Для исключения залипания якоря в притянутом положении на его нижнем конце имеется бронзовая шайба. На верхнем конце якоря укреплен рычаг 23 с толкателем, воздействующим на мгновенные контакты 22, 24 и 25, которые замыкаются и размыкаются без выдержки времени.

При отсутствии возбуждения якорь под действием возвратной пружины 1 поднимает вверх заводной рычаг 21 часового механизма, растягивает рабочую пружину часового механизма 11, при этом зубчатый сектор 17 поворачивает шестерню 16 на выходном валу 12 и устанавливает подвижные контакты 15, замыкающиеся с выдержкой времени, в начальное положение.

При возбуждении электромагнита якорь втягивается, приводит в действие мгновенные контакты и освобождает рычаг 21 часового механизма. Под действием рабочей пружины выходной вал механизма вместе с подвижными контактами 15 начинает поворачиваться. В момент начала движения выходного вала включается фрикционная муфта 9, расположенная внутри шестерни 8, и приводит в действие замедляющее анкерное устройство.

Шестерни 8, 7, 5 и 20 передают усилие рабочей пружины на анкерное колесо 6, сцепленное с анкером 18 и балансиром 19. Под воздействием анкерного колеса анкер начинает колебаться. При каждом колебании анкера анкерное колесо поворачивается на один зуб.

Вращение выходного вала происходит до тех пор, пока мостик подвижного контакта 15 не замкнет конечные неподвижные контакты 14 и не коснется упора, имеющегося на пластмассовой колодке конечных контактов.

Помимо конечного контакта реле могут иметь проскальзывающий контакт, кратковременно замыкающийся после заданной выдержки времени. Выдержка времени проскальзывающего контакта может быть меньше выдержки времени конечных контактов.

Изменение уставок времени срабатывания производится перемещением неподвижных конечных и проскальзывающих контактов по шкале 13.

Реле имеет сильную возвратную пружину, рассчитанную на завод часового механизма, поэтому обмотка электромагнита потреб-

ляет значительную мощность и может подключаться к источнику напряжения лишь на непродолжительное время. Для облегчения режима работы управляющих контактов у реле на номинальное напряжение 110 В и 220 В параллельно катушкам электромагнитов подключен искрогасительный контур, состоящий из последовательно соединенных резистора и конденсатора. В тех случаях, когда требуется продолжительное пребывание обмотки реле под напряжением, после втягивания якоря последовательно с обмоткой вводится добавочный резистор, для чего используется размыкающий контакт мгновенного действия. Искрогасительный контур у таких реле не ставится.

Реле времени типа РВ-01. Реле времени РВ-01 предназначены для использования в схемах устройств релейной защиты и системной автоматики для селекции управляющих сигналов по длительности либо для передачи их в контролируемые электрические цепи с установленной выдержкой времени. Схема реле времени типа РВ-01 (рис. 6.2) содержит времязадающую часть, воздействующую при срабатывании на выходное электромагнитное реле. Для получения временной задержки в реле используется принцип заряда конденсатора от фиксированного начального уровня до уровня срабатывания пороговой схемы.

Для обеспечения независимости реле от полярности питающего напряжения на работу на переменном токе питание схемы реле производится через выпрямительный мост. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения на переменном токе, а также для снижения потребления и защиты от импульсных помех на постоянном токе используется активно-емкостный фильтр.

Регулировка выдержки времени осуществляется изменением величины зарядного сопротивления путем дискретного переключения резисторов на двух колодках. На одной из них обеспечивается переключение резисторов через 10 % от суммарной максимальной их величины (переключатель старшего разряда уставки), а на второй колодке резисторы можно переключать через 1 % от максимальной величины. В зависимости от величины сопротивления резистора R_{33} обеспечивается не менее чем десятикратное уменьшение максимальной уставки или стократное уменьшение в зависимости от исполнения реле.

При включении на номинальные напряжения до 220 В реле в сработавшем состоянии длительно выдерживает 110 % номинальной

величины напряжения питания. Рабочий диапазон колебаний напряжения питания $(+10\% \dots -20\%)U_{ном}$.

Способ регулирования уставок дискретный. Дискретность регулирования уставок 1,0 % от максимальной уставки номинального диапазона.

Таблица 6.1

Потребляемая мощность реле РВ-01 при номинальном напряжении

Постоянного тока:		Переменного тока:	
Напряжение, В	Потребляемая	Напряжение, В	Потребляемая
220	10,0	220	11,0

Реле времени PTS (производство Польша)

Реле времени PTS применяются в схемах релейной защиты и по принципу действия аналогичны реле РВ-100.

2.2. Реле времени, применяемые для устройств автоматики

Реле времени моторное типа ВС-43 имеет моторный привод, связанный через систему шестерен и кулачковые механизмы с контактными группами. Применяется реле в системах автоматики в тех случаях, когда необходимо иметь несколько выдержек времени величиной до 60 минут и к величине разброса по времени не предъявляются жесткие требования.

Реле времени пневматическое РВП-22 применяется в системах автоматики в тех случаях, когда необходимо иметь одну выдержку времени величиной до нескольких минут и к величине разброса по времени не предъявляются жесткие требования. Выдержка времени осуществляется винтом, регулирующим подачу воздуха в цилиндр.

3. Описание лабораторного стенда



Рис. 6.2. Внешний вид лабораторного стенда

На лабораторном стенде (рис. 6.2) для испытания смонтированы реле времени переменного тока типа РВ(ЭВ)-200, реле времени постоянного тока типа РВ(ЭВ)-100, реле времени пневматическое РВП-22, реле времени моторное ВС-43, реле времени электронное РВ-01, реле времени PTS (Польша), кнопки включения и отключения стенда, регулировочная аппаратура, выпрямительный мост и приборы, необходимые для измерений.

4. Общие указания по проверке реле времени

4.1. Ознакомиться с устройством и электрической схемой внутренних соединений реле времени переменного тока типа РВ(ЭВ)-200, реле времени постоянного тока типа РВ-100, реле времени пневматического РВП-22, реле времени моторного ВС-43, реле времени электронного типа РВ-01, электромеханическое реле времени PTS (Польша).

4.2. Все проверяемые реле подвергаются внешнему и внутреннему осмотру.

При внешнем осмотре проверяются:

- плотность прилегания кожуха к основанию,
- состояние ламелей и шпилек для присоединения проводов.

При внутреннем осмотре реле очищается от пыли, волокон и т.д., проверяется надежность внутренних соединений, проверяется свободное вращение подвижной системы реле.

4.3. Проверяется сопротивление изоляции реле мегаомметром 1000 В.

Сопротивление изоляции между любыми электрически несвязанными токоведущими частями, а также между ними и корпусом (магнитопроводом) должно быть не менее 10 МОм. Результаты измерений сопротивления изоляции испытуемых реле занести в табл. 6.2.

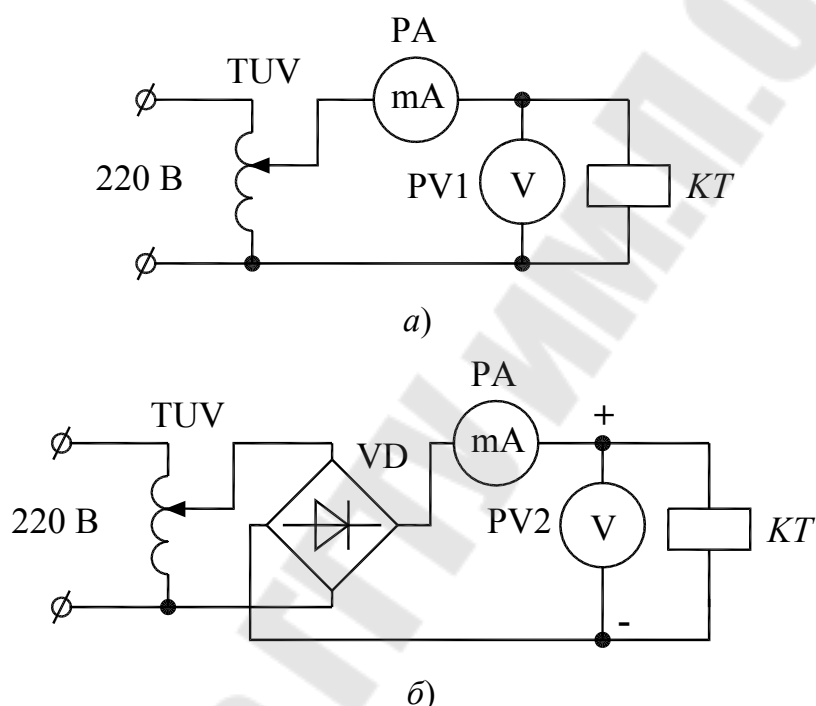


Рис. 6.3. Схемы для определения мощности, потребляемой обмотками реле и напряжения срабатывания и отпадания реле:
 а – реле времени переменного тока;
 б – реле времени постоянного тока

Таблица 6.2

Сопротивление изоляции

Тип проверяемого реле	Сопротивление изоляции, МОм			
	Магнитопровод - контакты		Магнитопровод - обмотки	
	нормируемое	измеренное	нормируемое	измеренное

4.4. Проверяется потребляемая мощность методом амперметра-вольтметра для проверки отсутствия витковых замыканий в обмотках реле. Условием отсутствия короткозамкнутых витков является:

$S_{\text{реле изм.}} \leq S_{\text{реле паспортное}}$. Мощность $S_{\text{реле изм.}}$, потребляемая реле, определяется методом амперметра-вольтметра при $U_p = U_n$.

Для выполнения п. 4.4 для реле времени необходимо:

а. Собрать схему рис. 6.3, соответствующую типу испытуемого реле, вывести ЛАТР.

б. Включить стенд. ЛАТРом TUV выставить номинальное напряжение на обмотке реле. Измерить ток, потребляемый реле при этом.

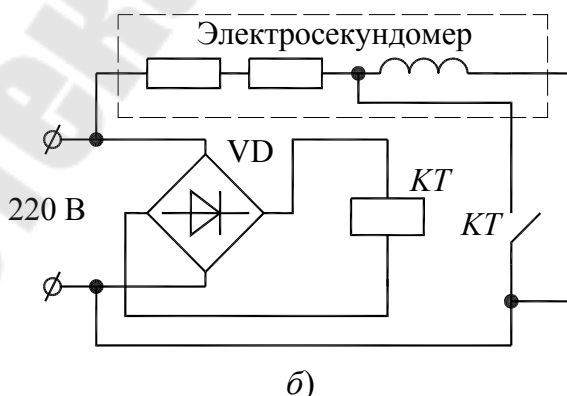
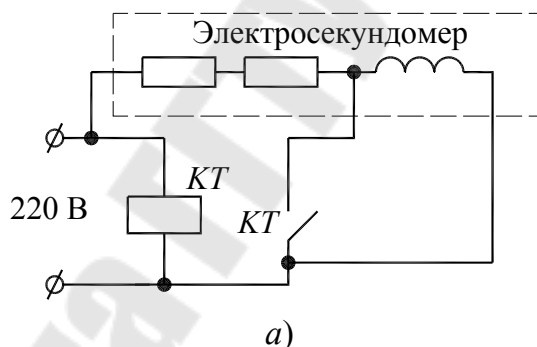
Результаты измерений и вычислений мощности срабатывания испытуемого реле занести в табл. 6.3.

в. Схему не разбирать и перейти к выполнению опыта п. 4.5.

Таблица 6.3

Результаты измерений и вычислений мощности срабатывания

Тип проверяемого реле	Величина напряжения, $U_{\text{пасп}}$, В	Ток срабатывания реле, А	Мощность срабатывания реле, ВА	Мощность потребляемая реле по паспорту, ВА



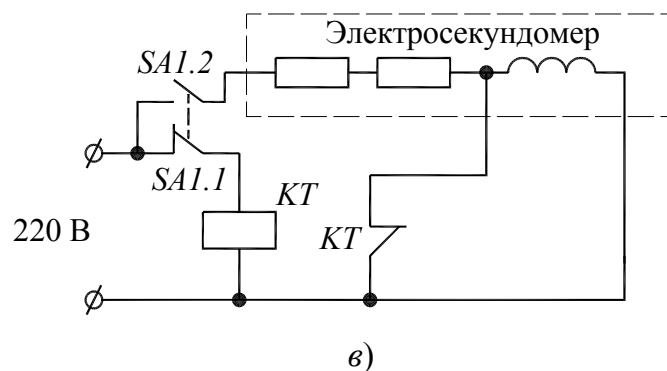


Рис. 6.4. Схемы для измерения времени срабатывания и для проверки разброса времени срабатывания реле времени:
 а) – реле времени переменного тока, б) – реле времени постоянного тока, в) – схема для испытания реле РВ-245

4.5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 6.3), для чего, поднимая ЛАТРОм напряжение зафиксировать напряжение срабатывания реле. Снижая ЛАТРОм напряжение зафиксировать напряжение отпадания реле. Результаты измерений и вычислений мощности срабатывания испытуемых реле занести в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Результаты измерений напряжения срабатывания и отпадания реле

Тип проверяемого реле	Величина напряжения срабатывания реле, В	Величина напряжения отпадания реле, В	Паспортная величина напряжения отпадания реле, В (не менее 0,7 $U_{н}$)

4.6. Проверить время срабатывания реле и разброс времени срабатывания.

Для определения времени срабатывания реле необходимо:

Установить ЛАТРОм напряжение питания, соответствующее паспорту реле. Отключить стенд. Собрать схему для испытания реле переменного тока – рис. 6.4, а; для испытания реле постоянного тока – рис. 6.4, б. Включить стенд. Произвести измерение времени срабатывания реле. Опыт произвести 5 раз и вычислить разброс времени срабатывания в %.

Разброс времени срабатывания определить по формуле:

$$T_p = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_y} 100, \%$$

где T_{\max} и T_{\min} – максимальное и минимальное время срабатывания реле, с; T_y – уставка времени реле, с

Результаты измерений и вычислений времени срабатывания испытуемых реле занести в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Разброс времени срабатывания и отпадания реле

Тип проверяемого реле, уставка, с	Время срабатывания реле, с		Разброс времени срабатывания реле, %
	1	2	
	2		
	3		
	4		
	5		

5. Задание на работу

(Перечень испытуемых реле приведен в таблице 6.6 соответствии с номером бригады).

Таблица 6.6

Задания на испытания реле

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
Испытуемые реле	ЭВ-245	ЭВ-237	ЭВ-237	ЭВ-245	ЭВ-245	ЭВ-237	ЭВ-245	ЭВ-237
	РВ-127	РВ-144	РВ-144	РВ-127	РВ-144	РВ-144	РВ-127	РВ-144
	РВ-01	РВ-01	РВ-01	РВ-01	РВ-01	РВ-01	РВ-01	РВ-01
	РТС-61	РВП-22	РТС-61	РВП-22	РТС-61	РВП-22	РТС-61	РВП-22

5.1. Испытание реле времени РВ-100

1. Снять крышку реле. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений реле времени РВ-100. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. При снятой крышке реле произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 6.2. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 6.3, б. Заполнить табл. 6.3. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 6.3, б) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 6.4. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 6.4, б) реле. Результаты измерений занести в табл. 6.5. Заполнить п. 5 протокола испытания реле.

5.2. Испытание реле времени РВ-200

1. Снять крышку реле. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений реле времени РВ-200. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. При снятой крышке реле произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 6.2. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 6.3, а. Заполнить табл. 6.4. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 6.3, а) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 6.4. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 6.4, а) реле. Результаты измерений занести в табл. 6.5. Заполнить п. 5 протокола испытания реле.

5.3. Испытание реле РВ-01

1. Снять крышку реле. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений реле РВ-01. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. При снятой крышке реле произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 6.2. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 6.3, *а*. Заполнить табл. 6.3. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 6.3, *а*) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 6.4. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 6.4, *а*) реле. Результаты измерений занести в табл. 6.5. Заполнить п. 5 протокола испытания реле.

5.4. Испытание реле времени PTS 61

1. Снять крышку реле. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений реле времени PTS. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. При снятой крышке реле произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 6.2. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 6.3, *б*. Заполнить табл. 6.3. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 6.3, *б*) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 6.4. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 6.4, *б*) реле. Результаты измерений занести в табл. 6.5. Заполнить п. 5 протокола испытания реле.

5.5. Испытание реле РВП22

1. Снять крышку реле. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений реле РВП22. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. При снятой крышке реле произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

3. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции в соответствии с п. 4.3. Заполнить табл. 6.2. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

4. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.4 по схеме рис. 6.3, *а*. Заполнить табл. 6.3. Заполнить п. 3 протокола испытания реле.

5. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 6.3, а) в соответствии с п. 4.5. Результаты измерений занести в табл. 6.4. Заполнить п. 4 протокола испытания реле.

6. Измерить время срабатывания (рис. 6.4, а) реле. Результаты измерений занести в табл. 6.5. Заполнить п. 5 протокола испытания реле.

6. Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Перечень испытуемых реле в соответствии с номером бригады (табл. 6.7).
3. Схемы испытания реле в соответствии с номером бригады.
4. Результаты испытания каждого испытуемого реле в табличной форме. Заполнить таблицы 6.3-6.5.
5. Протоколы испытания каждого реле (по прилагаемой форме).

7. Протокол испытания реле типа _____

1. Схема внутренних соединений реле.
2. Сопротивление изоляции реле. Указать соответствие измеренного сопротивления изоляции действующим нормам.
3. Потребляемая мощность срабатывания по данным завода-изготовителя и измеренная потребляемая мощность. Указать соответствие потребляемой мощности действующим требованиям.
4. Напряжение (ток) срабатывания и отпадания реле. Указать соответствие напряжения (тока) срабатывания и отпадания реле действующим требованиям.
5. Время срабатывания и отпадания реле. Указать соответствие времени срабатывания и отпадания реле и разброса паспортным данным.
6. Заключение о пригодности реле к эксплуатации.

Протокол составил студент гр. _____ ФИО

8. Контрольные вопросы

1. В чем заключается назначение реле времени?
2. Каким образом выставить уставку на реле времени типа РВ-100?
3. Каким образом выставить уставку на реле времени типа РВ-200?
4. Каким образом выставить уставку на реле времени типа РВ-01?
5. Каким образом выставить уставку на реле времени типа РТС-61?
6. Каким образом регулируется уставка на реле времени типа РВП-22?
7. Какое минимальное сопротивление изоляции должно быть у реле времени?
Как и чем оно измеряется?
8. Каковы требования к напряжению срабатывания и отпадания реле?
9. Каким требованиям должна удовлетворять мощность, потребляемая реле?
10. На реле времени типа РВ-100 требуется установить время действия 1 с. при минимально возможном разбросе. Какое реле более целесообразно использовать для этой цели: со шкалой 0,1-1,3 с или со шкалой 0,5-9 с и почему?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

РЕЛЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

1. Цель работы

Ознакомление с назначением, устройством и принципом действия реле тока и напряжения обратной последовательности, проверка их основных электрических характеристик и испытание при различных режимах работы сети.

2. Краткая теория

К реле симметричных составляющих относятся реле, в преобразующую часть которых входят фильтры симметричных составляющих прямой и обратной последовательности. Под фильтром симметричных составляющих понимается устройство, на выходе которого получают ток или напряжение, пропорциональное соответствующим симметричным составляющим входных величин.

Для фильтра напряжений обратной последовательности:

$$U_{\text{вых.х.х}} = M_{\text{х.х}} \cdot U_{\text{вх.2}}, \quad (7.1)$$

где $U_{\text{вых.х.х}}$ – напряжение холостого хода на выходе фильтра (реагирующий орган отключен); $U_{\text{вх.2}}$ – составляющая обратной последовательности напряжений, подводимых к входным зажимам фильтра; $M_{\text{х.х}}$ – коэффициент пропорциональности.

Для фильтра токов обратной последовательности:

$$I_{\text{вых}} = M_{\text{к.з}} \cdot I_{\text{вх.2}}, \quad (7.2)$$

где $I_{\text{вых}}$ – ток на выходе фильтра в режиме КЗ (выходные зажимы замкнуты);

$I_{\text{вх.2}}$ – составляющая обратной последовательности токов, подводимых к входным зажимам фильтра;

$M_{\text{к.з}}$ – коэффициент пропорциональности (комплексная величина).

2.1. Реле напряжения обратной последовательности РНФ-1М

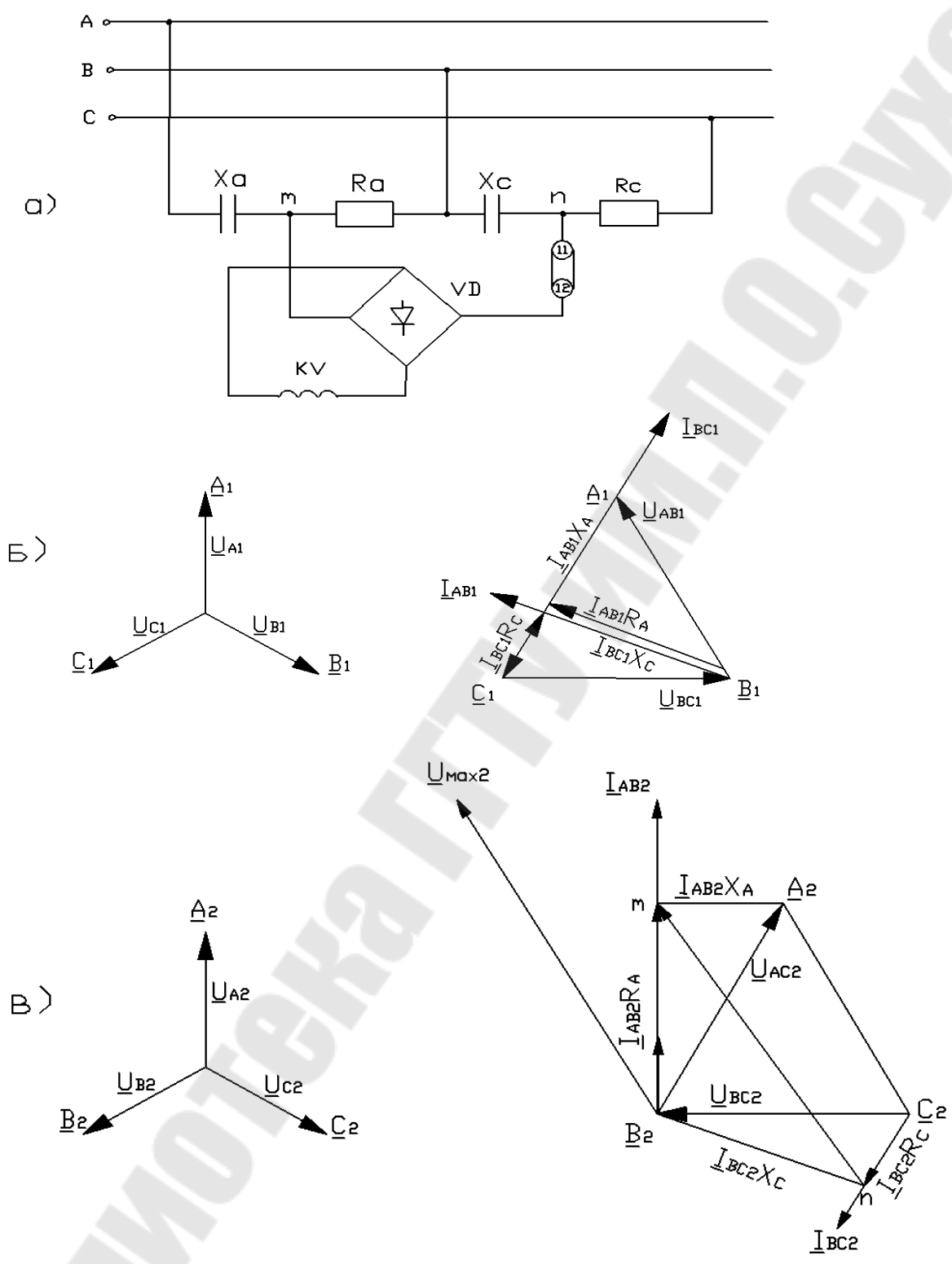


Рис. 7.1. Реле напряжения обратной последовательности а) схема реле; б) векторная диаграмма при подведении к фильтру системы напряжения прямой последовательности; в) при подведении обратной последовательности

Реле максимального напряжения обратной последовательности типа РНФ-1М предназначено для использования в схемах защиты в качестве органа, реагирующего на напряжение обратной последовательности при возникновении несимметричных КЗ. На напряжения прямой и нулевой последовательности реле не реагирует.

В реле напряжения обратной последовательности (рис. 7.1, а) используется активно-емкостной фильтр. К входным зажимам фильтра (клеммы 2, 4, 6) подаются напряжения U_a , U_b и U_c . К выходным зажимам подключается исполнительный элемент – реле напряжения типа РН-50, обмотка которого включается на фильтр через выпрямительный мост.

Анализ работы фильтра ведется с помощью векторных диаграмм (рис. 7.1. б, в) при ХХ (накладка 11-12 снята) и поочередной подаче на фильтр системы симметричных напряжений прямой последовательности и затем - обратной последовательности.

Как следует из векторной диаграммы (рис. 7.1. б), равенство потенциалов выходных зажимов фильтра (точка m совпадает с точкой n) обеспечивается при подведении к фильтру системы напряжений прямой последовательности при условиях:

$$R_a = \sqrt{3}X_a \text{ и } X_c = R_c, \text{ т. е. при } R_a/X_c = X_a/R_c.$$

При этом вектор тока в плече А опережает вектор напряжения \underline{U}_{ab} на 30° , а в плече С вектор напряжения \underline{U}_{bc} – на 60° .

Если к фильтру подведена система симметричных напряжений обратной последовательности, то потенциалы точек m и n оказываются не равными, на выходе фильтра появляется некоторое напряжение \underline{U}_{mn} (рис. 7.1. в). Если за исходное в качестве входного напряжения $\underline{U}_{вх.2}$ принять междуфазное напряжение \underline{U}_{ab} , т. е. $\underline{U}_{вх.2} = \underline{U}_{ab2}$, то:

$$U_{mn.хх} = 1,5 \cdot e^{j60} \cdot U_{ab.2}, \quad (7.3)$$

где $1,5 \cdot e^{j60} = M_{х.х.}$ – коэффициент, показывающий, что на выходе фильтра при подведении к нему системы междуфазных напряжений обратной последовательности появится напряжение в 1,5 раза большее междуфазного напряжения U_{ab2} и сдвинутое по фазе относительно него на угол 60° в сторону опережения.

Если же за входное принять фазное напряжение $\underline{U}_{вх.2} = \underline{U}_{a2}$, то:

$$U_{mn.xx} = 1,5 \cdot e^{j60} \cdot U_{ab.2}, \quad M_{x.x.} = 1,5 \cdot \sqrt{3} \cdot e^{j30}. \quad (7.4)$$

При несимметричных КЗ напряжения в месте установки реле представляются геометрической суммой составляющих напряжений прямой, обратной и нулевой последовательностей. Но так как системы напряжений прямой и нулевой последовательностей не вызывает появления напряжения на выходе фильтра, то при несимметричных КЗ напряжение на выходе фильтра будет определяться только составляющей обратной последовательности.

2.2. Реле тока обратной последовательности типа РТФ - 1М

Реле тока обратной последовательности РТФ-1М предназначено для использования в схемах защиты в качестве органа, реагирующего на появление токов обратной последовательности при возникновении несимметричных КЗ в защищаемой сети. На токи прямой и нулевой последовательности реле не реагирует.

Реле состоит из трансформаторного фильтра тока обратной последовательности (ФТОП), выпрямительного моста и исполнительного органа (рис. 7.2, а). В качестве исполнительного органа использовано реле напряжения типа РН-50. Реле имеет два диапазона уставок. Для увеличения уставок в 2 раза в выходную цепь фильтра вводится добавочный резистор R3, включаемый последовательно с выпрямительным мостом VD. Перемычка 13 – 14 при этом снята.

В фильтр тока обратной последовательности входят трансформатор тока ТТ и трансреактор ТР (трансформатор с воздушным зазором). Каждый из трансформаторов имеет две первичные обмотки, включенные для компенсации токов нулевой последовательности на разность токов двух фаз. По первичным обмоткам ТТ проходит разность токов $\underline{I}_a - \underline{I}_c$, по первичным обмоткам ТР – разность $\underline{I}_b - \underline{I}_c$. Вторичная обмотка ТТ присоединена к регулируемому резистору R1, падение напряжения на нем пропорционально разности токов $\underline{I}_c - \underline{I}_a$ и совпадает с ней по фазе:

$$U_{r1} = k_{тт} \cdot (I_c - I_a) \cdot R_1, \quad (7.5)$$

где $k_{тт} = W_{1тт} / W_{2тт}$ – коэффициент трансформации ТТ.

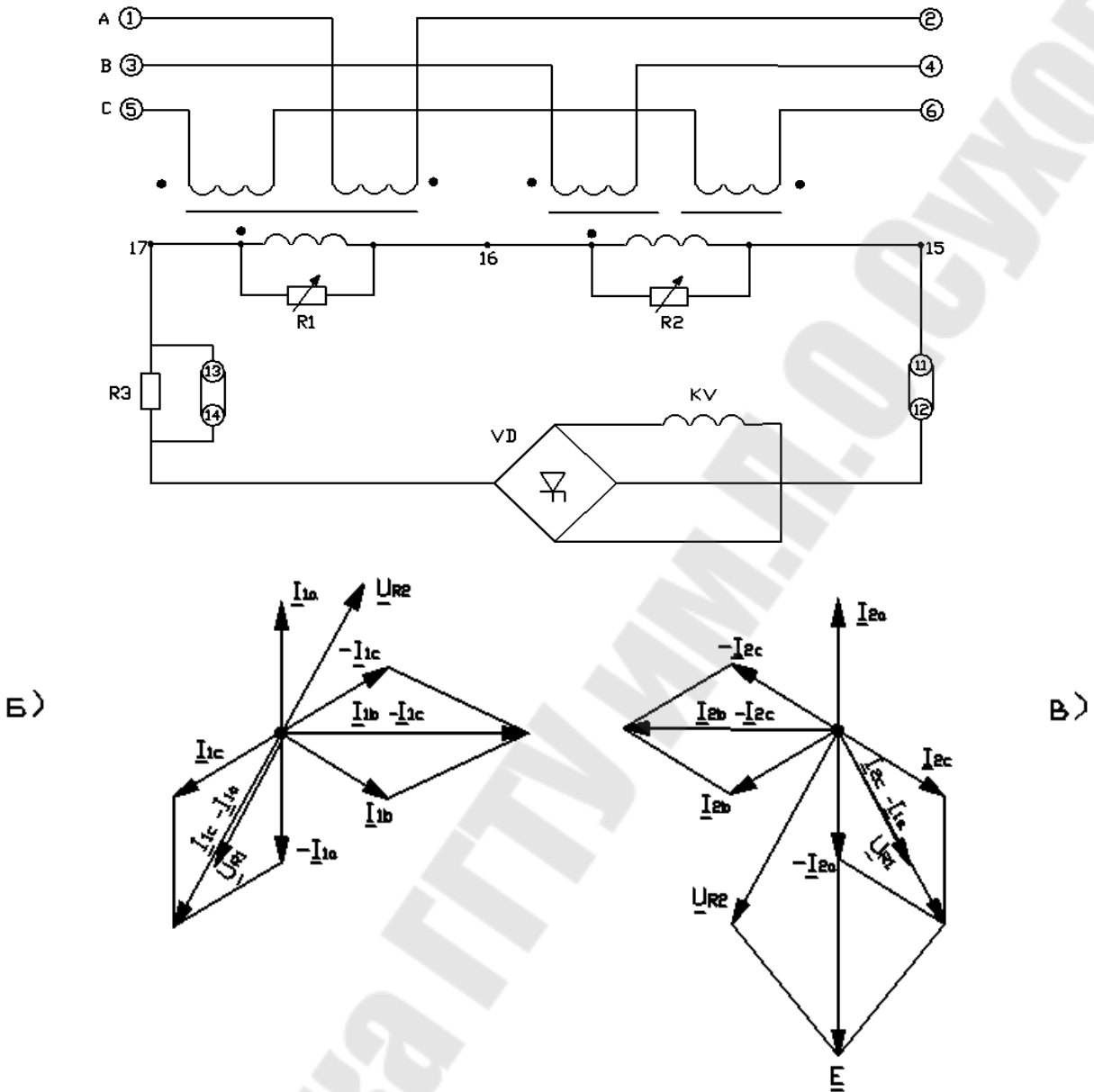


Рис. 7.2. Схема внутренних соединений реле РТФ-1М (а) и векторные диаграммы при подаче тока прямой последовательности (б) и при подаче тока обратной последовательности (в)

Вторичная обмотка ТР также присоединена к регулируемому резистору R2. Падение напряжения на нем пропорционально разности первичных токов и опережает ее по фазе на некоторый угол.

Электродвижущая сила фильтра $\underline{E}_{фт}$ равна сумме падений напряжений на сопротивлениях резисторов R1 и R2 ненагруженного фильтра (перемычка 11 – 12 разомкнута). При подаче на вход фильтра симметричной системы токов прямой последовательности ЭДС

фильтра $E_{\text{фт}}$ должна быть равна нулю. Исходя из этого, определяют необходимые соотношения между параметрами фильтра.

Из векторных диаграмм (рис. 7.2, б, в) видно, что вектор разности токов $I_{1b} - I_{1c}$ опережает вектор разности токов $I_{1c} - I_{1a}$ на угол 120° . Напряжение на сопротивлении резистора R1 совпадает по фазе с вектором $I_{1c} - I_{1a}$. Очевидно, что для того, чтобы ЭДС фильтра была равна нулю, напряжение на сопротивлении резистора R2 должно опережать по фазе вектор $I_{1b} - I_{1c}$ на угол 60° и по абсолютному значению быть равным напряжению на сопротивлении резистора R1, что выполняется при условии:

$$\frac{W_{1\text{ТТ}}}{W_{2\text{ТТ}}} \cdot R_1 = 0,5 \cdot \frac{W_{1\text{ТТ}}}{W_{2\text{ТТ}}} \cdot R_2.$$

При подаче напряжения на фильтр симметричной системы токов обратной последовательности равные значения напряжений на резисторах R1 и R2 сдвинуты по фазе на угол 60° .

Описание лабораторного стенда

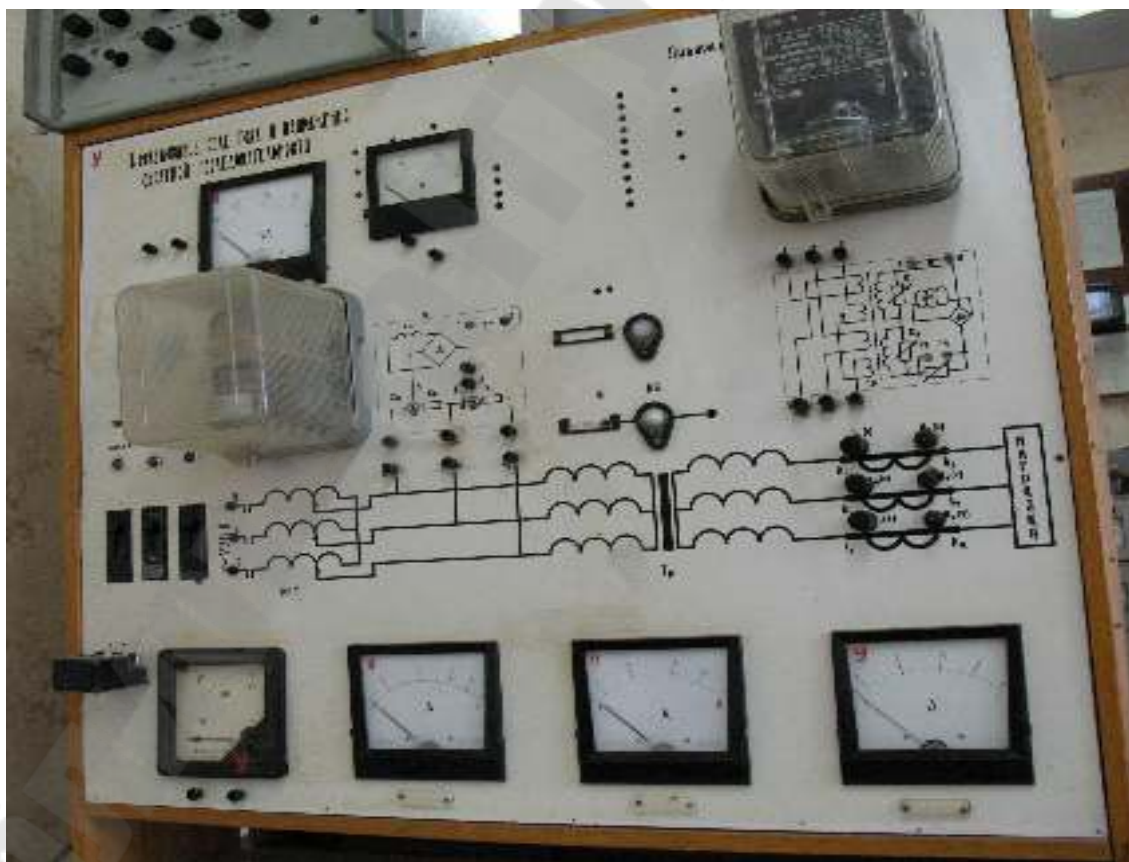


Рис. 7.3. Внешний вид лабораторного стенда

На лабораторном стенде (рис. 7.3) помещены испытуемые реле тока и напряжения обратной последовательности, схемы их внутренних соединений и аппаратура для измерения и регулирования тока и напряжения в схеме.

4. Порядок выполнения работы

Ознакомиться с назначением, устройством и принципом действия реле напряжения и тока обратной последовательности.

4.1. Испытание реле напряжения обратной последовательности

1. Установить с помощью РНТ величину междуфазного напряжения 100 В.

2. Проверить с помощью фазоуказателя, помещенного на стенде, порядок чередования фаз питающей сети. При правильном чередовании фаз вращение диска фазоуказателя должно совпадать с направлением стрелки.

3. Собрать схему рис. 7.4. Измерить значения трех междуфазных напряжений. Их значения не должны отличаться друг от друга более чем на 1,5 В. Для измерения междуфазных напряжений необходимо использовать электронный вольтметр.

4. Снять перемычку 11-12. Подать на вход реле (клеммы 2, 4, 6 реле РНФ) (рис. 7.4. а) симметричную систему напряжений прямой последовательности.

5. Подключив к выходным зажимам фильтра электронный вольтметр (рис. 7.4. а, точки m и n), измерить значение напряжения небаланса $U_{\text{нб.ф}}$ при подведении к фильтру системы напряжений прямой последовательности. С разрешения преподавателя произвести регулировку фильтра путем изменения сопротивлений регулируемых резисторов так, чтобы $U_{\text{нб.ф}}$ не превышало 2 В. Результаты измерений занести в таблицу 7.1.

6. При той же схеме питания фильтра измерить распределение напряжений (U_{Xa} , U_{Ra} , U_{Rc} , U_{Xc}) на его элементах. Вычислить соотношение напряжений $U_{\text{Rc}}/U_{\text{Xc}}$, $U_{\text{Ra}}/U_{\text{Xa}}$. Необходимо, чтобы соотношение падений напряжений составляло (с точностью 1...2 %):

$$\frac{U_{\text{Rc}}}{U_{\text{Xc}}} = \frac{U_{\text{Ra}}}{U_{\text{Xa}}} = 3.$$

7. По полученным значениям напряжений в масштабе построить векторную диаграмму напряжений фильтра и сравнить ее с векторной диаграммой рис. 7.1, б.

8. При снятой перемычке 11-12 подать на вход реле (клеммы 2, 4, 6) симметричную систему напряжений обратной последовательности (рис. 7.4, б).

9. Подключив к выходным зажимам фильтра электронный вольтметр (рис. 7.4, б, точки m и n), измерить значение напряжения на выходе фильтра U_{mn} при подведении к фильтру системы напряжений обратной последовательности. При той же схеме питания фильтра измерить распределение напряжений на его элементах (U_{Xa} , U_{Ra} , U_{Rc} , U_{Xc}).

10. По полученным значениям напряжений в масштабе построить векторную диаграмму напряжений фильтра и сравнить ее с векторной диаграммой рис. 7.1, в.

11. Проверить уставки срабатывания реле при имитации двухфазного КЗ, для чего:

- Установить перемычку 11-12;
- Установить напряжение на выходе РНТ равным нулю. Собрать схему рис. 7.4, в;
- Для каждого значения уставки на шкале исполнительного органа путем плавного увеличения напряжения зафиксировать значение, при котором контакты реле надежно замыкаются, т.е. определить напряжение срабатывания $U_{ср}$;
- плавно уменьшая напряжение, зафиксировать напряжение возврата реле $U_{в}$;
- определить коэффициент возврата $K_{в}$;
- полученные данные занести в таблицу 7.1.

Примечание: Учесть при выполнении п. 12, что вольтметр измеряет междуфазное напряжение обратной последовательности, увеличенное в 3 раза (рис. 7.4, б, в) $U_y = 3U_{мф2}$, а шкала градуируется в значениях напряжения обратной последовательности на входе устройства.

12. Собрать схему рис. 7.4, а. Установить напряжение на входе фильтра реле равным 100 В. Отключая поочередно автоматами на стенде питание фазы А, В, С, измерить напряжение на выходе фильт-

ра U_{mn} . Результаты измерений занести в табл. 7.2. Объяснить полученные результаты.

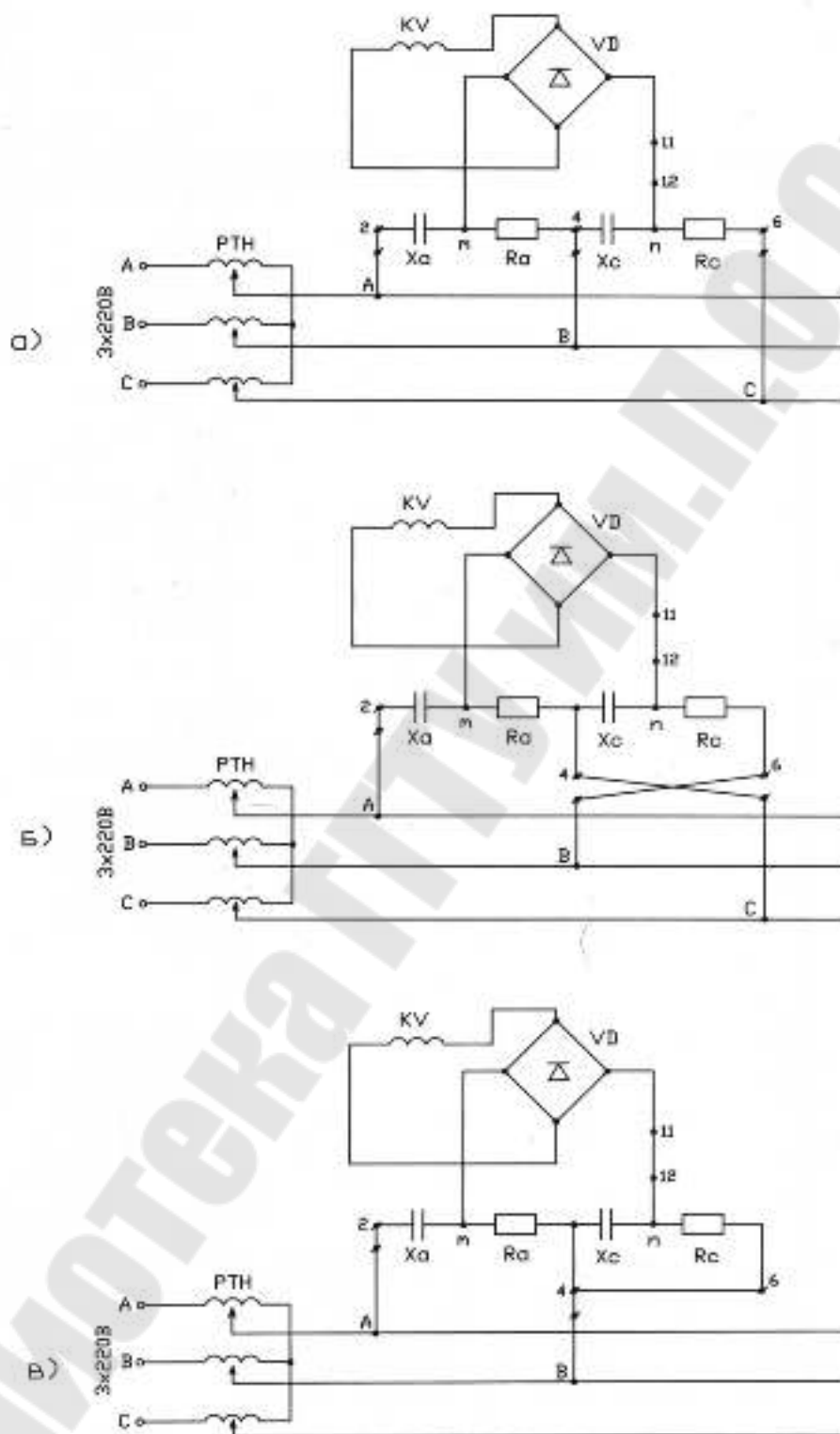


Рис. 7.4. Испытание реле напряжения обратной последовательности: а) при прямой последовательности напряжений; б) при обратной последовательности напряжений; в) при имитации двухфазного КЗ

Таблица 7.1

Измеренные напряжения на элементах фильтра, В						Уставка на шкале реле	Напряжение срабатывания $U_{ср}$, В	Напряжение возврата $U_{в}$, В	Коэфф. возврата $K_{в}$
	U_{mn}	U_{Xa}	U_{Ra}	U_{Xc}	U_{Rc}				
При подаче на вход прямой послед									
При подаче на вход обратн. послед									

Таблица 7.2

Отключенная фаза	Напряжение на выходе фильтра U_{mn} , В
А	
В	
С	

4.2. Испытание реле тока обратной последовательности РТФ

1. Для испытания реле тока обратной последовательности собрать схему рис. 7.5, а. Перемычку 11-12 на реле снять. Установить с помощью РНТ ток через реле равным 5 А. Измерить напряжения на выходе вторичных обмоток фильтра U_{15-16} , U_{16-17} и U_{15-17} . Для измерения напряжений необходимо использовать электронный вольтметр. Результаты измерений занести в табл. 7.3.

2. Для испытания реле тока обратной последовательности собрать схему рис. 7.5, б. Перемычку 11-12 на реле снять. Установить с помощью РНТ ток через реле равным 5 А. Измерить напряжения на выходе вторичных обмоток фильтра U_{15-16} , U_{16-17} и U_{15-17} . Для измерения напряжений необходимо использовать электронный вольтметр. Результаты измерений занести в табл. 7.3. Схему не разбирать и перейти к опыту п. 3.

Вывести РНТ. Установить перемычку 11-12. На выход фильтра подключить электронный вольтметр (клеммы 15-17). Увеличивая ток, зафиксировать напряжение срабатывания реле. Уменьшая ток, зафиксировать напряжение возврата реле. Вычислить коэффициент возврата. Результаты измерений и вычислений занести в табл. 7.3. Схему не разбирать и перейти к опыту п. 5.

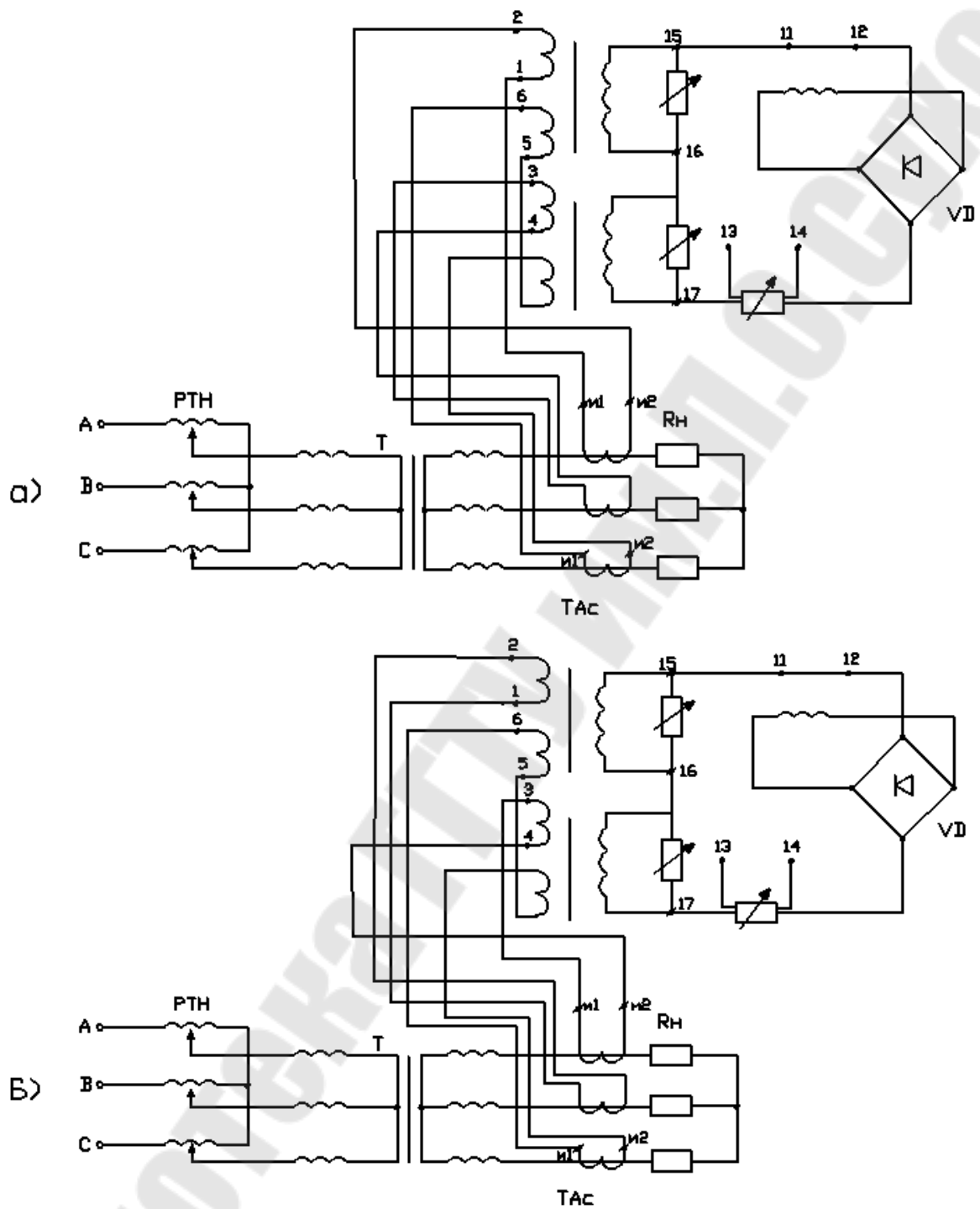


Рис. 7.5. Испытание реле тока обратной последовательности
 а) схема испытания при подаче тока прямой последовательности;
 б) схема испытаний при подаче тока обратной последовательности

Таблица 7.3

Измеренные напряжения на выходе фильтра, В			Уставка на шкале реле	Напряжения срабатывания, $U_{ср}$, В	Напряжения возврата, $U_{в}$, В	Кoeff. возврата $K_{в}$
	U_{15-16}	U_{16-17}				
При подаче на вход прямой послед						
При подаче на вход обратн послед						

Таблица 7.4

Отключенная фаза	Напряжение на выходе фильтра U_{15-17} , В
А	
В	
С	

4. Построить векторные диаграммы напряжений на выходе фильтра при подаче токов прямой и обратной последовательности. И сравнить результаты построения с векторными диаграммами рис. 7.2.

5. Установить ток на входе реле равным 5 А. На выход фильтра подключить электронный вольтметр (клеммы 15-17). Отключая поочередно автоматами на стенде питание фазы А, В, С, измерить напряжение на выходе фильтра U_{15-17} . Результаты измерений занести в табл 7.4. Объяснить полученные результаты.

5. Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Схемы внутренних соединений реле.
3. Векторные диаграммы напряжений, построенные на основании экспериментальных данных в масштабе.

6. Контрольные вопросы

1. В каких защитах используются реле напряжения обратной последовательности типа РНФ?
2. В каких защитах используются реле тока обратной последовательности типа РТФ?

3. Почему к фильтру напряжения обратной последовательности целесообразно подавать систему междуфазных, а не фазных напряжений?

4. Почему при отклонении частоты от 50 Гц напряжение небаланса активно-емкостного фильтра реле напряжения обратной последовательности возрастает?

5. Доказать, что при взаимной перемене зажимов 4 и 6 реле типа РНФ будет представлять собой фильтр напряжений прямой последовательности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Реле защиты на интегральных микросхемах

1. Цель работы

Ознакомление с назначением, устройством и принципом действия реле защиты на интегральных микросхемах, определение их основных характеристик.

2. Краткая теория

В номенклатуре электротехнических предприятий имеет место целый ряд типов реле защиты на операционных усилителях или интегральных микросхемах.

Структурная схема реле защиты содержит пять основных узлов:

– узел измерения (УИ), содержащий измерительные преобразователи или датчики тока и напряжения, подающие ток или напряжение на реле от измерительных трансформаторов защищаемого объекта;

– узел формирования (УФ), в котором получают из поступающих входных сигналов специально сформированные напряжения переменного или выпрямленного тока, требуемые для реализации характеристики реле после их сопоставления в узле сравнения;

– узел сравнения (УС), служащий для дальнейшего преобразования сравниваемых напряжений в форму, удобную для сравнения и получения на выходе узла управляющего сигнала, когда результат сравнения свидетельствует о соответствии поданных на реле токов и напряжений условиям его срабатывания;

– узел выхода (УВ) обеспечивает действие содержащегося в нем электромеханического 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 микросхем и исполнительного выходного реле.

Ниже рассматриваются устройство и принцип действия реле тока типа РСТ и реле напряжения типа РСН, озданных на базе операционных усилителей, а также реле времени типа РВ-01 и промежуточного реле типа РП-18, логические функции которых также реализуются с помощью электронных схем.

2.1. Реле максимального тока РСТ 11 - РСТ 14

Реле максимального тока РСТ11-РСТ14 предназначены для использования в качестве измерительных органов токовых защит.

Схема реле выполнена на времяимпульсном принципе, гарантирующем хорошую помехоустойчивость реле. Принятое исполнение обеспечивает также четкую работу реле при больших кратностях тока повреждения по отношению к номинальному току трансформаторов тока, когда их погрешность может достигать 80-90 %.

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. Так, реле РСТ11 рассчитаны на питание переменным оперативным током напряжением 220 В, с рабочей частотой 50 Гц. Реле РСТ13 рассчитаны на питание постоянным током напряжением 220 В.

В условном обозначении реле, приводимом в заводской информации, первым указывается номер серии реле, далее располагается двухзначное число, обозначающее максимальную уставку по току реле данного исполнения. Имеется семь вариантов типовых исполнений, записываемых следующими числами: 04 на ток 0.2 А, 09 - 0.6 А, 14 - 2 А, 19 - 6 А, 24 - 20 А, 29 - 60 А, 32 - 120 А.

Третий знак условного обозначения - цифры 1 или 5 обозначают соответственно переднее или заднее подключения соединительных проводов. В конце условного обозначения приводится вид климатического исполнения реле: УХЛ4 для умеренного климата и 04 – для тропических условий. Нормальная работа реле в зоне умеренного климата гарантируется в диапазоне температур окружающей среды от -20 до $+55^{\circ}\text{C}$.

Так, условное обозначение РСТ13-19-1-УХЛ4 указывает на то, что реле относится к реле максимального тока, предназначено для использования в сетях с промышленной частотой 50 Гц на объектах с постоянным оперативным током напряжением 220 В, наибольшая уставка реле по току 6 А, подсоединение внешних проводов – переднее, а само реле должно работать в условиях умеренного климата.

На рис. 8.1 в качестве примера приведена структурная схема реле РСТ13 и его принципиальная схема. Измерительный узел реле представляет собой промежуточный трансформатор тока ТА, а узлом формирования служит выпрямительный мост V1. Преобразующей частью узла сравнения является однопороговый компаратор А1, кото-

рый используется одновременно как первая ступень сравнения, определяющая ток срабатывания реле, так как поступающий сигнал сравнивается с заданным опорным напряжением. Для установки опорного сигнала, с помощью которого задается уставка реле, предусмотрены переключатели уставок SB1 – SB5. Ими шунтируется часть резисторов, образующих делитель напряжения, питающийся от источника постоянного напряжения 15 В.

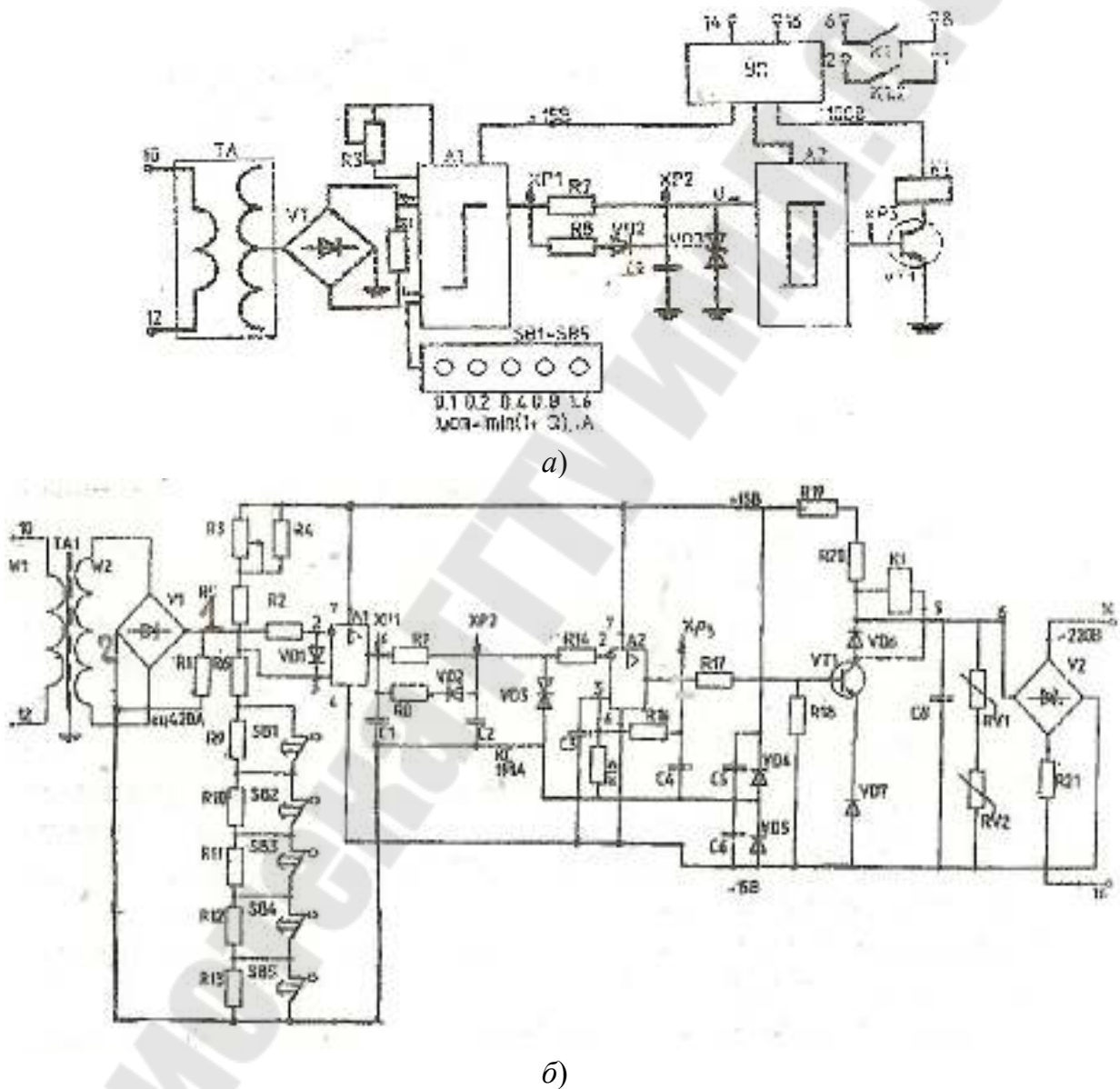


Рис.8.1. Структурная (а) и принципиальная (б) схемы реле РСТ-13

Таблица 8.1

Характеристики реле максимального тока

Тип реле	Пределы уставки на ток срабат., А	Номинальный ток, А	Напряжение питания, В	Мощность, потреб- ляемая реле при токе минимальной уставки, ВА
PCT-11-04	0,05-0,2	0,4	~220	0,1
PCT-11-09	0,15-0,6	1,6		0,1
PCT-11-14	0,5-2,0	2,5		0,1
PCT-11-19	1,5-6,0	10		0,2
PCT-11-24	5-20	16		0,2
PCT-11-29	15-60	16		0,8
PCT-11-32	30-120	16		2,4
PCT-13-04	0,05-0,2	0,4		0,1
PCT-13-09	0,15-0,6	1,6		0,1
PCT-13-14	0,5-2,0	2,5		0,1
PCT-13-19	1,5-6,0	10	-220	0,2
PCT-13-24	5-20	16		0,2
PCT-13-29	15-60	16		0,8
PCT-13-32	30-120	16		2,4
PCT-12-04	0,05-0,2	0,4	~220	0,1
PCT-12-19	1,5-6,0	10		0,2
PCT-12-24	5-20	16		0,2
PCT-12-29	15-60	16		0,8
PCT-12-32	30-120	16	2,4	
PCT-14-04	0,05-0,2	0,4	-220	0,1
PCT-14-09	0,15-0,6	1,6		0,1
PCT-14-14	0,5-2,0	2,5		0,1
PCT-14-19	1,5-6,0	10		0,2
PCT-14-24	5-20	16		0,2
PCT-14-29	15-60	16		0,8
PCT-14-32	30-120	16		2,4

Выходной сигнал однопорогового компаратора поступает на интегрирующую цепочку, содержащую резисторы R7, R8, диод VD2, конденсатор C2 и стабилитроны VD3. Пороговым элементом этой цепочки и одновременно исполнительной частью узла сравнения служит триггер Шмитта A2.

Узел выхода реле состоит из транзистора VT1 и выходного электромагнитного реле типа РП13.

Узел питания (УП) представляет собой делитель напряжения на резисторах, в составе которого имеются стабилитроны, поддерживающие уровень напряжения 15 В.

В компараторе А1 и триггере Шмитта А2 используются операционные усилители типа К140УД7.

По своим техническим данным реле серий РСТ11-РСТ14 близки к электромагнитным реле максимального тока типа РТ-40. Так, коэффициент возврата реле РСТ превышает 0,9, а время действия при $1,2I_{cp}$ составляет не более 60 мс, а при $3I_{cp}$ – не более 35 мс. Наибольшее время возврата реле доходит до 70 мс. Мощность, потребляемая реле из сети оперативного тока равна 7 Вт в нормальном режиме и 8,5 Вт в режиме срабатывания.

Чтобы выставить заданный ток срабатывания реле, нужно установить соответствующие переключатели SB1-SB5 в выступающее положение. При этом риски на торцах головок переключателей будут направлены в сторону выбранных чисел.

Ток уставки реле равен:

$$I_{уст} = I_{min} \cdot (1 + N), \text{ А,}$$

где: I_{min} – минимальный ток уставки, равный 1/4 значения тока, соответствующему второму числу в условном обозначении реле;

N – сумма чисел, нанесенных под переключателями, поставленными в выступающее положение.

2.2. Реле максимального и минимального напряжений РСН14-РСН17

Каждая из серий имеет несколько типовых исполнений. 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, срабатывающее при понижении напряжения в сети.

По своему устройству реле серий РСН14-РСН17 подобны реле РСТ. Различаются они лишь тем, что вместо датчика тока в них установлен датчик напряжения. Датчик напряжения содержит промежуточный трансформатор и два добавочных резистора, включенных последовательно в цепь его первичной обмотки. Датчик имеет три вывода, которые дают возможность использовать реле в двух диапазонах рабочих напряжений. Переход в другой диапазон обеспечивается за счет исключения одного из добавочных резисторов. В остальной части схема реле ничем не отличается от схемы реле тока РСТ, приведенной на рис. 8.1.

Таблица 8.2

Характеристики реле минимального и максимального напряжений

Тип реле	Напряже- ние сраба- тывания, В	Номинальное напряжение., В		Час- тота Гц	Кoeffи- циент возвра- та	Напряже- ние пита- ния, В	Потреб- ляемая мощность при напря- жении мин. уст., ВА
		1 диап.	2 диап.				
PCN14-23	12-60	30	60	50	0,9	-220	0,025
PCN14-28	40-200	100	200		0,9		0,1
PCN14-30	50-250	120	240		0,95		0,11
PCN14-33	80-400	200	400		0,9		0,1
PCN15-23	12-60	30	60		0,9		0,025
PCN15-28	40-200	100	200		0,9		0,1
PCN15-30	50-250	120	240		0,95		0,11
PCN15-33	80-400	200	400		0,9		0,1
PCN16-23	12-60	30	60		0,9		0,025
PCN16-28	40-200	100	200		1,1		0,1
PCN16-33	80-400	200	400				0,1
PCN17-23	12-60	30	60				0,025
PCN17-28	40-200	100	200		1,1		0,1
PCN17-33	80-400	200	400				0,1
PCN14-50	12-60	30	60		0,9		0,025

У реле минимального напряжения изменено подключение входных выводов операционного усилителя, входящего в схему компаратора А1. У таких реле опорное напряжение подается на не инвертирующий вход ОУ, а напряжение от датчика напряжения поступает на инвертирующий вход. Поэтому при подаче на реле нормального напряжения выходное реле остается в отпавшем положении и срабатывает, когда поданное напряжение падает ниже напряжения уставки, определяемой значением опорного напряжения.

Маркировка реле РСН14-РСН17 такая же, как и у реле РСТ. Первым стоит номер серии реле. Серии РСН14 и РСН16 рассчитаны на питание оперативным постоянным током напряжением 220 В, а реле серии РСН15 и РСН17 питаются от источника переменного тока напряжением 220 В. За номером серии следует двухзначное число, которое отражает рабочую частоту реле, диапазоны уставок по напряжению и номинальное напряжение реле.

Технические данные реле серии РСН14-РСН15 практически совпадают с соответствующими параметрами реле РСТ. Реле имеют один замыкающий и один размыкающий контакты.

Коэффициент возврата у реле максимального напряжения составляет не менее 0,9, а у реле минимального напряжения не выше 1,1. У реле максимального напряжения с высоким коэффициентом возврата исполнений 30, у которых он должен быть не менее 0,95, предусмотрена регулировка возврата с помощью переменного резистора, установленного в цепи выходного триггера Шмитта.

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

$$U_{уст} = U_{min} \cdot (1 + N), \text{ В,}$$

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

2.3. Реле времени типа РВ-01

Реле времени предназначены для использования в схемах устройств релейной защиты и системной автоматики для селекции управляющих сигналов по длительности либо для передачи их в контролируемые электрические цепи с установленной выдержкой времени. Схема реле времени типа РВ-01 (рис. 8.2) содержит времязадающую часть, воздействующую при срабатывании на выходное электромагнитное реле. Для получения временной задержки в реле используется принцип заряда конденсатора от фиксированного начального уровня до уровня срабатывания пороговой схемы. С целью исключения влияния колебаний напряжения питания на величины выдержек времени напряжение на зарядной цепи С1-Р15-Р33 стабилизировано стабилитронами V1-V3 и защищено от импульсных помех конденсатором фильтра С3. Управление работой реле осуществляется подачей (снятием) напряжения питания. При пуске реле происходит быстрый заряд конденсатора С1 через резистор R1, а также через резисторы R15-R33 и конденсатор С2, до начального напряжения, приблизительно равного падению напряжения на стабилитроне V1. В этот момент происходит открывание диода V4 и ток резистора R1 переключается из цепи диода V5 в цепь диода V4. Диод V5 запирается и дальнейший заряд конденсатора С1 происходит по цепи резисторов R15-R33. В этот момент, когда напряжение на конденсаторе

С1 превысит напряжение срабатывания пороговой схемы, открывается переход эмиттер – база транзистора V7 и зарядный ток начинает ответвляться в эту цепь. Ток эмиттера транзистора V7 передается в цепь его коллектора без значительных потерь и как только величина этого тока превысит ток запирающего смещения транзистора V8, определяемого резистором R3, в цепи базы транзистора V8 появляется ток открывающего смещения. При этом транзистор V8 переходит в активный режим, а в цепи его коллектора начинает протекать ток, усиленный в B раз, где B – коэффициент усиления транзистора. Появление шунтирующего тока приводит к снижению напряжения на резисторе R4, в то время как напряжение на конденсаторе С1 не может уменьшиться скачком. Разность потенциалов эмиттера и базы транзистора V8 возрастает, что приводит к увеличению тока в цепи эмиттера транзистора V7. Это ведет к дальнейшему снижению напряжения на резисторе R4 и увеличению тока эмиттера транзистора V7. Процесс развивается лавинообразно и завершается насыщением транзисторов V7, V8 и V10 и срабатыванием реле К. Конденсатор С1 начинает разряжаться на резистор R2 и переходы эмиттер-база транзисторов V7, V8, V10. В конце разряда открывается диод V5 и ток резистора R1 переключается на цепь эмиттера транзистора V7, благодаря чему обеспечивается поддержание насыщенного состояния транзисторов V7, V8, а, следовательно, и V10. При снятии напряжения питания происходит возврат схемы в исходное состояние.

Для обеспечения независимости реле от полярности питающего напряжения на работу на переменном токе питание схемы реле производится через выпрямительный мост V17. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения на переменном токе, а также для снижения потребления и защиты от импульсных помех на постоянном токе используется активно-емкостный фильтр (R13, R14, C3, R37 на схеме рис. 8.2).

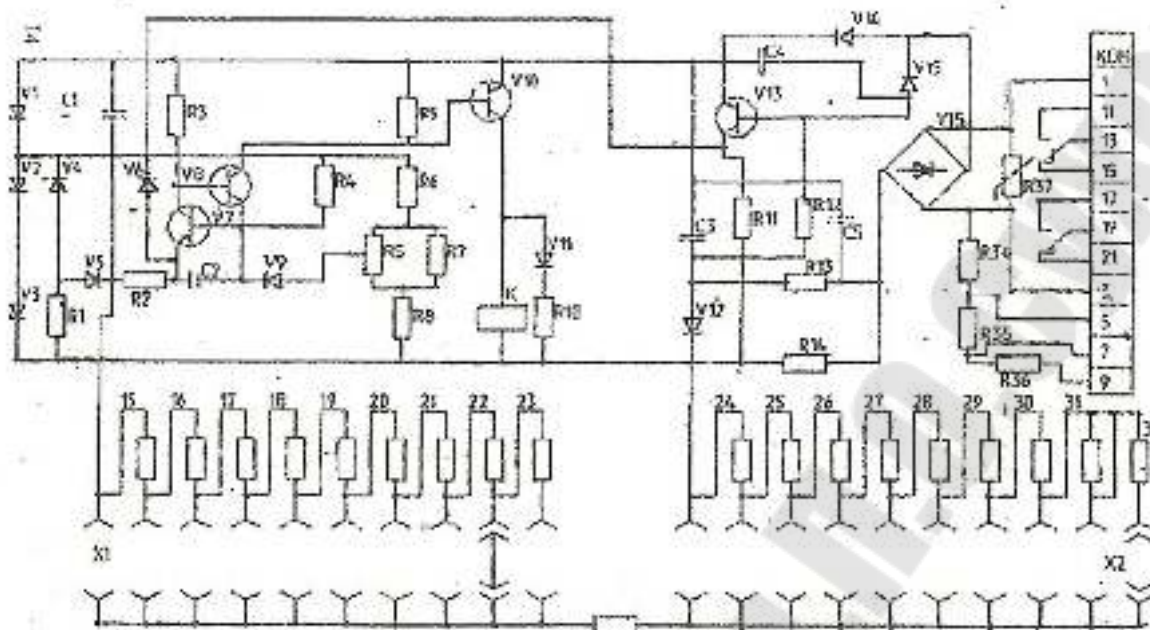


Рис.8.2. Схема электрическая принципиальная реле времени типа PB-01 на напряжение 100, 220В, 380 В переменного тока

Балластные резисторы в цепи питания выбираются по условиям нормального функционирования статической части схемы и обеспечения напряжения на обмотке реле, превышающего напряжение возврата. Необходимая для срабатывания реле K кратность напряжения обеспечивается за счет энергии, накопленной конденсатором $C3$, однако для накопления этой энергии требуется время, сравнимое с минимальными выдержками реле времени. Для того, чтобы процесс заряда конденсатора фильтра не вызывал появления дополнительных погрешностей выдержек времени, питание цепи заряда $C3$ и стабилитронов $V1-V3$ производится через отдельные резисторы $R13$ и $R14$, связанные через диод $V12$. Величина сопротивления резистора $R14$ такова, чтобы ток через стабилитроны $V1-V3$ появлялся скачком при подаче напряжения питания минимально допустимой величины. Время заряда конденсатора $C3$ определяется выбором величин емкости $C3$ и сопротивления резистора $R13$ и установлено меньше длительности задержки, создаваемой схемой реле, так что к моменту срабатывания пороговой схемы диод $V12$ уже открыт, и питание всей схемы происходит через параллельно соединенные таким образом резисторы $R13$ и $R14$. Наличие реактивных элементов – конденсаторов в схеме реле времени приводит к тому, что при снятии напряжения питания напряжения на элементах схемы не исчезают мгновенно.

венно, а спадают во времени, иногда достаточно долго. Это явление существенно увеличивает время подготовки реле к последующему срабатыванию при заданной дополнительной погрешности. С целью существенного сокращения времени подготовки реле в схему введен специальный каскад на транзисторе V13, обеспечивающий быстрый разряд конденсаторов схемы после снятия напряжения питания. При наличии питающего напряжения транзистор V13 заперт за счет падения напряжения на диоде V14 от тока потребления схемы. При снятии напряжения питания транзистор переходит в режим насыщения за счет открывающего тока через резистор R12. При этом конденсатор C₃ разряжается на сопротивление резистора R11, величина которого в 4 раза меньше величины сопротивления резистора R12. Одновременно через диод V6 обеспечивается разряд конденсатора C1 и запирающие транзисторов пороговой схемы, исключая возможность кратковременного дребезга выходного реле при снятии напряжения питания. Шунтирование диода V14 конденсаторами C4, C5 обеспечивает некоторое замедление в "срабатывании" разрядного каскада, необходимое для отстройки от кратковременных помех при постоянном напряжении питания. В схеме реле переменного напряжения необходима отстройка от длительности коммутационного провала в кривой тока выпрямительного моста при его работе на емкостную нагрузку. Длительность необходимого замедления в этом случае достигает 6-8 мс и для их реализации потребовалось заменить диод V14 на стабилитрон, увеличить емкость конденсатора C4, ввести в схему диод V15, предотвращающий разряд конденсатора C4 на стабилитрон V14.

Конденсатор C2 обеспечивает гибкую отрицательную обратную связь в схеме порогового элемента, замедляя его срабатывание для отстройки от помех.

Диод V9 компенсирует температурную нестабильность падения напряжения на переходе эмиттер-база транзистора V7, а также, при выборе определенной величины сопротивления резистора R4, обеспечивает повышение чувствительности пороговой схемы по току срабатывания. С помощью потенциометра R5 обеспечивается калибровка шкалы реле. Диод V11, резистор R10 служат для ограничения перенапряжений на коллекторе транзистора V10 до допустимых границ при разряде индуктивности обмотки реле K при его возврате.

Резисторы R34-R36 в цепи питания определяют величину номинального напряжения питания. Резистор R37 служит для защиты схемы реле от перенапряжений по цепи питания.

Таблица 8.3

Потребляемая мощность реле

Постоянный ток		Переменный ток	
$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$P_{\text{потр}}, \text{Вт}$	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$S_{\text{потр}}, \text{ВА}$
24	2	100	6
48	2,5	127	7
60	3	220	11
110	5	380	20
220	10		

Таблица 8.4

Исполнение реле времени типа РВ-01

Пределы регулир. времени, с	Род тока	Номинальное напряжение, В
0,1 - 1,0	Постоянный	24, 48, 60, 110, 220
0,3 - 3,0		
0,1 - 10		
0,3 - 30		
0,1 - 1,0	Переменный	100, 127, 220, 380
0,3 - 3,0		
0,1 - 10		
0,3 - 30		

Регулировка выдержки времени осуществляется изменением величины зарядного сопротивления путем дискретного переключения резисторов R15-R33 на двух колодках. В зависимости от величины сопротивления резистора R33 обеспечивается не менее чем десятикратное уменьшение максимальной уставки или стократное уменьшение в зависимости от исполнения реле. В первом случае уменьшением величины сопротивления резистора R33 обеспечивается компенсация времени пуска и собственного времени срабатывания выходного реле, что приводит к существенному сокращению основной погрешности по всей шкале. Во втором случае возможности для компенсации основной погрешности ограничены. Кроме того, при нулевом по-

ложении переключателя младшего разряда уставок основная погрешность возрастает на несколько процентов из-за наличия в цепи заряда конденсатора С1 дополнительного сопротивления резистора R33, предотвращающего возникновение короткого замыкания в схеме при нулевом положении переключателя старшего разряда уставки. Реле имеет два исполнительных контакта, переключающихся с одинаковой выдержкой времени, способных коммутировать напряжение переменного тока до 250 В.

Способ регулирования уставок дискретный. Дискретность регулирования уставок 1,0 % от максимальной уставки номинального диапазона.

2.4. Реле промежуточное типа РП18

Реле предназначены для применения в схемах релейной защиты и противоаварийной автоматики для коммутации электрических нагрузок в цепях напряжением до 242 В постоянного тока (реле РП18-1 -РП18-7) и переменного тока (реле РП18-8 - РП18-10). Приведем расшифровку обозначений на примере реле РП18-54-04: РП18 – реле замедленные при включении или отключении; 5- постоянного тока замедленные при отключении с временем отключения от 0,15 до 0,5 с. с включающей обмоткой напряжения без удерживающих обмоток; 4 - защищенного исполнения (IP40) без установочного элемента с винтовыми зажимами для выступающего монтажа с задним присоединением; 0 - климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69; 4 – категория размещения по ГОСТ 15150-69.

Контактная система реле представляет блок, состоящий из основания, подвижных и неподвижных плоских пружинных держателей с биметаллическими контактами с серебряным слоем, разделенных посредством электроизоляционных колодок, толкателя и плоской возвратной пружины. Концы подвижных контактных пружин установлены в прорезях толкателя и перемещаются вместе с ним. При подаче напряжения (тока) на включающую обмотку реле срабатывает. Замыкающие контакты реле замыкаются, а размыкающие – размыкаются. При снятии питания с включающей и удерживающей обмоток якорь реле и его контакты возвращаются в исходное положение. Реле серии РП18 имеют блоки с полупроводниковой схемой замедления при включении или отключении. Принципиальная электрическая схема реле РП18 с замедлением при отключении приведена на рис. 8.3.

Времязадающий орган рассматриваемого реле состоит из следующих основных узлов: времязадающей цепочки на конденсаторе С2 и резисторе R2, конденсатора памяти С1, порогового элемента на транзисторах V3 и V4, регулировочного резистора R1. Исполнительным элементом схемы является двухобмоточное электромагнитное реле с включающей K1.2 и отключающей K1.1 обмотками. Его магнитная система от магнитной системы реле РП16 отличается только тем, что сердечник выполнен из незакаленной легированной магнитно-твердой стали, обладающей остаточной намагниченностью. Кроме указанных элементов схема содержит транзисторные ключи V6 и V9, стабилизатор напряжения на стабилитроне V1 и резисторах R6 и R7, выпрямительный блок V10, несколько вспомогательных резисторов, конденсаторов и диодов.

Схема работает следующим образом. При подключении реле к источнику питания с напряжением, обеспечивающим его действие, за счет тока, протекающего по цепи: V_{10} - замкнутый контакт реле, K1 – обмотка, K1,2 – транзистор, V9 – диод V7, срабатывает электромагнитное реле. Открытое состояние транзистора V6 при этом обеспечивается током заряда конденсатора С3. Одновременно происходит заряд времязадающего конденсатора С1 до напряжения стабилизации стабилитрона V1 и более медленный заряд конденсатора С1 до напряжения, зависящего от положения движка резистора R1. Одновременно по цепи V8, обмотка K1.1 заряжается накопительный конденсатор С4. Аналог однопереходного транзистора (V3 и V4) при этом заперт. После заряда конденсатора С3 транзистор V9 запирается. Происходит заряд накопительного конденсатора С4. Якорь реле остается в притянутом состоянии за счет остаточной намагниченности сердечника и за счет тока, протекающего по цепи: V10-R10-K1,2-R8-V7.

При отключении напряжения питания или снижении его ниже определенной величины конденсатор С2 начинает разряжаться на резистор R2. Якорь реле K1 остается при этом в притянутом положении за счет остаточной намагниченности сердечника. Напряжение на конденсаторах С1 и С4 не изменяется, поскольку все пути их разряда отделены запертыми р-п переходами транзисторов и диодов. По мере разряда конденсатора С2 запирающее напряжение на переходе база-эмиттер транзистора V3 уменьшается по величине, в некоторый момент времени изменяет знак и становится отпирающим. Аналог однопереходного транзистора отпирается и напряжение конденсатора С1

через резистор R3 прикладывается к базе транзистора V6. При этом конденсатор C4 разряжается на обмотку K1.1 электромагнитного реле, создавая ампервитки, противоположные ампервиткам, вызвавшим его срабатывание. Сердечник реле размагничивается и его якорь отпадает.

Работоспособность и все нормируемые параметры замедления реле обеспечиваются при полном отключении напряжения питания (например, при контактном управлении, либо при скачкообразном уменьшении напряжения ниже 0,05 номинального).

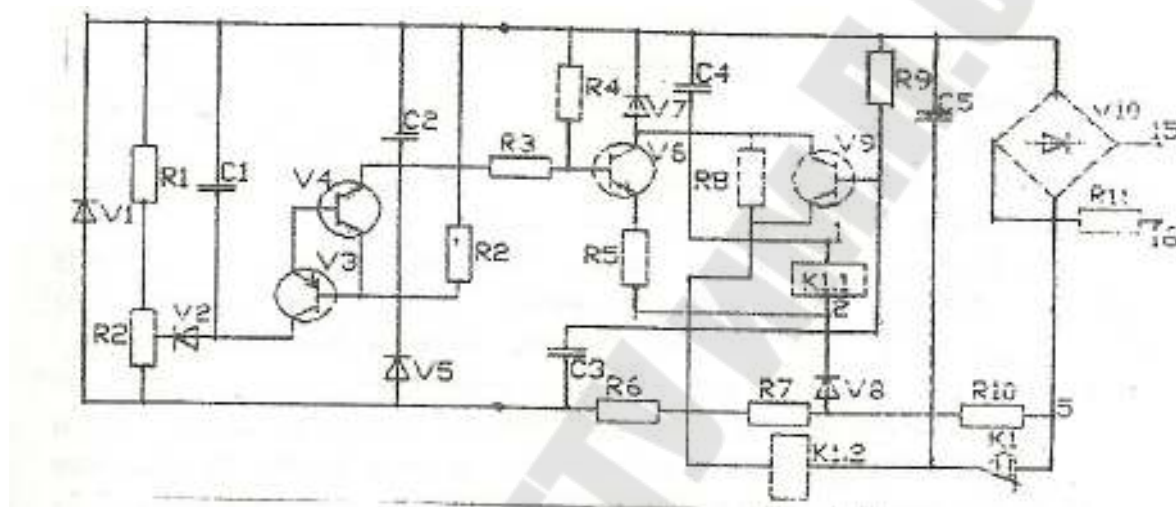


Рис.8.3. Принципиальная электрическая схема реле РП-18

Резистор R10 в схемах реле с номинальным напряжением 220 и 230 В служит для ограничения напряжения между коллектором и эмиттером транзисторов V6 и V9. В схемах на меньшие напряжения этот резистор оставлен в целях унификации. Защита элементов схемы реле от кратковременных импульсов перенапряжений, т. е. воспринимающие части реле серии РП18 выдерживают испытательное импульсное напряжение в соответствии с требованиями ГОСТ 11152-82, и тогда защита осуществляется с помощью конденсатора C5 и резисторов R10 и R11.

Плавная регулировка времени замедления реле РП18 с замедлением при отключении осуществляется с помощью регулировочного резистора R1, расположенного на печатной плате. Обмотки напряжения реле выдерживают длительно 110 % номинального напряжения. Режим работы обмоток тока – кратковременный; продолжительность

включения включающей обмотки 3 с при $3I_{\text{НОМ}}$ удерживающей обмотки – 10 с при $2I_{\text{НОМ}}$.

Таблица 8.5

Промежуточные реле типа РП18

Тип реле	Потребляемая мощность		Количество обмоток	Количество контактов
	при $U_{\text{НОМ}}$	при $I_{\text{НОМ}}$		
	Вт	Вт, ВА		
РП18-1			Одна	5(6) замыкающих
РП18-2	5	1 2	Одна включ. напр. Две удерж. тока	1(4) замыкающих
РП18-3			Одна включ.напр. Три удерж.тока	2 размыкающих 2(6)замыкающих
РП18-4	3.5	5 5	Одна включ.тока	2 замыкающих
РП18-5				
РП18-6		5		4 замыкающих
РП18-7			Одна удерж.напр	
РП18-8			Одна включ.напр.	1(2)размыкающих

* в скобках указано общее число контактов с учетом использованных во внутренней схеме реле.

3. Описание лабораторного стенда

На стенде смонтированы реле тока типа РСТ, реле напряжения типа РСН, реле времени типа РВ-01, промежуточное реле типа РП-18, электрические аппараты для подключения реле к регулируемым источникам переменного и постоянного напряжения, измерительные приборы. На лицевой панели стенда изображены структурная схема реле тока (напряжения), схемы внутренних соединений реле времени и промежуточного реле.



Рис. 8.4. Внешний вид лабораторного стенда

4. Задание на работу

4.1. Общие указания по проверке реле

4.1.1. Ознакомиться с устройством и электрической схемой внутренних соединений реле тока типа РСТ, реле напряжения типа РСН, реле времени типа РВ-01, промежуточного реле типа РП-18. Переписать паспортные данные испытуемых реле из табл. 8.1-8.5.

4.1.2. Проверяемые реле подвергаются внешнему и внутреннему осмотру.

При внешнем осмотре проверяются: плотность прилегания кожуха к основанию, состояние ламелей и шпилек для присоединения проводов.

При внутреннем осмотре реле очищается от пыли, волокон и т.д., проверяется надежность внутренних соединений и паек.

4.1.3. Проверяется потребляемая мощность методом амперметра-вольтметра. Условием годности реле: $S_{\text{реле изм.}} \leq S_{\text{реле паспортное}}$. Мощность $S_{\text{реле изм.}}$, потребляемая реле, определяется при номинальном напряжении: при $U_p = U_n$.

4.1.4. Определяется напряжение (ток) срабатывания и отпадания реле, по которым определяется коэффициент возврата реле.

5. Порядок испытания реле тока типа РСТ, реле напряжения типа РСН, реле времени типа РВ-01, промежуточного реле типа РП-18

5.1. Испытание реле тока типа РСТ

1. Выполнить п. 4.1.1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений реле тока. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.1.2.

3. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п.4.3 по схеме рис.8.5. Заполнить таблицу 8.6. Заполнить п. 2 протокола испытания реле.

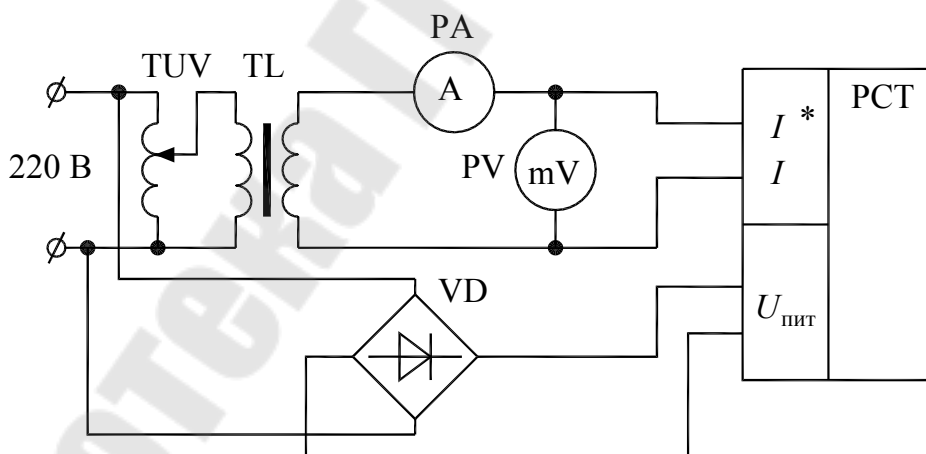


Рис.8.5. Схема для определения мощности, потребляемой реле тока и тока срабатывания и отпадания реле

Таблица 8.6

Тип проверяемого реле	Величина напряжения питания, $U_{пит}$, В	Ток, потребляемый реле, А	Мощность потребления реле, ВА (Вт)	Мощность потребления реле по паспорту, ВА	

Для выполнения п. 4.3 для реле тока необходимо:

а. Собрать схему рис. 8.4 соответствующую типу испытуемого реле.

б. Включить стенд. Выставить номинальное напряжение питания реле. Измерить ток, потребляемый реле. Результаты измерений и вычислений мощности занести в табл. 8.6.

в. Схему не разбирать и перейти к выполнению опыта 4.

4. Определить ток срабатывания и отпадания реле для 5 значений уставок реле (рис. 8.5) в соответствии с п.4.4, для чего, поднимая ЛАТРОм напряжение зафиксировать по включению лампы НЛ ток срабатывания реле. Снижая ЛАТРОм напряжение, зафиксировать ток отпадания реле. Результаты измерений занести в табл. 8.7. Заполнить п. 3 протокола испытания реле. Определить коэффициент возврата реле $K_{в} = I_{вр} / I_{ср}$ и сравнить его с паспортными данными завода-изготовителя. $K_{в.изм.}$ должен быть не менее $K_{в.пасп.}$

Таблица 8.7

Тип проверяемого реле	Уставка, А	Величина тока срабатывания реле, А	Величина тока отпадания реле, А	Коэффициент возврата реле $K_{в.измер}$	Нормируемый заводом-изготовителем $K_{в}$

6. Составить список (табл.8.10), примененной измерительной аппаратуры.

5.2. Испытание реле напряжения типа РСН

1. Ознакомиться с назначением, устройством, принципом действия и электрической схемой внутренних соединений реле напряжения. Заполнить п. 1 протокола испытания реле.

2. Снять крышку реле. Произвести внешний и внутренний осмотр реле в соответствии с п. 4.2.

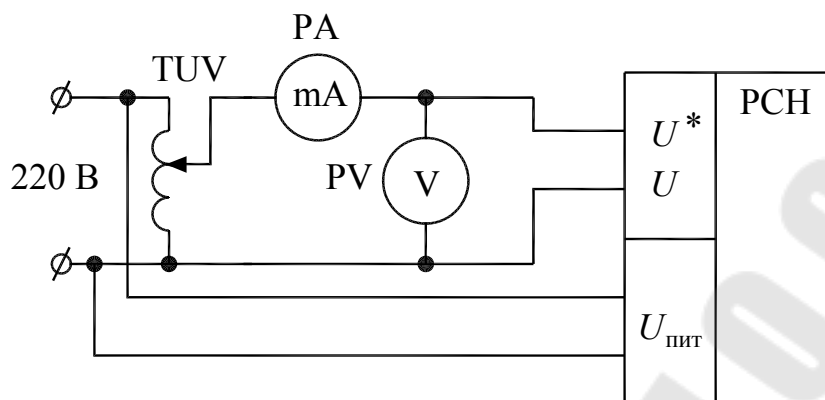


Рис.8.6. Схема для определения мощности, потребляемой реле и напряжения срабатывания и отпадания реле напряжения

3. Определить мощность, потребляемую реле методом амперметра-вольтметра в соответствии с п. 4.3 по схеме рис. 8.6. Заполнить табл. 8.8. Заполнить п. 2 протокола испытания реле. Для выполнения п.4.3 для реле напряжения необходимо:

- а. Собрать схему рис. 8.6, соответствующую типу испытуемого реле,
- б. Включить стенд. Выставить номинальное напряжение питания реле. Измерить ток, потребляемый реле. Результаты измерений и вычислений мощности занести в табл. 8.8.
- в. Схему не разбирать и перейти к выполнению опыта 4.

Таблица 8.8

Тип проверяемого реле	Величина напряжения питания, $U_{пит}$, В	Ток, потребляемый реле, А	Мощность потребления реле, ВА (Вт)	Мощность срабатывания реле по паспорту, ВА

4. Определить напряжение срабатывания и отпадания реле (рис. 8.6) в соответствии с п. 4.4. Результаты измерений занести в табл. 8.9. Заполнить п.3 протокола испытания реле. Определить коэффициент возврата реле $K_v = U_{ср} / U_{вр}$ и сравнить его с паспортными данными завода-изготовителя $K_{в.изм.}$ должно быть меньше $K_{в.пасп.}$. Для реле напряжения для 5 значений уставок реле определить напряжение срабатывания и отпадания реле, для чего: выставить мини-

мальную уставку, далее, поднимая ЛАТРОм напряжение зафиксировать по погасанию лампы НЛ напряжение срабатывания реле. Снижая ЛАТРОм напряжение, зафиксировать напряжение отпадания реле. Результаты измерений занести в табл. 8.9. Выставить уставку реле в следующее положение. Повторить опыт для 5 уставок реле. Вычислить коэффициент возврата реле на каждой уставке реле.

Таблица 8.9

Тип проверяемого реле	Уставка, В	Величина напряжения срабатывания реле, В	Величина напряжения отпадания реле, В	Коэффициент возврата реле	Выводы

5. Составить список (табл. 8.12), примененной измерительной аппаратуры.

5.3. Испытание реле времени типа РВ-01

1. Ознакомиться с устройством, принципом действия и электрической схемой реле времени типа РВ-01.

2. Выставить минимальную уставку выдержки времени.

3. Собрать схему испытания реле (рис. 8.7).

4. Установить ЛАТРОм напряжение 220 В. Отключить стенд, включить тумблер электрического секундомера, включить стенд, зафиксировать время срабатывания реле.

5. Опыт по п.4 повторить 5 раз и определить разброс времени срабатывания реле. Результаты опытов занести в таблицу 8.10.

6. Увеличить уставку в 2 и 4 раза и произвести опыты по п. 4, 5.

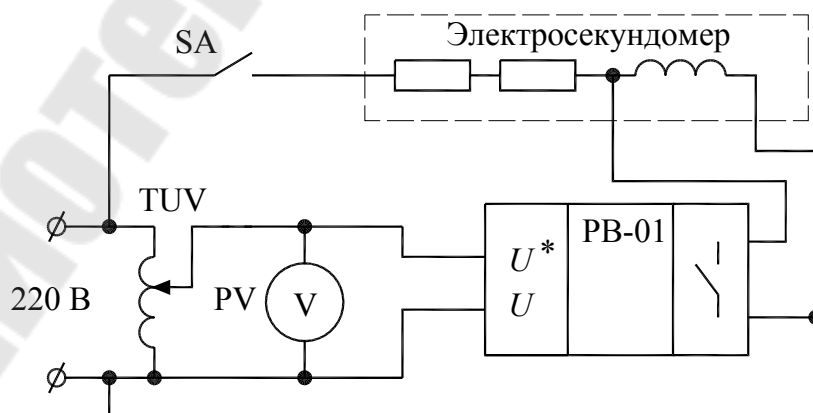


Рис.8.7. Схема испытания реле времени

Таблица 8.10

Уставка, с	Результаты измерений, с					Разброс времени срабатывания реле, %
	1	2	3	4	5	

5.4. Испытание промежуточного реле типа РП-18

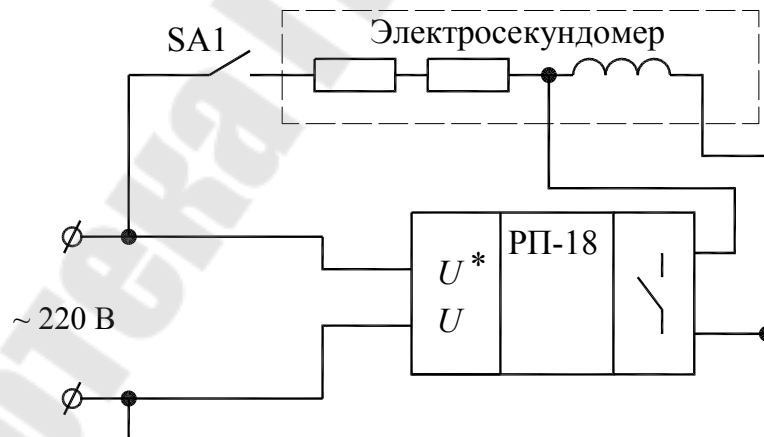
1. Ознакомиться с устройством, принципом действия и электрической схемой реле РП-18.

2. Собрать схему для измерения времени срабатывания реле (рис.8.6.а).

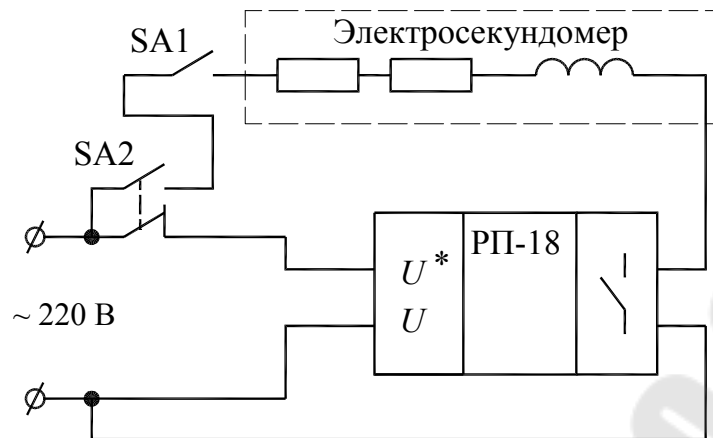
3. Отключить стенд, включить тумблер SA1 электрического секундомера РТУ, включив стенд, зафиксировать время срабатывания реле. Опыт произвести 5 раз, не отключая тумблер SA1, после чего определить среднее значение времени срабатывания реле.

4. Собрать схему для измерения времени возврата реле (рис.8.8.б)

5. Отключить стенд, включить тумблер SA1 электрического секундомера, включить стенд, убедиться, что реле сработало, после чего переключить тумблер SA2 и зафиксировать время возврата реле РП-18.



а)



б)

Рис.8.8. Схема для измерения времени срабатывания (а) и возврата (б) реле РП-18

Таблица 8.11

	Результаты измерений, с					Среднее значение времени срабатывания реле, с
	1	2	3	4	5	
Время срабатывания реле, с						
Время возврата реле, с						

6. Протокол испытания реле типа _____

1. Паспортные данные и схема внутренних соединений реле.
2. Потребляемая мощность по данным завода-изготовителя и измеренная потребляемая мощность. Указать соответствие потребляемой мощности действующим требованиям.
3. Напряжение (ток) срабатывания и отпадания реле. Указать соответствие напряжения (тока) срабатывания и отпадания реле и коэффициента возврата действующим требованиям.
4. Заключение о пригодности реле к эксплуатации.
5. Список (табл. 8.10), примененной измерительной аппаратуры.

Протокол составил студент гр. _____

ФИО

Применяемая измерительная аппаратура

Обозначение по схеме	Наименование прибора	Система	Заводской номер	Класс точности	Пределы измерения.	Примеч.

6. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Назначение испытуемых реле типа РСТ, РСН, РВ-01, РП-18.
3. Результаты испытаний в табличной форме.
4. Протоколы испытаний реле тока и напряжения.
5. Пригодность испытуемых реле к эксплуатации.

7. Контрольные вопросы

1. Расшифруйте условные обозначения реле: РСТ13-24УХЛ4, РСН15-30УХЛ4, РП 18-54-04.
2. Как конструктивно выполняются узел измерения и узел выхода реле РСТ (РСН)?
3. Как подключаются к измерительным цепям и цепям оперативного тока реле РСТ, РСН?
4. Как влияет отклонение напряжения оперативного тока на параметры срабатывания реле РСТ и РСН?
5. Каковы коэффициент возврата, время действия, время возврата, потребляемая мощность в нормальном режиме и режиме срабатывания реле РСТ и РСН?
6. В чем состоят конструктивные отличия реле РСН и РСТ?
7. Как измерить коэффициент возврата у реле максимального тока?
8. Как измерить коэффициент возврата у реле минимального напряжения?
9. Каковы точность задания параметров срабатывания реле РСТ13, РСН15, РВ 01?
10. Назовите номинальный диапазон и дискретность регулирования уставок реле РВ-01. Как осуществляется изменение выдержки времени?
11. Какое из представленных на стенде реле обладает наибольшей потребляемой мощностью?
12. Какова потребляемая мощность реле МТЗ, если в ее состав входят три реле РСТ, два реле РСН, два реле РВ-01 и одно реле РП18?
13. Дайте краткую характеристику назначения, устройства и принципа действия реле РВ-01.
14. Дайте краткую характеристику назначения, устройства и принципа действия реле РП-18.

15. Как осуществляется плавная регулировка времени замедления при возврате реле РП-18?

16. На чем основан принцип создания замедления при включении или отключении реле РП-18? Какова предельная величина замедления?

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Промежуточные и указательные реле	3
Лабораторная работа № 2. Индукционные реле тока	22
Лабораторная работа № 3. Реле мощности	39
Лабораторная работа № 4. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты	52
Лабораторная работа № 4. а (стенд). Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле	68
Лабораторная работа № 5. Реле тока и напряжения	75
Лабораторная работа № 6. Реле времени	88
Лабораторная работа № 7. Реле тока и напряжения обратной последовательности	101
Лабораторная работа № 8. Реле защиты на интегральных микросхемах	114

**Евминов Леонид Иванович
Зализный Дмитрий Иванович**

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**Лабораторный практикум
по одноименной дисциплине для студентов
специальности 1-43 01 03
«Электроснабжение (по отраслям)»
дневной и заочной форм обучения
В двух частях
Часть 1**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 07.06.11.

Пер. № 7Е.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>