



Автономное учреждение  
профессионального образования  
Ханты-Мансийского автономного округа-Югры  
**«Сургутский политехнический колледж»**  
**Структурное подразделение - 4**  
**Энергетическое отделение**

**Учебно-методические рекомендации  
по выполнению лабораторных работ  
МДК 01.01 «Электрические машины и аппараты»**

для студентов III курса очной формы обучения  
по программе подготовке специалистов среднего звена  
по специальности: 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание  
электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)  
Наименование профиля: технический

	Должность	Фамилия/подпись	Дата
<b>Разработал</b>	Преподаватель	Высоцкая Л.В.	26.04.2018
<b>Проверил</b>	Руководитель ПМО	Филиппова Т.И.	26.04.2018
<b>Согласовал</b>	Методист колледжа	Мирошниченко И.В.	26.04.2018

Сургут 2018

Учебно-методические рекомендации по выполнению лабораторных работ  
по МДК 01.01 «Электрические машины и аппараты»

© АУ «Сургутский политехнический колледж» - 2018

Составитель: Л.В. Высоцкая, преподаватель, высшей категории

Учебно-методические рекомендации составлены в соответствии с рабочей программой по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты и содержат 14 лабораторных работ. Рекомендации разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее - ФГОС) по программе подготовке специалистов среднего звена специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям), профиль технический. Направлены на совершенствование профессионального мастерства и развитие творческого потенциала с целью повышения престижа профессии.

Учебно-методические рекомендации содержат пояснительную записку, лабораторные работы, требования к выполнению работ, теоретические (контрольные) вопросы, список литературы. Учебно-методические рекомендации предназначены для студентов 2 курса.

Одобрено профессионально-методическим объединением «Энергетика и автоматика», протокол № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 года.

Рекомендовано к печати Методическим советом АУ «Сургутский политехнический колледж», протокол № \_ от \_\_\_\_\_ 2018 года.

## Содержание

1	Пояснительная записка	4
2	Методика организации проведения лабораторных работ	7
3	Перечень лабораторных работ	9
4	Содержание лабораторных работ	10
5	Список литературы	73
6	Приложения	74

## Пояснительная записка

Настоящие рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) разработаны в соответствии с ФГОС.

Лабораторные работы относятся к основным видам учебных занятий и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки студентов.

Дидактическими целями лабораторных работ являются:

- экспериментальное подтверждение и проверка существующих научно - теоретических положений при практическом освоении студентами МДК 01.01 Электрические машины и аппараты;
- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов;
- овладение техникой экспериментирования в соответствующей отрасли науки и техники, приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным, технологическим, измерительным оборудованием и приборами;
- усиление практической направленности образовательного процесса, практическая реализация полученных знаний для решения учебно-исследовательских, а затем реальных экспериментальных и практических задач;
- формирование исследовательских умений наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы, самостоятельно вести исследования, оформлять результаты;
- повышение познавательной активности и самостоятельности работы студентов в ходе выполнения лабораторных работ, реализация личностно-ориентированного подхода.

В соответствии с целями лабораторных работ решаемые в них задачи:

- экспериментальное подтверждение теоретических положений, формул, методик расчета, установление и подтверждение закономерностей;
- изучение методик проведения экспериментов;
- установление свойств веществ, параметров процессов, их качественных и количественных характеристик;
- наблюдение, изучение и исследование явлений, процессов и др.;
- моделирование реальной производственной деятельности в предметной области изучаемой специальности;
- изучение конструкции, принципов работы оборудования, регулировка, настройка, диагностика возможных неисправностей.

На лабораторных практикумах студенты овладевают профессиональными умениями и навыками, которые закрепляются и совершенствуются в процессе выполнения курсовых работ, проектов, производственной практики.

ОК.1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК.2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК. 3 Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК. 4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ОК. 5 Использовать информационно- коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ПК 1.3. Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования

ПК 1.4. Составлять отчетную документацию по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования

Целью методических рекомендаций по выполнению лабораторных работ МДК 01.01. «Электрические машины и аппараты» является не только оказать помощь в освоении студентами теоретического материала, но и сформировать навыки по чтению и сборке электрической схемы подключения различных видов электрических аппаратов.

Оценивание качества работы каждого студента производится преподавателем отдельно за подготовку к работе, ее выполнение и защиту. При этом принимается во внимание роль студента в данной работе и сфера его ответственности.

Система оценивания лабораторных работ

**Оценка «5»** ставится в том случае, если обучающийся:

- выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;
- в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;
- правильно выполнил анализ погрешностей;
- соблюдал требования безопасности труда.

**Оценка «4»** ставится в том случае, если обучающийся:

- опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерения;
- допущено два-три недочета, одна негрубая ошибка.

**Оценка «3»** ставится в том случае, если обучающийся:

- выполнил работу не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы;
- в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки;
- опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью;
- в отчете были допущены две ошибки (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т.д.)
- не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей;

- работа выполнена не полностью, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы.

**Оценка «2»** ставится в том случае, если обучающийся:

- работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов,

- опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно,

- в ходе работы и в отчете обнаружились в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке «3».

### **Примечания**

Во всех случаях оценка снижается, если студент не соблюдал требований техники безопасности при проведении эксперимента.

В тех случаях, когда обучающийся показал оригинальный подход к выполнению работы, но в отчете содержатся недостатки, оценка за выполнение работы, по усмотрению преподавателя, может быть повышена по сравнению с указанными.

# **Методика организации проведения лабораторных работ**

## **1.1 Условия проведения лабораторных работ**

Лабораторные работы проводят согласно учебной программе по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты в специально оборудованных учебных лабораториях.

Помещения, предназначенные для проведения лабораторных работ, а также расположенные в них лабораторные установки (стенды) соответствуют действующим санитарно-гигиеническим нормам, требованиям техники безопасности и эргономики.

Количество лабораторных установок (стендов) достаточно для обеспечения эффективной самостоятельной работы студентов одной учебной группы (подгруппы) и для достижения целей, определяемых содержанием лабораторных работ.

Материально-техническое обеспечение лабораторных установок (стендов) соответствует современному уровню постановки и проведению научного эксперимента или производственного испытания.

Необходимые условия проведения и выполнения лабораторных работ:

- самостоятельная подготовка студентов к выполнению каждой лабораторной работы;
- контроль преподавателем степени подготовленности каждого студента к выполнению лабораторной работы;
- оформление отчета и его защита каждым студентом в установленные сроки;

## **1.2 Порядок проведения лабораторных работ**

Лабораторные работы проводятся в соответствии с рабочей программой МДК 01.01 Электрические машины и аппараты в установленные расписанием часы.

Продолжительность каждого лабораторного занятия устанавливается в академических часах.

Инструктаж по технике безопасности и правилам внутреннего распорядка в лаборатории проводится преподавателем на лабораторном занятии. На этом же занятии студентам сообщаются:

- программа всего предстоящего лабораторного цикла;
- условия взаимодействия студентов с преподавателем в процессе выполнения лабораторных работ;
- условия контроля самостоятельной работы студентов, включая правила оформления отчетов по лабораторным работам и их последующей защиты;
- другая необходимая информация.

Организация лабораторных работ включает:

- самостоятельную внеаудиторную подготовку студента к выполнению каждой отдельной лабораторной работы в соответствии с ее программой;

- входной контроль преподавателем степени подготовленности каждого студента к выполнению лабораторных работ;
- выполнение программы лабораторных работ в полном объеме;
- оформление отчета и его защиту каждым студентом в установленные сроки;
- формирование преподавателем рейтингов каждого из студентов по результатам выполнения и защиты им отдельных лабораторных работ и их циклов.

### **1.3 Структура отчета по лабораторным работам**

Отчет является документом, свидетельствующим о выполнении студентом лабораторной работы, он должен включать:

- идентификатор группы, фамилию студента, дату выполнения работы;
- название лабораторной работы;
- описание задания - постановку задач, подлежащих выполнению в процессе лабораторной работы;
- описание основной части – краткую характеристику объекта исследования, методику или программу работы;
- результаты измерений, наблюдений и расчетов, представленные в форме таблиц, графиков, диаграмм;
- анализ результатов, оценку, обобщения и выводы по работе;
- список использованной литературы, приложения (при необходимости);
- место для подписи преподавателя.

Структура отчетов, их шаблоны, выдаваемые студентам, могут корректироваться в связи со спецификой лабораторных работ.



## Перечень лабораторных работ

№ п/п	Название лабораторных работ	Кол-во часов	Формируемые компетенции (в соответствии с ФГОС)
1	Лабораторная работа №1 «Изучение реле постоянного тока»	2	<p><b>ОК 1.</b> Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.</p> <p><b>ОК 2.</b> Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.</p> <p><b>ОК 3.</b> Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.</p> <p><b>ОК 4.</b> Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.</p> <p><b>ОК 5.</b> Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.</p> <p><b>ОК 6.</b> Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.</p> <p><b>ОК 7.</b> Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).</p> <p><b>ПК 1.1.</b> Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования.</p> <p><b>ПК 1.2.</b> Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования.</p> <p><b>ПК 1.3.</b> Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.</p> <p><b>ПК 1.4.</b> Составлять отчетную документацию по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования.</p>
2	Лабораторная работа №2 «Изучение реле переменного тока»	2	
3	Лабораторная работа №3 «Изучение устройств сигнализации»	2	
4	Лабораторная работа №4 «Изучение контакторов переменного тока»	2	
5	Лабораторная работа №5 «Изучение магнитного пускателя переменного тока»	2	
6	Лабораторная работа №6 «Изучение предохранителя с плавкой вставкой»	2	
7	Лабораторная работа №7 «Изучение самовосстанавливающихся предохранителей »	2	
8	Лабораторная работа №8 «Изучение автоматических выключателей тепловым расцепителем и расцепителем максимального тока»	2	
9	Лабораторная работа №9 «Изучение реле времени»	2	
10	Лабораторная работа №10 «Изучение реле напряжения»	2	
11	Лабораторная работа №11 «Изучение реле максимального тока»	2	
12	Лабораторная работа №12 «Изучение теплового реле»	2	
13	Лабораторная работа №13 «Изучение конечного выключателя»	2	
14	Лабораторная работа №14 «Изучение бесконтактных датчиков»	2	
<b>Итого</b>		<b>28</b>	

# **Лабораторная работа №1**

## **Тема: Изучение реле постоянного тока**

**Цель:** ознакомление с конструкцией и методом испытаний; настройки электромагнитного реле типа РП21-003-УХЛ4-24.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «электромагнитное реле»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Соберите схему лабораторного стенда для исследования электромагнитного реле типа РП21-003-УХЛ4-24 (рисунок 1.2).
5. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполните таблицу.
6. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
7. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
8. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
9. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
10. Ответьте на контрольные вопросы.

### **Теоретическая часть**

Под реле понимают такой электрический аппарат, в котором при плавном изменении управляющего (входного) параметра до определенной наперед заданной величины происходит скачкообразное изменение управляемого (выходного) параметра. Хотя бы один из этих параметров должен быть электрическим.

По области применения реле можно разделить на реле для схем автоматики, для управления и защиты электропривода и защиты энергосистем. По принципу действия реле делятся: электромагнитные, поляризованные,

тепловые, индукционные, магнитоэлектрические, полупроводниковые и др.

В зависимости от входного параметра реле можно разделить на реле тока, напряжения, мощности, частоты и других величин. Отметим, что реле может реагировать не только на входной параметр, но и на разность значений (дифференциальное реле), изменение знака или скорости изменения входного параметра.

По принципу воздействия на управляемую цепь реле делятся: контактные и бесконтактные. Выходным параметром бесконтактных реле является резкое изменение сопротивления, включенного в управляемую цепь. Разомкнутому состоянию контактов контактного реле соответствует большое сопротивление управляемой цепи бесконтактного реле. Это состояние бесконтактного реле называется закрытым. Замкнутому состоянию контактов контактного реле соответствует малое сопротивление в управляемой цепи бесконтактного реле. Такое состояние бесконтактного реле называется открытым.

По способу включения реле различаются: первичные и вторичные. Первичные реле включаются в управляемую цепь непосредственно, вторичные через измерительные трансформаторы.

Рассмотрим характеристику управления реле, представляющую собой зависимость выходного параметра от входного параметра для реле с замыкающим контактом. У этих реле при отсутствии входного сигнала контакты разомкнуты и ток в управляемой цепи равен нулю. Значение входного параметра  $x$  (напряжения, тока и т.д.), при котором происходит срабатывание реле, называется параметром (напряжением, током и т.д.) срабатывания. До тех пор, пока  $x < x_{ср}$ , выходной параметру равен нулю либо своему минимальному значению  $y_{min}$  (для бесконтактных аппаратов). При  $x = x_{ср}$  выходной параметр скачком меняется от  $y_{min}$  до  $y_{max}$ . Происходит срабатывание реле. Если после срабатывания уменьшать значение входного параметра, то при  $x \leq x_{отп}$  происходит скачкообразное возвращение выходного параметра от значения  $y_{max}$  до 0 или  $y_{min}$  - отпускание реле.

Значение входного параметра, при котором происходит скачкообразное отпускание реле, называется параметром отпускания. Значения параметров срабатывания или отпускания, на которые отрегулировано реле, называются уставкой по входному параметру.

Время с момента подачи команды на срабатывание до момента начала возрастания выходного параметра называется временем срабатывания. Это время зависит от конструкции реле, схемы его включения и входного параметра. Чем больше значение входного параметра  $x_{ном}$  по сравнению с  $x_{ср}$ , тем быстрее срабатывание реле.

Отношение  $x_{ном}/x_{ср}$  называется коэффициентом запаса. Следует отметить, что с ростом коэффициента запаса возрастает вибрация контактов электромагнитного реле. Для ряда реле очень важно отношение  $x_{отп}/x_{ср}$ , называемое коэффициентом возврата.

Время с момента подачи команды на отключение до достижения минимального значения выходного параметра называется временем отключения. Для контактных реле это время состоит из двух интервалов - времени отпускания и времени горения дуги.

Требования к реле в значительной мере определяются их назначением. К реле защиты энергосистем предъявляются требования селективности, быстродействия, чувствительности и надежности.

Под селективностью понимается способность реле отключать только поврежденный участок энергосистемы. Достаточно высокое быстродействие позволяет резко снизить последствия аварии, сохранить устойчивость системы при аварийных режимах, обеспечить высокое качество электроэнергии. Минимальное значение входного параметра, при котором реле срабатывает, называется чувствительностью. Увеличение чувствительности позволяет улучшить качество электротехнических устройств. Так, например, повышение чувствительности релейной защиты позволяет сократить длину электропередачи, которая не может быть защищена от аварийных режимов.

Реле для защиты энергосистем должны иметь высокую надежность. В противном случае возможно развитие тяжелых аварий и недоотпуск большого количества электроэнергии.

К реле для схем автоматики, а также для управления и защиты электропривода предъявляются самые разнообразные специфические требования. Это реле работают в тяжелых условиях эксплуатации.

Электромагнитные реле находят широкое применение в схемах защиты и автоматики. Они обеспечивают максимальную, минимальную и нулевую защиту по току и напряжению, а так же позволяют осуществлять автоматический пуск, реверс, торможение и остановку двигателей постоянного тока.

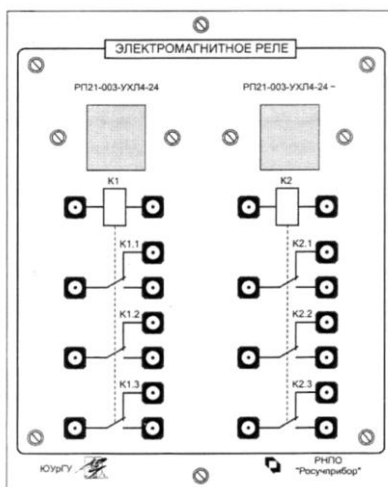


Рисунок 1.1 Внешний вид передней панели лабораторного модуля «Электромагнитное реле»

### Порядок работы

1. **Монтаж схемы производите при отключенном питании.**
2. Установите ЛАТР на 0, повернув его регулировочную ручку против часовой стрелки до упора,
3. **Напряжение выше 24В не подавайте.**
4. Подайте питание на схему лабораторного стенда, включив автоматический выключатель QF1, увеличивая напряжение до момента

срабатывания реле (индикаторы переключатся).

5. Зафиксируйте величину тока срабатывания  $I_{ср}$ .
6. Уменьшите напряжение до момента отпускания реле (индикаторы вновь переключатся).
7. Зафиксируйте ток отпускания  $I_{отп}$ , амперметром РА1 «Модуля измерительного».
8. Напряжение контролируйте по вольтметру «Модуля измерительного».
9. Проведите эксперимент не менее 5 раз.
10. Результаты занесите в таблицу 1.1.
11. Рассчитайте коэффициент возврата  $K_B$  и коэффициент запаса  $K_3$ . (за параметр  $x$  примите соответственно ток ( $I$ ) или напряжение ( $U$ )). Номинальные параметры электромагнитного реле типа РП21-003-УХЛ4-24:  $P_{ном} = 2,5$  Вт,  $U_{ном} = 24$  В.

Коэффициент возврата  $K_B$  рассчитывается по формуле:

$$K_B = \frac{U_{отп}}{U_{ср}}$$

Коэффициент запаса  $K_3$  рассчитывается по формуле:

$$K_3 = \frac{U_{ном}}{U_{ср}}$$

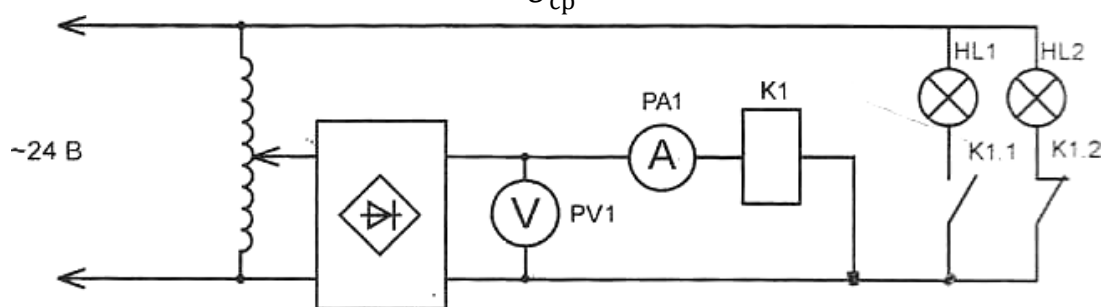


Рисунок 1.2 Схема электрическая для изучения реле постоянного тока  
типа  
РП21-003-УХ Л4-24

Таблица 1.1

Ток и напряжение моментов срабатывания и отпускания реле

№ опыта	1	2	3	4	5
$U_{ср}$ , В					
$I_{ср}$ , А					
$U_{ном}$ , В					
$I_{ном}$ , А					
$U_{отп}$ , В					
$I_{отп}$ , А					
$K_B$ (U)					
$K_3$ (U)					
$K_B$ (I)					
$K_3$ (I)					

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение реле.
2. Классификация реле.
3. Что называется коэффициентом возврата и коэффициентом запаса?
4. Требования, предъявляемые к реле.
5. Назовите и опишите реле, применяемое в данной лабораторной работе.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа № 2**

### **Тема: Изучение реле переменного тока**

**Цель:** ознакомление с конструкцией и методом испытаний и настройки электромагнитного реле типа РП21-003-УХЛ4—24~.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «электромагнитное реле»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

#### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Соберите схему лабораторного стенда для исследования электромагнитного реле типа РП21-003—УХЛ4- -24 (рисунок 2.1).
5. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполните таблицу.
6. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
7. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
8. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
9. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
10. Ответьте на контрольные вопросы.

#### **Теоретическая часть**

Под реле понимают такой электрический аппарат, в котором при плавном изменении управляющего (входного) параметра до определенной наперед заданной величины происходит скачкообразное изменение управляемого (выходного) параметра. Хотя бы один из этих параметров должен быть электрическим.

По области применения реле можно разделить на реле для схем автоматики, для управления и защиты электропривода и защиты энергосистем. По принципу действия реле делятся: электромагнитные, поляризованные,

тепловые, индукционные, магнитоэлектрические, полупроводниковые и др.

В зависимости от входного параметра реле можно разделить на реле тока, напряжения, мощности, частоты и других величин. Отметим, что реле может реагировать не только на входной параметр, но и на разность значений (дифференциальное реле), изменение знака или скорости изменения входного параметра.

По принципу воздействия на управляемую цепь реле делятся: контактные и бесконтактные. Выходным параметром бесконтактных реле является резкое изменение сопротивления, включенного в управляемую цепь. Разомкнутому состоянию контактов контактного реле соответствует большое сопротивление управляемой цепи бесконтактного реле. Это состояние бесконтактного реле называется закрытым. Замкнутому состоянию контактов контактного реле соответствует малое сопротивление в управляемой цепи бесконтактного реле. Такое состояние бесконтактного реле называется открытым.

По способу включения реле различаются: первичные и вторичные. Первичные реле включаются в управляемую цепь непосредственно, вторичные через измерительные трансформаторы.

Рассмотрим характеристику управления реле, представляющую собой зависимость выходного параметра от входного параметра для реле с замыкающим контактом. У этих реле при отсутствии входного сигнала контакты разомкнуты и ток в управляемой цепи равен нулю.

Значение входного параметра  $x$  (напряжения, тока и т.д.), при котором происходит срабатывание реле, называется параметром (напряжением, током и т.д.) срабатывания. До тех пор, пока  $x < x_{ср}$ , выходной параметру равен нулю либо своему минимальному значению  $y_{min}$  (для бесконтактных аппаратов). При  $x = x_{ср}$  выходной параметр скачком меняется от  $y_{min}$  до  $y_{max}$ . Происходит срабатывание реле. Если после срабатывания уменьшать значение входного параметра, то при  $x \leq x_{отп}$  происходит скачкообразное возвращение выходного параметра от значения  $y_{max}$  до 0 или  $y_{min}$  - отпускание реле.

Значение входного параметра, при котором происходит скачкообразное отпускание реле, называется параметром отпускания. Значения параметров срабатывания или отпускания, на которые отрегулировано реле, называются уставкой по входному параметру.

Время с момента подачи команды на срабатывание до момента начала возрастания выходного параметра называется временем срабатывания. Это время зависит от конструкции реле, схемы его включения и входного параметра. Чем больше значение входного параметра  $x_{ном}$  по сравнению с  $x_{ср}$ , тем быстрее срабатывание реле.

Отношение  $x_{ном}/x_{ср}$  называется коэффициентом запаса. Следует отметить, что с ростом коэффициента запаса возрастает вибрация контактов электромагнитного реле. Для ряда реле очень важно отношение  $x_{отп}/x_{ср}$ , называемое коэффициентом возврата.

Время с момента подачи команды на отключение до достижения минимального значения выходного параметра называется временем отключения. Для контактных реле это время состоит из двух интервалов - времени отпускания и времени горения дуги.



Требования к реле в значительной мере определяются их назначением. К реле защиты энергосистем предъявляются требования селективности, быстродействия, чувствительности и надежности.

Под селективностью понимается способность реле отключать только поврежденный участок энергосистемы. Достаточно высокое быстродействие позволяет резко снизить последствия аварии, сохранить устойчивость системы при аварийных режимах, обеспечить высокое качество электроэнергии. Минимальное значение входного параметра, при котором реле срабатывает, называется чувствительностью. Увеличение чувствительности позволяет улучшить качество электротехнических устройств. Так, например, повышение чувствительности релейной защиты позволяет сократить длину электропередачи, которая не может быть защищена от аварийных режимов.

Реле для защиты энергосистем должны иметь высокую надежность. В противном случае возможно развитие тяжелых аварий и недоотпуск большого количества электроэнергии.

К реле для схем автоматики, а также для управления и защиты электропривода предъявляются самые разнообразные специфические требования. Это реле работают в тяжелых условиях эксплуатации.

Электромагнитные реле находят широкое применение в схемах защиты и автоматики. Они обеспечивают максимальную, минимальную и нулевую защиту по току и напряжению, а так же позволяют осуществлять автоматический пуск, реверс, торможение и остановку двигателей постоянного тока.

### **Порядок работы**

1. Монтаж схемы производите при отключенном питании.
2. Установите ЛАТР на 0, повернув его регулировочную ручку против часовой стрелки до упора.
3. Подайте питание на схему лабораторного стенда, включив автоматический выключатель QF1, увеличивая напряжение до момента срабатывания реле (индикаторы переключатся).
4. Зафиксируйте величину тока срабатывания  $I_{ср}$ .
5. Уменьшите напряжение до момента отпускания реле (индикаторы вновь переключатся).
6. Зафиксируйте ток отпускания  $I_{отп}$ , амперметром РА1 «Модуля измерительного».
7. Напряжение выше 24В не подавайте.
8. Напряжение контролируйте по вольтметру PV1 «Модуля питания».
9. Проведите эксперимент не менее 5 раз.
10. Результаты занесите в таблицу 2.1.
11. Рассчитайте коэффициент возврата  $K_B$  и коэффициент запаса  $K_3$ . (за параметр  $x$  примите соответственно ток ( $I$ ) или напряжение ( $U$ )). Номинальные параметры электромагнитного реле типа РП21-003-УХЛ4—24~:  $P_{ном} = 3,5$  ВА,  $U_{ном} = 24$  В.

Коэффициент возврата  $K_B$  рассчитывается по формуле:

$$K_B = \frac{U_{отп}}{U_{ср}}$$

Коэффициент запаса  $K_3$  рассчитывается по формуле:

$$K_3 = \frac{U_{ном}}{U_{ср}}$$

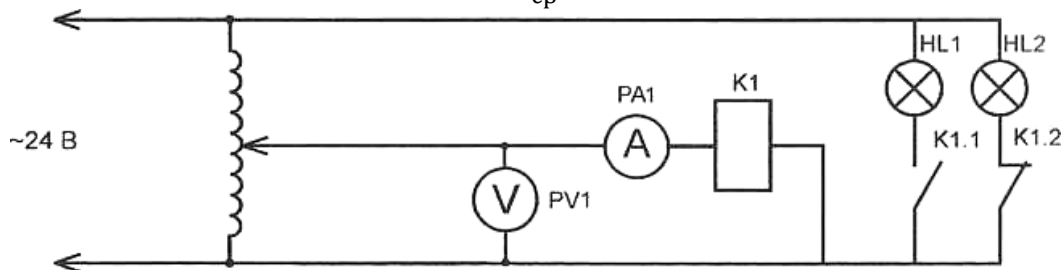


Рисунок 2.1 Схема электрическая для изучения реле переменного тока  
типа  
РП21-003-У ХЛ4-24-

Таблица 2.1

Ток и напряжение моментов срабатывания и отпускания реле

№ опыта	1	2	3	4	5
$U_{ср}$ , В					
$I_{ср}$ , А					
$U_{ном}$ , В					
$I_{ном}$ , А					
$U_{отп}$ , В					
$I_{отп}$ , А					
$K_B$ (U)					
$K_3$ (U)					
$K_B$ (I)					
$K_3$ (I)					

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение реле.
2. Классификация реле.
3. Что называется временем срабатывания и временем отключения?
4. Требования, предъявляемые к реле.
5. Назовите и опишите реле, применяемое в данной лабораторной работе.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа № 3**

### **Тема: Изучение устройств сигнализации**

**Цель:** ознакомление с работой схем световой сигнализации.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «электромагнитное реле»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

#### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Соберите поочередно схемы световой сигнализации, представленные на рисунке 3.1.
5. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
6. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
7. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
8. Ответьте на контрольные вопросы.

#### **Теоретическая часть**

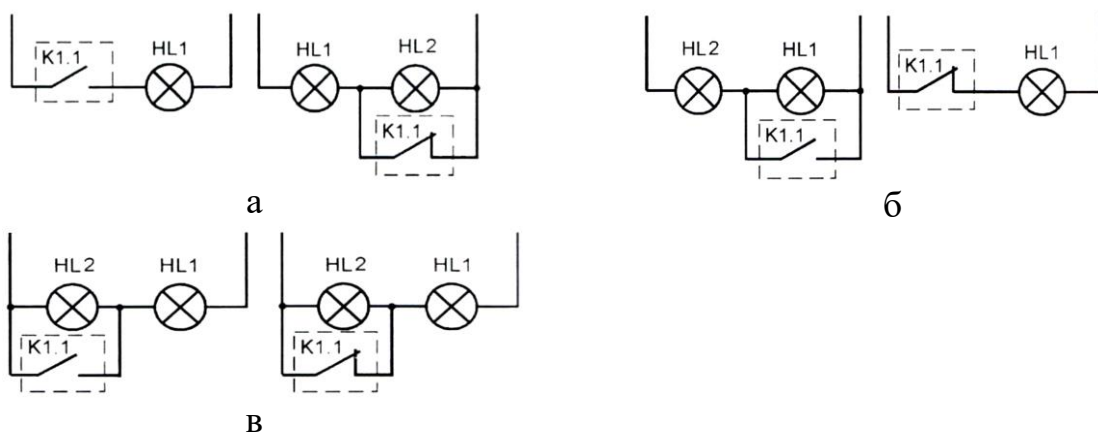
Для обеспечения нормальной работы любых устройств электроуправления необходимо своевременное и надежное оповещение обслуживающего персонала о состоянии, режимах работы и положениях отдельных механизмов, приводов, узлов, а также достижении заданных или предельных значений рабочих параметров (скорости, давления, температуры и т.п.). Для выполнения этих функций используют различные аппараты и устройства световой, звуковой и визуальной сигнализации.

Световая сигнализация осуществляется с помощью отдельных ламп, световых табло и светящихся мнемосхем, размещаемых на пультах и панелях управления. Используя сигнальные лампы и арматуру с колпачками разных цветов, можно сообщать необходимую информацию путем изменения режима работы лампы.

На рисунке 3.1, а приведена схема, в которой сигнализация осуществляется при зажигании сигнальной лампы ЛС с использованием

замыкающих и размыкающих управляющих контактов K1.1. Аналогичная схема с сигнализацией, связанной с отключением лампы, показана на рисунке 3.1, б. Схема с изменением накала лампы (рис. 3.1, в) обладает повышенной надежностью, поскольку в этом случае все время контролируется исправность лампы и цепей питания последней. Сигнальные лампы включают в сеть постоянного и переменного тока любого стандартного напряжения. Однако наиболее часто в цепях сигнализации используют напряжения 6, 12, 24 и 48 В, поскольку в этом случае лампы включают непосредственно без добавочных сопротивлений.

В современных установках электроавтоматики используют многообразную сигнальную арматуру - от миниатюрных коммутаторных ламп до светодиффузоров с сетевыми лампами накаливания или светодиодами.



а) включение лампы; б) отключение лампы; в) изменение накала лампы

Рисунок 3.1 Схема световой сигнализации

На рисунке 3.2 показана некоторая наиболее распространенная арматура световой сигнализации, которая имеет следующие основные части: корпус 1, патрон 2, лампу 3, светофильтр 4, а также детали крепления и подводящие контакты для монтажа проводов.

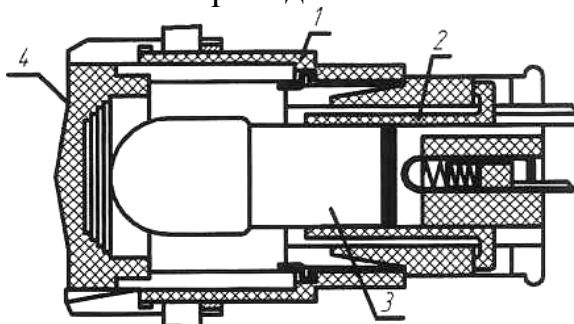


Рисунок 3.2 Устройство малогабаритной арматуры световой сигнализации

## Порядок работы

1. Монтаж схемы производите при отключенном питании.
2. За контакт K1.1 примите контакт реле типа РП21-003- УХЛ4-24.

3. При проведении работы установите ЛАТР на 0, повернув его регулировочную ручку против часовой стрелки до упора.
4. Напряжение выше 24В не подавайте.
5. Подайте питание на схему лабораторного стенда, включив автоматический выключатель QF1, увеличивая напряжение.
6. Увеличивайте ток нагрузки до момента срабатывания реле и наблюдайте за переключением лампы.
7. Затем уменьшайте величину тока до момента отпускания реле.
8. Напряжение контролируйте по вольтметру “Модуля питания”.
9. Соберите различные схемы, изображенные на рисунке 3.1.

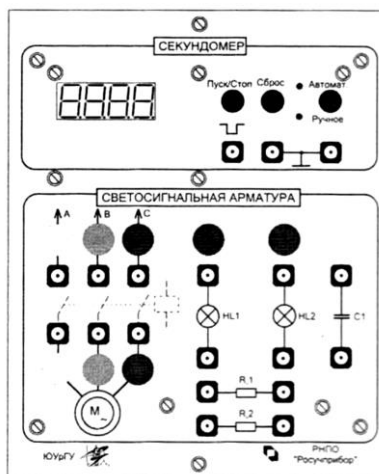


Рисунок 3.3 Внешний вид передней панели лабораторного модуля «Секундомер и светосигнальная арматура»

### Контрольные вопросы

1. Функции светосигнальной арматуры.
2. Перечислите основные виды световой сигнализации.
3. В каких случаях используют схемы, приведенные на рисунке 3.1 соответственно.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа №4**

### **Тема: Изучение контакторов переменного тока**

**Цель:** Ознакомление с работой контакторов, исследование электрических характеристик контактора.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «магнитный пускатель»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

#### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Соберите схему лабораторного стенда для исследования контакторов магнитного пускателя типа ПМЛ1100 -24В (рисунок 4.2).
5. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполните таблицу.
6. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
7. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
8. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
9. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
10. Ответьте на контрольные вопросы.

#### **Теоретическая часть**

Контактор представляет собой электрический аппарат, предназначенный для коммутации силовых электрических цепей. Замыкание или размыкание контактора осуществляется чаще всего под воздействием электромагнитного привода.

Все контакторы классифицируются:

- по роду тока главной цепи и цепи управления (включающей катушки)
- - постоянного, переменного, постоянного и переменного тока;
- по числу главных полюсов - от 1 до 5;

- по номинальному току главной цепи - от 1,5 до 4800 А;
- по номинальному напряжению главной цепи: от 27 до 2000 В постоянного тока; от 110 до 1600 В переменного тока частотой 50, 60, 500, 1000, 2400, 8000, 10 000 Гц;
- по номинальному напряжению включающей катушки: от 12 до 440В постоянного тока, от 12 до 660В переменного тока частотой 50 Гц, от 24 до 660 В переменного тока частотой 60 Гц;
- по наличию вспомогательных контактов - с контактами, без контактов.

Контакторы состоят из системы главных контактов, дугогасительной, электромагнитной систем и вспомогательных контактов. Главные контакты осуществляют замыкание и размыкание силовой цепи. Они должны быть рассчитаны на длительное проведение номинального тока и на производство большого числа включений и отключений при большой их частоте. Нормальным считают положение контактов, когда через втягивающую катушку контактора не протекает электрический ток и освобождены все имеющиеся механические защелки.

Главные контакты могут выполняться рычажного и мостикового типа. Рычажные контакты предполагают поворотную подвижную систему, мостиковые - прямоходовую.

Дугогасительная система обеспечивает гашение электрической дуги, которая возникает при размыкании главных контактов. Способы гашения дуги и конструкции дугогасительных систем определяются родом тока главной цепи и режимом работы контактора. Дугогасительные системы контакторов постоянного тока отличаются от дугогасительных систем контакторов переменного тока из-за того, что сами принципы гашения дуги при постоянном и переменном токе отличаются.

Дугогасительные камеры контакторов постоянного тока построены на принципе гашения электрической дуги поперечным магнитным полем в камерах с продольными щелями. Магнитное поле, в подавляющем большинстве конструкций, возбуждается последовательно включенной с контактами дугогасительной катушкой.

Контакторы переменного тока выполняются с дугогасительными камерами с деионной решеткой. При возникновении дуга движется на решетку, разбивается на ряд мелких дуг и в момент перехода тока через ноль гаснет. Погасить дугу на переменном токе в принципе легче, чем на постоянном токе, поэтому контакторы постоянного тока имеют более сложную систему дугогашения.

Электромагнитная система контактора обеспечивает дистанционное управление контактором, т. е. включение и отключение. Конструкция системы определяется родом тока и цепи управления контактора и его кинематической схемой. Электромагнитная система состоит из сердечника, якоря, катушки и крепежных деталей.

Вспомогательные контакты производят переключения в цепях управления контактора, а также в цепях блокировки и сигнализации. Они рассчитаны на длительное проведение тока не более 20А, и отключение тока не более 5 А. Контакты выполняются как замыкающие, так и размыкающие, в

подавляющем большинстве случаев мостикового типа.

Контакты постоянного тока предназначены для коммутации цепей постоянного тока и, как правило, приводятся в действие электромагнитом постоянного тока.

Контакты переменного тока предназначены для коммутации цепей переменного тока. Электромагниты этих контакторов могут быть как переменного, так и постоянного тока.

В настоящее время частота коммутаций в схемах электропривода достигает 3600 в час. Этот режим работы является наиболее тяжелым. При каждом включении и отключении происходит износ контактов. Для контакторов существует еще режим редких коммутаций, характеризуемый более тяжелыми условиями, чем при нормальных коммутациях (ток включения достигает  $10I_{ном}$ ). Такие режимы возникают довольно редко (например при КЗ). Основными техническими данными контакторов являются номинальный ток главных контактов, предельный отключаемый ток, номинальное напряжение коммутируемой цепи, механическая и коммутационная износостойкость, допустимое число включений в час, собственное время включения и отключения.

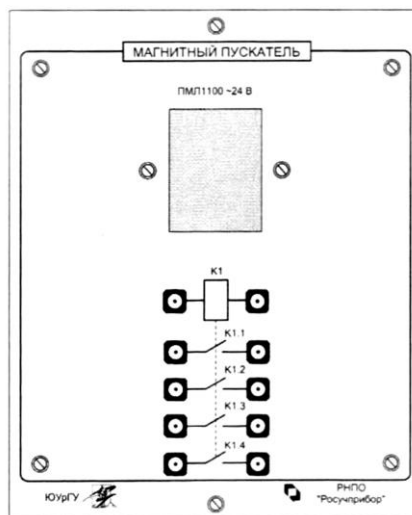


Рисунок 4.1 Внешний вид передней панели лабораторного модуля «Магнитный пускатель»

### Порядок работы

1. Монтаж схемы производите при отключенном питании.
2. На фазы виртуального асинхронного двигателя запрещается подавать напряжение с модуля питания
3. При проведении лабораторной работы включите стенд и, увеличивая величину подаваемого напряжения ЛАТРом, контролируйте показания приборов (напряжение контролируйте вольтметром PV1 на панели «Модуля питания»).
4. Ток контролируйте амперметром РА3 на панели «Модуля измерительного» и зафиксируйте показания в момент, когда якорь втянется в катушку, при этом на фазах двигателя появиться напряжения, индицируемые светодиодами.



5. Зафиксируйте величину резко изменившегося тока.
6. Рассчитайте коэффициент возврата  $K_B$  и коэффициент запаса  $K_3$ . (за параметр  $x$  примите соответственно ток ( $I$ ) или напряжение ( $U$ )). Номинальные параметры  $P_{ном} = 2,5$  Вт,  $U_{ном} = 24$  В.
7. Напряжение выше 24В не подавайте.
8. Доведите напряжение до номинальной величины 24В и вновь замеряйте ток в катушке.
9. Затем уменьшайте напряжение до момента отпускания якоря.
10. Зафиксируйте величину тока и напряжения в этот момент. Во избежание перегрева катушки пускателя не допускайте длительной работы катушки с не втянутым якорем, а также делайте паузу между экспериментами.
11. Наблюдайте срабатывание контактора по светодиодам на фазах виртуального АД, предварительно подключенных к контактору.
12. Проведите эксперимент не менее 5 раз.
13. Результаты занесите в таблицу 4.1

Коэффициент возврата  $K_B$  рассчитывается по формуле:

$$K_B = \frac{U_{отп}}{U_{ср}}$$

Коэффициент запаса  $K_3$  рассчитывается по формуле:

$$K_3 = \frac{U_{ном}}{U_{ср}}$$

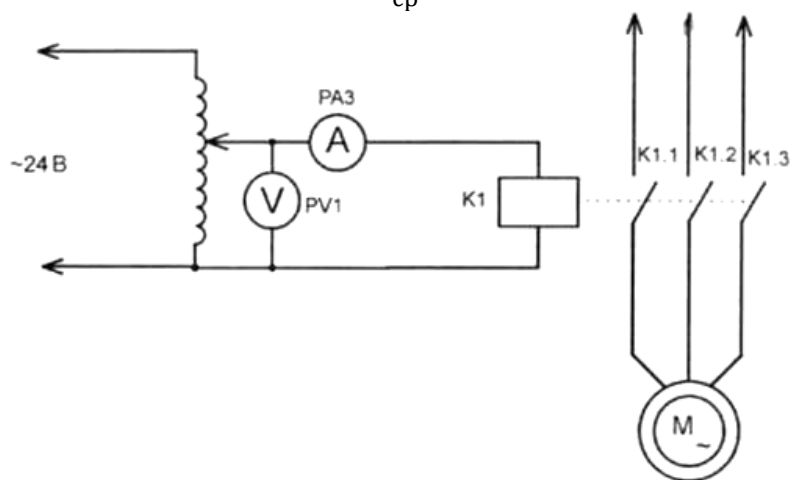


Рисунок 4.2 Схема электрическая принципиальная для исследования контакторов

Таблица 4.1

Ток и напряжение моментов срабатывания и отпускания якоря

№ опыта	1	2	3	4	5
$U_{ср}, В$					
$I_{ср}, А$					
$U_{ном}, В$					
$I_{ном}, А$					
$U_{отп}, В$					
$I_{отп}, А$					

$K_B (U)$					
$K_3 (U)$					
$K_B (I)$					
$K_3(I)$					

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение контактора.
2. Классификация контакторов.
3. Перечислите основные элементы контакторов.
4. Назначение контакторов.
5. Перечислите основные технические данные контакторов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование).

## **Лабораторная работа №5**

### **Тема: Изучение магнитного пускателя переменного тока**

**Цель:** ознакомление с устройством магнитного пускателя и исследование его эксплуатационных характеристик.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «магнитный пускатель»; модуль «командоаппараты и датчики»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

#### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Соберите схему лабораторного стенда для изучения магнитного пускателя типа ПМЛ1100 ~24В (рисунок 5.1).
5. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполните таблицу.
6. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
7. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
8. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
9. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
10. Ответьте на контрольные вопросы.

#### **Теоретическая часть**

Магнитные пускатели - аппараты, предназначенные для дистанционного управления электродвигателями переменного тока малой и средней мощности. В комплект магнитного пускателя обычно входят один или два контактора, кнопочный пост, тепловое реле, предназначенное для защиты двигателя от длительных перегрузок. В реверсивных МП применяется электрическая и механическая блокировка предотвращения включения обоих контакторов. Работа асинхронных двигателей в значительной степени зависит от таких

свойств пускателей, как износостойкость, коммутационная способность, надёжность защиты от перегрузок.

В процессе эксплуатации довольно часто обрывается одна из фаз трёхфазного питающего напряжения, например из-за перегорания предохранителя. К двигателю при этом подводятся только две фазы, и ток в статоре резко возрастает, что приводит к выходу его из строя из-за нагрева обмотки до высокой температуры. Тепловые реле пускателя от этих токов должны срабатывать и отключать двигатель. При включении асинхронного двигателя пусковой ток в 6 раз превышает номинальный.

При таком токе даже незначительная вибрация контактов быстро выводит из строя. Это накладывает высокие требования в отношении вибрации контакты, и подвижные части контакторов магнитного пускателя делаются, возможно, легче, уменьшается их скорость, увеличивается контактное напряжение. При номинальных токах до 100А целесообразны серебряные насадки на медных контактах. При токе выше 100А эффективна композиция серебра и оксида кадмия.

После разгона двигателя ток падает до номинального значения. Поэтому отключение работающего двигателя происходит при меньшей токовой нагрузке контактов.

При отключении двигателя восстанавливающиеся напряжения на контактах равно разности напряжения сети и ЭДС двигателя. В результате на контактах контактора появляется напряжение, составляющее 15...20%  $U_{ном}$ , т.е. отключение происходит в облегченных условиях.

Нередки случаи, когда двигатель необходимо отключить от сети сразу после пуска. В этих случаях контактор пускателя отключает ток, равный шестикратному номинальному при низком коэффициенте мощности ( $\cos\phi < 0,3$ ) и восстанавливающимся напряжении сети. По действующим нормам после 50кратного включения и отключения заторможенного двигателя пускатель должен быть пригоден для дальнейшей работы.

В технических данных магнитных пускателей указываются их номинальный ток и номинальная мощность двигателя, с которым может работать данный пускатель, возрастает с увеличением номинального напряжения. Наибольшее рабочее напряжение пускателей равно 660В. Электрическая износостойкость контакторов пускателя обратно пропорционально мощности управляемого электродвигателя в степени 1,5...2.

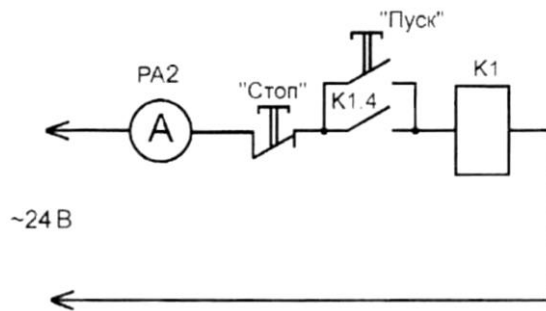


Рисунок 5.1 Схема включения  
нереверсивного пускателя ABC

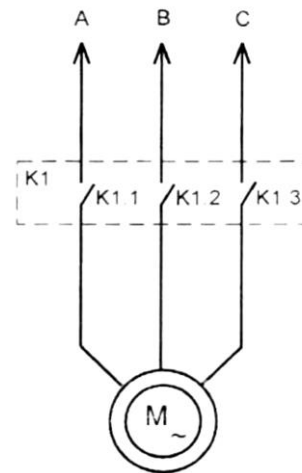


Рисунок 5.2 Схема включения  
виртуального АД

### Порядок работы

1. Монтаж схемы производите при отключенном питании.
2. На фазы виртуального асинхронного двигателя запрещается подавать напряжение с модуля питания.
3. Соберите схему, представленную на рисунке 5.1 и 5.2
4. Подайте питание на схему лабораторного стенда.
5. Подайте напряжение, включив автомат QF1, кнопками «Пуск» и «Стоп», попеременно включайте и отключайте виртуальный двигатель.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение магнитных пускателей.
2. Перечислите свойства магнитных пускателей.
3. Как зависит напряжение на контакторах от режима работы двигателя?
4. Какое свойство магнитного пускателя позволяет дистанционно управлять асинхронным двигателем?
5. Зачем осуществляется самоподхват пускателя?

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа №6**

### **Тема: Изучение предохранителя с плавкой вставкой**

**Цель:** Изучение конструкции и принципа действия предохранителя с плавкой вставкой.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «предохранители и автоматический выключатель»; модуль «командоаппараты и датчики»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

#### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Соберите схему лабораторного стенда для исследования предохранителя (рисунок 6.2).
5. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполните таблицу.
6. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
7. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
8. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
9. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
10. Ответьте на контрольные вопросы.

#### **Теоретическая часть**

Предохранители - это электрические аппараты, предназначенные для защиты электрических цепей от токовых перегрузок и токов КЗ. Основными элементами предохранителя являются плавкая вставка, включаемая последовательно с защищаемой цепью, и дугогасительное устройство.

К предохранителям предъявляются следующие требования:

1. времятоковая характеристика предохранителя должна проходить ниже, но возможно ближе к времятоковой характеристике защищаемого

объекта;

2. время срабатывания предохранителя при КЗ должно быть минимально возможным, особенно при защите полупроводниковых приборов. Предохранители должны работать с токоограничением;

3. при КЗ в защищаемой цепи предохранители должны обеспечивать селективность защиты;

4. характеристики предохранителя должны быть стабильными, а технологический разброс их параметров не должен нарушать надежность защиты;

5. в связи с возросшей мощностью установок предохранители должны иметь высокую отключающую способность;

6. конструкция предохранителя должна обеспечивать возможность быстрой и удобной замены плавкой вставки при ее перегорании.

В данной лабораторной работе применяются предохранители с плавкой вставкой. Основными частями предохранителя являются плавкая вставка и основание для ее установки.

Плавкая вставка - часть предохранителя, в которой происходит отключение электрического тока, подлежащая замене после срабатывания предохранителя. Она представляет собой корпус, в котором расположен плавкий элемент, расплавляющийся при срабатывании предохранителя, и дугогасительное устройство, представляющее собой наполнитель, для гашения возникающей при перегорании плавкого элемента электрической дуги.

Держатель плавкой вставки - съемная часть предохранителя, предназначенная для удержания его плавкой вставки.

Контакты плавкой вставки - токоведущая часть, обеспечивающая электрическую связь контактов плавкой вставки с подводными проводниками.

Параметры и характеристики предохранителей: номинальный ток предохранителя ( $I_{ном}$ ) - ток, определяемый его теплофизическими и геометрическими параметрами. Устанавливается из учета превышения температуры на выводах и потерь мощности. Величина его определяется номинальным током установленной в нем плавкой вставки  $I_{в.ном}$ ; выражается при переменном токе — действующим значением периодической составляющей тока синусоидальной формы номинальной частоты, при постоянном токе (при наличии пульсации) — средним значением и соответствует ГОСТ 6827-76.

Номинальный ток держателя (или основания) предохранителя представляет собой наибольший номинальный ток плавкой вставки, которая может быть использована в предохранителе.

Ток неплавления - заданное значение тока, которое плавкая вставка предохранителя способна пропускать в течение условного времени, не расплавляясь.

Условный ток неплавления  $I_{нпл}$  - характеризуется отношением тока неплавления к номинальному току плавкой вставки.

Ток плавления - наибольший ток, при котором плавкая вставка не перегорает в течение длительного времени (при токах, превышающих ток плавления, плавкая вставка должна перегореть в кратчайшее время).

Условный ток плавления  $I_{пл}$  - заданное значение тока, при котором срабатывает плавкая вставка предохранителя в течение условного времени; характеризуется коэффициентом кратности  $K_{пл} = I_{пл} / I_{в. ном.}$

Номинальное напряжение предохранителя - максимальное напряжение электрической цепи (действующее значение), при котором обеспечивается надежное отключение предохранителей этой цепи.

Номинальное напряжение предохранителя  $U_{ном.пр}$  представляет собой наименьшее значение из номинальных напряжений его частей: держателя предохранителя и плавкой вставки.

На переменном токе номинальное напряжение предохранителя выражается действующим значением периодической составляющей тока синусоидальной формы номинальной частоты, при постоянном токе при наличии пульсации среднее значение.

Напряжение отключения (возвращающееся напряжение) - мгновенное значение напряжения, которое появляется на выводах плавкой вставки (или предохранителя) в процессе его срабатывания. Обычно учитывается наибольшее значение этого напряжения. Измеряется: в цепи переменного тока - между пиком второй полуволны напряжения после отключения и прямой линией, проведенной между пиками предыдущей и последующей полуволн; в цепи постоянного тока - как среднее значение в течение 100 мс после отключения тока.

Время плавления плавкого элемента предохранителя  $t_{пл}$  - интервал времени от момента начала протекания сверхтока через предохранитель до момента достижения наиболее нагретого участка плавкого элемента температуры плавления материала. При этом имеется в виду, что сверхток имеет такое значение, которого достаточно для расплавления плавкого элемента.

Предохранители можно разделить на группы: общего применения, сопутствующие, для защиты силовых полупроводниковых приборов (быстродействующие), для трансформаторных установок.

Предохранители общего применения - используются для защиты силовых потребителей электроэнергии с высокой электротермической и электродинамической устойчивостью (например, электродвигателей, трансформаторов, внутрицеховых электросетей и т.п.) и отключают все токи КЗ: от пограничного тока до тока наибольшей отключающей способности, имеют плавкие вставки типа g - с отключающей способностью в полном диапазоне токов отключения.

Предохранители сопутствующие - применяются совместно с автоматическими выключателями или тепловыми реле; должны отключать цепь только при больших токах КЗ, при этом либо ограничить ток КЗ до допустимого значения для выключателей, либо отключить цепь раньше, чем разойдутся контакты выключателя (или реле); применяются плавкие вставки типа a - с отключающей способностью в части диапазона токов отключения (малые токовые перегрузки отключают автоматические выключатели или тепловое реле).

Предохранители для защиты СПП отличаются высокими



быстродействующими и токоограничительными способностями, т.к. полупроводниковые приборы термически малостойки.

Предохранители для транспортных установок - отличаются от обычных повышенной вибро- и ударостойкостью.

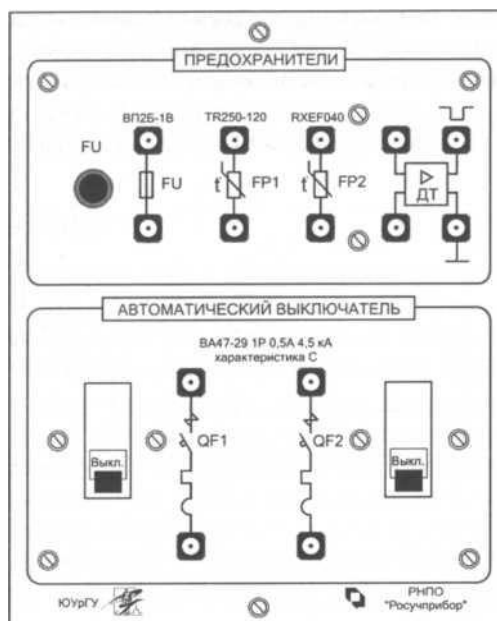


Рисунок 6.1 Внешний вид передней панели лабораторного модуля «Предохранители и автоматический выключатель»

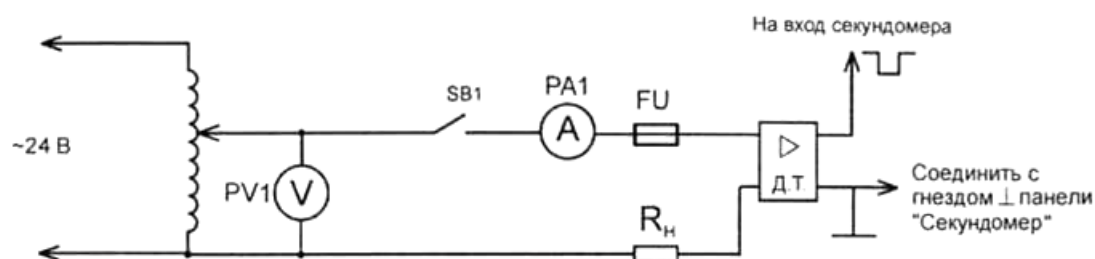


Рисунок 6.2 Схема электрическая для изучения предохранителей

### Порядок работы

1. Монтаж схемы производите при отключенном питании.
2. При монтаже в держатель предохранителя установите плавкую вставку и подключите амперметр переменного тока.
3. Нажмите на кнопку SB 1 и увеличивая напряжение при помощи ЛАТРа зафиксируйте ток и напряжение (напряжение контролируйте вольтметром PV1 на панели «Модуля питания», ток контролируйте амперметром PA1 на панели «Модуля измерительного»), при котором вставка сгорает, отпустите кнопку.
4. Результат занесите в таблицу 6.1.
5. Отключите питание стенда, оставив ручку ЛАТРа в том же самом положении.

6. В держатель предохранителя установите новую плавкую вставку, включите автомат QF1 и секундомер на режим «Автомат».
7. При ненулевых показаниях секундомера произведите сброс одноименной кнопкой.
8. Нажмите на кнопку SB1, и секундомер начнет отсчет времени, секундомер остановится при перегорании нити предохранителя.
9. Запишите показания секундомера, затем обнулите индикаторы кнопкой «Сброс».
10. Результаты занесите в таблицу 6.1.
11. Проведите эксперимент не менее 5 раз при зафиксированном токе предохранителя.
12. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем выключите стенд и выведите ручку ЛАТРа до упора против часовой стрелки, далее разберите схему, предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
13. Постройте график полученных значений времени от количества экспериментов и определите среднее значение времени плавления плавкой вставки.

Таблица 6.1

### Результаты проведенных измерений

№	$I_{уст}, A$	$U_{уст}, B$	$t, сек$

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение предохранителей.
2. Что такое плавкая вставка?
3. Перечислите параметры и характеристики предохранителей.
4. Классификация предохранителей.
5. Назовите основные элементы предохранителей

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа №7**

**Тема:** Изучение самовосстанавливающихся предохранителей

**Цель:** Изучение конструкции и принципа действия самовосстанавливающихся предохранителей.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «предохранители и автоматический выключатель»; модуль «командоаппараты и датчики»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Произведите исследование самовосстанавливающегося предохранителя типа TR250 – 120.
5. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполните таблицу.
6. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
7. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
8. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
9. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
10. Ответьте на контрольные вопросы.

### **Теоретическая часть**

Смотрите лабораторную работу №6 «Изучение предохранителей с плавкой вставкой».

В данной лабораторной работе применяются самовосстанавливающиеся предохранители. Особенность данных предохранителей заключается в том, что его сопротивление резко возрастает при достижении пороговой отметки тока. А при снижении тока данный предохранитель работает в обычном режиме.

Самовосстанавливающиеся предохранители или позисторы - это резисторы, сопротивление которых прямопропорционально зависит от температуры. При прохождении тока через предохранитель происходит его нагревание, при достижении некоторой температуры (тока), происходит резкое увеличение сопротивления, что и ограничивает ток. Т.е. во время короткого замыкания в нагрузке или другом случае превышения тока позистор принимает на себя все напряжение, и низкое значение тока сохраняется до устранения причин перегрузки.

## Порядок работы

1. Соберите схему лабораторного стенда для исследования самовосстанавливающегося предохранителя (рисунок 7.1). Номинальный ток предохранителя (ток, не вызывающий срабатывания защиты) равен 120 мА, поэтому предварительно в схему не включаем предохранитель.

2. Установите необходимое значение тока (в диапазоне 0,3 - 0,8 А) и отпустите SB1.

3. Включите в схему предохранитель (при отключенном питании).

4. Включите секундомер на режим «Автомат». При ненулевых показаниях секундомера произвести сброс одноименной кнопкой. При нажатии на кнопку секундомер начнет отсчет времени и остановится при срабатывании предохранителя.

5. Запишите показания секундомера и затем обнулите индикаторы кнопкой «Сброс».

6. Результаты занесите в таблицу 7.1.

7. Эксперимент проведите не менее 5 раз с разными токами срабатывания из диапазона 0,3 - 0,8 А (при изменении тока предохранитель исключаем из схемы), перед каждым экспериментом необходимо ждать, когда предохранитель охладиться (не менее 1 мин.).

8. По полученным данным постройте времятоковую характеристику.

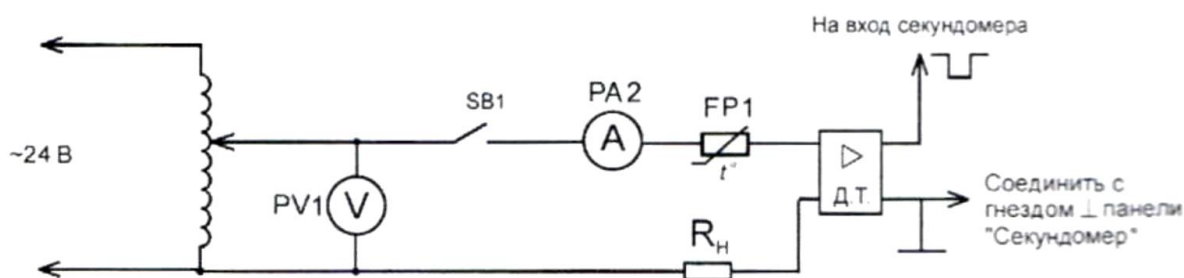


Рисунок 7.1 Схема электрическая для изучения предохранителей

## Результаты проведенных измерений

№	$I_{уст}, A$	$U_{уст}, B$	$t, сек$

**Контрольные вопросы**

1. Дайте определение самовосстанавливающихся предохранителей.
2. Перечислите параметры и характеристики предохранителей.
3. Классификация предохранителей.
4. Требования, предъявляемые к предохранителям.
5. Какие виды предохранителей используются в данной лабораторной работе?

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа №8**

**Тема:** Изучение автоматических выключателей с тепловым расцепителем и с расцепителем максимального тока

**Цель:** ознакомление с автоматическим воздушным выключателем, изучение его работы в режиме перегрузки и короткого замыкания.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «предохранители и автоматический выключатель»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.

2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.

3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.

4. Произведите исследование самовосстанавливающегося предохранителя типа TR250 – 120.

5. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполните таблицу.

6. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.

7. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.

8. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.

9. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.

10. Ответьте на контрольные вопросы.

### **Теоретическая часть**

Автоматические воздушные выключатели (автоматы) служат для автоматического отключения электрической цепи при перегрузках, коротких замыканиях (КЗ), чрезмерном понижении напряжения питания, изменении направления мощности и т.п., а также для редких включений и отключений вручную номинальных токов нагрузки.

К автоматам предъявляются следующие требования:

- токоведущая цепь автомата должна пропускать номинальный ток в

течение сколь угодно длительного времени;

- автомат должен обеспечивать многократное отключение предельных токов КЗ. После отключения этих токов автомат должен быть пригоден для длительного пропускания номинального тока;

- для обеспечения электродинамической и термической стойкости энергоустановок, уменьшения разрушений и других последствий, вызываемых токами КЗ, автоматы должны иметь малое время отключения. С целью уменьшения габаритных размеров распределительного устройства и повышения безопасности обслуживания необходима минимальная зона выхлопа нагретых и ионизированных газов в процессе гашения дуги;

- элементы защиты автомата должны обеспечивать необходимые токи, времена срабатывания и селективность.

В зависимости от вида воздействующей величины автоматы делятся: максимальные автоматы по току, минимальные автоматы по току, минимальные автоматы по напряжению, автоматы обратного тока, максимальные автоматы, работающие по производной тока, поляризованные максимальные автоматы (отключают цепь при нарастании тока в одном - прямом направлении) и неполяризованные, реагирующие на возрастание тока в любом направлении. Для построения селективно действующей защиты автоматы должны иметь регулировку тока и времени срабатывания.

В некоторых случаях требуется комбинированная защита - максимальная по току и минимальная по напряжению. Автоматы, удовлетворяющие этим требованиям, называют универсальными.

Автоматы общепромышленного и бытового применения обычно имеют лишь максимально-токовую защиту, отрегулированную на заводе. В эксплуатации характеристики автомата не могут быть изменены. Для уменьшения возможности соприкосновения персонала с деталями, находящимися под напряжением, эти автоматы закрыты пластмассовым кожухом и практически не выбрасывают дугу. Такие автоматы называют установочными.

В любом автомате есть следующие основные узлы: токоведущая цепь, дугогасительная система, привод автомата, механизм свободного расцепления и элементы защиты - расцепители.

Основными параметрами автоматов являются: собственное и полное время отключения, номинальный длительный ток, номинальное напряжение, предельный ток отключения.

Под собственным временем отключения автомата понимают время от момента, когда ток достигает значения тока срабатывания, до начала расхождения его контактов. После расхождения контактов возникающая электрическая дуга должна быть погашена за наименьшее время с перенапряжением, не представляющим опасности для остального оборудования.

В данной лабораторной работе используется автомат серии ВА47-29. Данный автомат имеет как электромагнитный (предназначенный для защиты от токов КЗ), так и тепловой (предназначенный для защиты от перегрузок) расцепители, автомат также предназначен для осуществления оперативного

управления участками электрических цепей. Электромагнитный расцепитель настроен на ток отсечки  $10I_n$  (примерно 5 А).

Преимущества автомата серии ВА47-29:

- Пластины из серебряного композита на подвижных и неподвижных контактах;
- Насечки на контактных зажимах, исключающие перегрев и оплавление проводов в местах присоединения;
- Широкий диапазон рабочих температур от  $-40^{\circ}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ;
- Работают в любом положении относительно вертикали;
- Варианты исполнения на девятнадцать номинальных токов и три защитные характеристики (В, С и D);
- Срок службы не менее 15 лет.

Отключение автоматов происходит под действием на механизм свободного расцепления элементов защиты - расцепителей. Наиболее распространены максимальные расцепители. Для защиты оборудования от перегрузок необходимо, чтобы времятоковая характеристика расцепителя шла возможно ближе к характеристике защищаемого объекта.

В максимальных расцепителях широко используются электромагнитные системы и тепловые системы с биметаллической пластиной. Электромагнитный расцепитель обладает высокой термической и электродинамической стойкостью и стойкостью к механическим воздействиям. До момента воздействия на механизм свободного расцепления якорь расцепителя обычно преодолевает значительный свободный ход (5-10 мм). Расцепление происходит за счет удара, в котором основную роль играет кинетическая энергия якоря, накопленная при его движении. Обмотка электромагнита расцепителя включена последовательно с нагрузкой. Регулирование тока срабатывания может производиться за счет натяжения противодействующей пружины расцепителя или изменения числа витков обмотки.

Для создания выдержек времени между электромагнитом и механизмом свободного расцепления ставятся устройства задержки. Селективно работающие автоматы должны быть строго согласованы по времени срабатывания, что достигается применением часовых механизмов. Выдержка времени таких устройств не зависит от тока, поэтому они не приспособлены для защиты от перегрузок.

Выдержки времени, зависящие от тока нагрузки, создаются разнообразными замедляющими устройствами, осуществляющими демпфирование за счет вязкости протекающей жидкости или газа. Биметаллический элемент здесь состоит из двух пластин с различным коэффициентом линейного расширения. В месте прилегания друг к другу пластины жестко скреплены за счет проката в горячем состоянии, либо сваркой. Если такой элемент закрепить неподвижно и нагреть, то произойдет его изгиб в сторону материала с меньшим  $\alpha$ . Широкое распространение в тепловых расцепителях получили такие материалы, как инвар (малое значение  $\alpha$ ) и хромоникелевая сталь (большое значение  $\alpha$ ).

Нагрев биметаллического элемента может производиться за счет тепла,



выделяемого током нагрузки в самой пластине или в специальном нагревателе. Лучшие характеристики получаются при комбинированном нагреве, когда пластина нагревается и за счет проходящего через нее тока, и за счет тепла, выделяемого специальным нагревателем, обтекаемым тем же током нагрузки.

Для оценки эффективности защиты строятся времятоковые характеристики защищаемого объекта и биметаллического элемента. Для построения этих характеристик, называемых защитными, используются паспортные или расчетные данные. Ток  $I_{ср}$  теплового расцепителя составляет  $(1,2...1,3) I_{ном}$ .

Хотя времятоковая характеристика тепловых расцепителей достаточно хорошо согласуется с защищаемым объектом, они имеют следующие недостатки:

1. Слабая термическая стойкость требует высокого быстродействия при отключении больших токов. В этих случаях обычно применяется комбинация из электромагнитного и теплового расцепителей. Электромагнитный расцепитель работает при КЗ, тепловой - при перегрузках.

2. С ростом отключаемого тока растет усилие, необходимое для расцепления автомата. Поэтому тепловой расцепитель применяется при токах до 200 А.

3. Выдержка времени тепловых расцепителей зависит от температуры окружающей среды, что ограничивает их применение.

4. Разброс в токе срабатывания у тепловых расцепителей примерно в 2 раза больше, чем у электромагнитных.

5. Малая термическая стойкость тепловых расцепителей определяет малую допустимую длительность КЗ, что затрудняет получение необходимой селективности.

## **Порядок работы**

1. Соберите схему лабораторного стенда для исследования электромагнитного расцепителя автоматического выключателя (рисунок 8.1), используйте амперметр переменного тока с пределом 5 А.

2. Монтаж схемы производите при отключенном питании.

3. При проведении лабораторной работы установите рукоятку ЛАТРа в минимальное положение, далее включите ЛАТР и плавно, но быстро не более 1сек., увеличивайте ток нагрузки через автоматический выключатель, добиваясь срабатывания максимальной защиты.

4. Зафиксируйте максимальные показания амперметра.

5. Верните регулятор ЛАТРа в минимальное положение.

6. Дождитесь охлаждения автомата и только после этого включите автомат для проведения следующего эксперимента.

7. После проведения замеров отключите питание.

8. Эксперимент провести не менее 5 раз. Результаты измерения свести в таблицу 8.1

9. Соберите схему лабораторного стенда для исследования теплового расцепителя автоматического выключателя (рисунок 8.1).

10. При проведении лабораторной работы установите рукоятку ЛАТРа в минимальное положение.

11. Включите ЛАТР и плавно, увеличивая ток нагрузки через автоматический выключатель, установите его на уровне 2А.

12. Выключите исследуемый автомат и дождитесь охлаждения его теплового расцепителя.

13. Включите секундомер в режим «Ручной» и далее включите исследуемый автомат.

14. После срабатывания теплового расцепителя остановите секундомер, нажав на кнопку «Стоп», записывая показания секундомера.

15. Дождитесь охлаждения теплового расцепителя и повторите эксперимент не менее 5 раз. Результаты измерения свести в таблицу 8.2.

16. Отключите питание стенда.

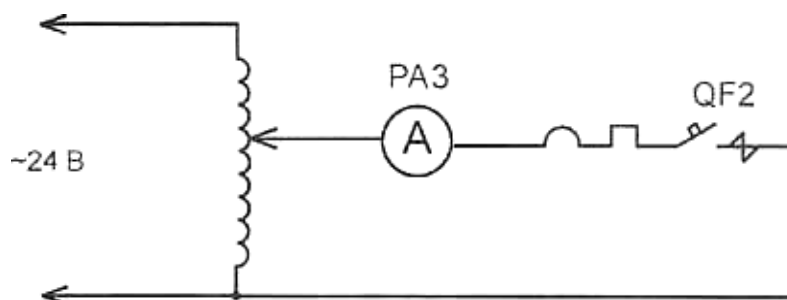


Рисунок 8.1 Схема электрическая для исследования электромагнитного расцепителя автомата

Таблица 8.1

Ток срабатывания максимальной защиты

№ опыта	1	2	3	4	5
$I_{ср}, A$					

Таблица 8.2

Срабатывание защиты теплового расцепителя автомата

№ опыта	1	2	3	4	5
$I_{ср}, A$					
$t, сек$					

## Контрольные вопросы

Для чего необходимы автоматические выключатели?

1. Какие требования предъявляются к ним?
2. Классификация автоматических выключателей.
3. Назовите основные узлы и параметры автоматов.
4. Назовите и опишите автомат, применяемый в данной лабораторной

работе.

5. Опишите принцип действия максимальных расцепителей.

6. Недостатки тепловых расцепителей.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).

2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа №9**

### **Тема: Изучение реле времени**

**Цель:** ознакомление с конструкцией, принципом действия и настройкой реле времени.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «реле времени и напряжения»; модуль «предохранители и автоматический выключатель»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Изучите реле времени (рисунок 9.1), где К, У – контакты каналов реле времени.
5. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполните таблицу.
6. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
7. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
8. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
9. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
10. Ответьте на контрольные вопросы.

### **Теоретическая часть**

В схемах защиты и автоматики часто требуется выдержка времени между срабатываниями двух или нескольких аппаратов. Для создания выдержки времени служат электрические аппараты, называемые реле времени.

Общими требованиями для реле времени являются:

- стабильность выдержки времени при колебаниях напряжения, частоты напряжения питания, температуры окружающей среды и воздействия других факторов.

- малые потребляемая мощность, масса и габариты.

Возврат реле в исходное положение происходит при его обесточивании. Поэтому коэффициент возврата может быть очень низким.

Реле времени могут применяться для всех процессов коммутации с задержкой по времени в схемах управления, пуска, защиты и регулирования. Они гарантируют высокую функциональность и большую точность репродуцирования заданного времени прохождения процессов.

В зависимости от нагрузки к реле времени предъявляются различные специфические требования. Для схем автоматического управления электроприводом при большой частоте включений требуются реле с высокой механической износостойкостью - до  $(5...10)10^6$  срабатываний. Требуемые выдержки времени находятся в пределах 0,25... 10с. К этим реле, не предъявляются требования относительно высокой стабильности выдержки времени. Разброс времени срабатывания может достигать 10%. Реле должны работать в производственных условиях при наличии интенсивных механических воздействий.

Реле для защиты энергосистемы должны иметь большую точность выдержки времени. Эти реле работают относительно редко, поэтому к ним не предъявляются особые требования по износостойкости. Износостойкость реле времени защиты порядка  $(5...10)10^3$  срабатываний. Выдержки времени таких реле времени составляют 0,1 ...20с.

Для автоматизации технологических процессов необходимы реле с большой выдержкой времени - от нескольких минут до нескольких часов. В этом случае, как правило, используются моторные реле времени. В настоящее время созданы также полупроводниковые реле с таким же большим диапазоном выдержки времени.

В данной лабораторной работе исследуется реле времени ВЛ-54. Реле времени ВЛ-54 предназначено для коммутации электрических цепей с определенными, предварительно установленными выдержками времени и применяется в схемах автоматики как комплектующее изделие. Реле выполнено на современной элементной базе.

Условия эксплуатации: районы с умеренным климатом - исполнение УХЛ, закрытые производственные помещения с искусственно регулируемые климатическими условиями - категория размещения 4, диапазон рабочих температур от +1 до +40°C, воздействие вибраций с ускорением до 2g с частотой до 100Гц, до 2g частотой до 60Гц, воздействие по сети питания импульсных помех, не превышающих двойную величину напряжения питания и длительностью не более 10мкс, окружающая среда взрывобезопасная, не содержащая пыли в количестве, нарушающем работу реле, а также агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, степень защиты реле IP40, выводных зажимов - IP20. Реле предназначено для монтажа на DIN-рейку.

Структура условного обозначения ВЛ-54 Х4: Х4 - климатическое исполнение (УХЛ) и категория размещения (4); 54 - модификация; ВЛ - реле времени.

Реле времени ВЛ-54 является универсальным устройством и может функционировать в любом из 4 режимов от источника питания в диапазоне 24...220В, переменного или постоянного тока.

Таблица 9.1

Реле времени ВЛ-54

Диапазон выдержек времени	0.1...10, 3...30 (с, мин)
Средняя основная погрешность, %	0.2
Погрешность от изменения температуры на 1°C, %	0.1
Время повторной готовности, с	не более 0.1
Напряжение питания: постоянный и переменный ток, В	24...220
Допустимые отклонения напряжения питания, %	-15...+ 10
Потребляемая мощность, Вт	не более 1.4
Масса, кг	0.3

Таблица 9.2

Коммутационная способность

Номинальные режимы коммутации на одну контактную группу (количество циклов срабатывания, не менее)	0.1 А, 1 А, 12В = (не менее 5х10 <sup>5</sup> )
	4А, 24...220В = (не менее 1х10 <sup>5</sup> )

Режимы работы реле задаются с помощью DIP-переключателей, расположенных на передней панели.

Каждому из 4 режимов работы соответствует определенное положение DIP-переключателей.

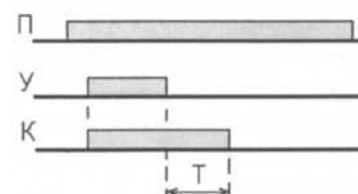
Режим А  
Задержка включения



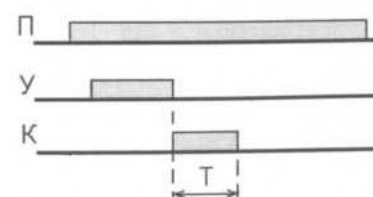
Режим Б  
Формирование импульса тока



Режим В  
Формирование задержки на отключение по окончании управляющего сигнала



Режим Г  
Формирование импульса тока по окончании управляющего сигнала



Время выдержки устанавливается переключателями на передней панели

реле:

1. Секунды, минуты («s, min»)
2. Переключателем длительностью (0,1-1; 0,3-3; 1-10; 3-30)

Исполнительное реле имеет один замыкающий контакт и одну группу переключающих контактов с выдержкой времени.

Основная приведенная погрешность ( $\delta$ ) в любой точке шкалы выраженная, в %, не превышает значения, определяемого по формуле:

$$\delta = \frac{t_{\text{эксп}} - t_{\text{уст}}}{T} * 100\% \quad (9.1)$$

где  $t_{\text{эксп.}}$  - измеренное (экспериментальное) время;

$t_{\text{уст.}}$  - заданное (установленное) время;

$T$  - максимальное значение выдержки (для данного реле  $T = 999$  сек).

### Порядок работы

1. Соберите схему лабораторного стенда для изучения реле времени (рисунок 9.2), где К, У - контакты каналов реле времени.
2. Монтаж схемы производите при отключенном питании.
3. Обнулите показания секундомера кнопкой «Сброс».
4. Перед началом каждого эксперимента, секундомер установите на режим «Автомат».
5. Напряжение, подаваемое на нагрузку, установите напряжение на уровне 20В, включите тумблер «Сеть». Реле времени начинает отчет времени сразу же при включении питания.
6. Повторите эксперимент при различных уставках времени.
7. После проведения лабораторной работы отключите питание стенда.
8. Результаты занесите в таблицу 9.1.
9. Сравните полученные данные, определите приведенную погрешность и сделайте соответствующие выводы.

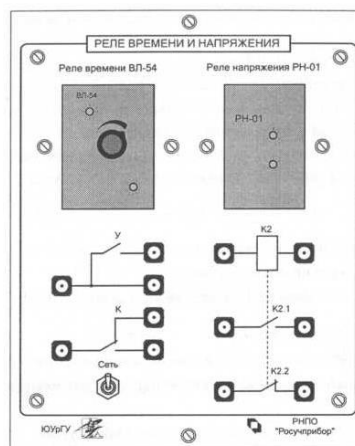
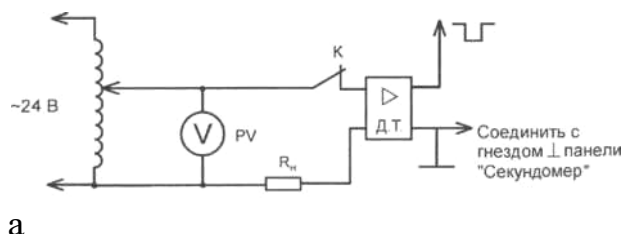


Рисунок 9.1 Внешний вид передней панели лабораторного модуля «Реле времени и напряжения»



а

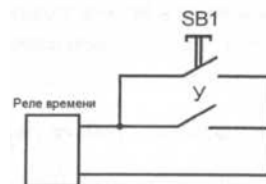


Рисунок 9.2 Схема электрическая для изучения реле времени (а), схема подключения управляющей кнопки к управляющим контактам реле времени (б)

Таблица 9.3

Установленное время и время срабатывания

Контакты	№ опыта	1	2	3	4	5
	$t_{уст}$					
	$t_{эксн}$					
	$t_{уст}$					
	$t_{эксн}$					

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение реле времени.
2. Общие требования, предъявляемые к реле времени.
3. Применение реле времени.
4. Требования, предъявляемые к реле для схем автоматического управления.
5. Требования, предъявляемые к реле для защиты энергосистемы.
6. Опишите реле времени, применяемое в данной лабораторной работе.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)



## **Лабораторная работа №10**

### **Тема: Изучение реле напряжения**

**Цель:** ознакомление с конструкцией и методом испытаний и настройки реле типа РН-01.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «реле времени и напряжения»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

#### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Соберите схему лабораторного стенда для исследования реле напряжения (рисунок 10.2).
5. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполните таблицу.
6. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
7. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
8. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
9. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
10. Ответьте на контрольные вопросы.

#### **Теоретическая часть**

Под реле понимают такой электрический аппарат, в котором при плавном изменении управляющего (входного) параметра до определенной наперед заданной величины происходит скачкообразное изменение управляемого (выходного) параметра. Хотя бы один из этих параметров должен быть электрическим.

В зависимости от входного параметра реле можно разделить на реле тока, напряжения, мощности, частоты и других величин. Отметим, что реле может реагировать не только на входной параметр, но и на разность значений

(дифференциальное реле), изменение знака или скорости изменения входного параметра.

Реле напряжения РН-01 предназначено для контроля величины напряжения сети переменного тока и применяется в схемах релейной защиты и автоматики электрических цепей.

Условия эксплуатации: исполнение УХЛ, закрытые производственные помещения с искусственно регулируемыми климатическими условиями, категория размещения 4, диапазон рабочих температур от +1 до +40°C, воздействие вибраций с ускорением до 1g с частотой до 100Гц, до 2g с частотой до 60Гц, воздействие по сети питания импульсных помех, не превышающих двойную величину напряжения питания и длительностью не более 10мкс, степень защиты реле IP40, выводных зажимов - IP20, реле предназначены для монтажа на DIN-рейку или на плоскость.

Структура условного обозначения РН - 01 Х4: РН - реле напряжения;

01 модификация; Х4 - климатическое исполнение УХЛ и категория размещения (4).

Таблица 10.1

Реле напряжения РН-01

Диапазон контролируемых напряжений (питания), относительно номинального, В (50/60 Гц)	19...30
Минимальный контролируемый диапазон напряжений, В	23...25
Погрешность установки, %	5
Средняя основная погрешность, %	5
Погрешность от изменения температуры, на 1°C	0.1
Время срабатывания реле при отклонении контролируемого напряжения от допустимого диапазона, с, не более	0.2
Время повторной готовности, с, не более	2
Потребляемая мощность, Вт, не более	1.5
Масса, кг	0.15
Номинальные режимы коммутации на одну контактную группу (количество циклов срабатывания, не менее)	0.1 = 12В (не менее 5x10 <sup>5</sup> )
	5А = 30В (не менее 9x10 <sup>4</sup> )
	5А ~ 220В (не менее 9x10 <sup>4</sup> )

Реле напряжения РН-01 включается, если контролируемое напряжение находится в требуемом диапазоне, цвет индикатора - зеленый. В противном случае - реле выключено, цвет индикатора - красный. Диапазон (верхнее и нижнее значения) устанавливается с помощью потенциометра на передней панели.

Реле напряжения размещено в пластмассовом корпусе. В верхней части размещены контактные зажимы для подключения напряжения питания, в нижней - контактные зажимы для подключения внешних коммутируемых цепей. На передней панели находятся: потенциометры регулировки верхнего и нижнего значений контролируемого напряжения, а также индикатор состояния исполнительного реле.

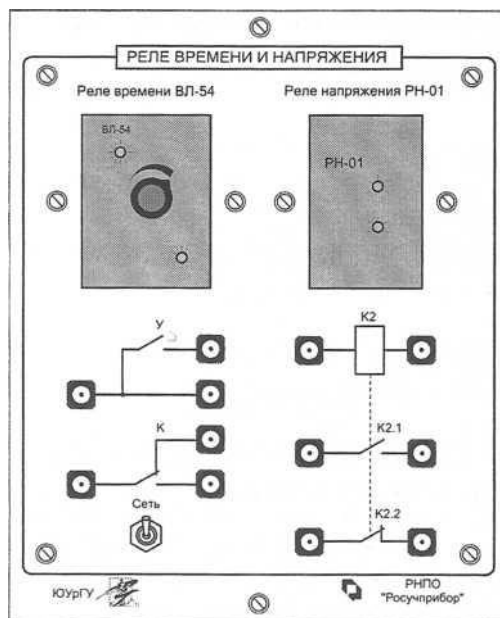


Рисунок 10.1 Внешний вид передней панели лабораторного модуля «Реле времени и напряжения»

### Порядок работы

1. Соберите схему лабораторного стенда для исследования реле напряжения (рисунок 10.2).
2. Монтаж схемы производите при отключенном питании.
3. Занесите в таблицу значения  $U_{уст.в}$  и  $U_{уст.н.}$  выставленные на передней панели реле напряжения.
4. Установите ЛАТР на 0, повернув его регулировочную ручку против часовой стрелки до упора.
5. Подайте питание на схему лабораторного стенда, включив автоматический выключатель QF1.
6. Выставьте входное напряжение на уровне 15В, при этом должен гореть красный светодиод, увеличивайте напряжение до момента срабатывания реле (загорание зеленого светодиода).
7. Зафиксируйте величину нижнего порога  $U_{вх.н.}$ , далее увеличивайте напряжение до загорания красного светодиода.
8. Зафиксируйте величину напряжения верхнего порога  $U_{вх.в}$
9. Напряжение контролируйте по вольтметру PV1 «Модуля питания».
10. Результаты занести в таблицу 10.1. Номинальные параметры реле напряжения типа РН - 01:  $P_{ном}=1,5Вт$ ,  $U_{ном}=24В$ .
11. Напряжение выше 24В не подавайте.
12. Меняя  $U_{вх.в.}$ ,  $U_{вх.н.}$  на панели реле напряжения проведите 3-4 дополнительных эксперимента, выполняя работу по пункту 2.
13. Результаты работы занесите в таблицу.

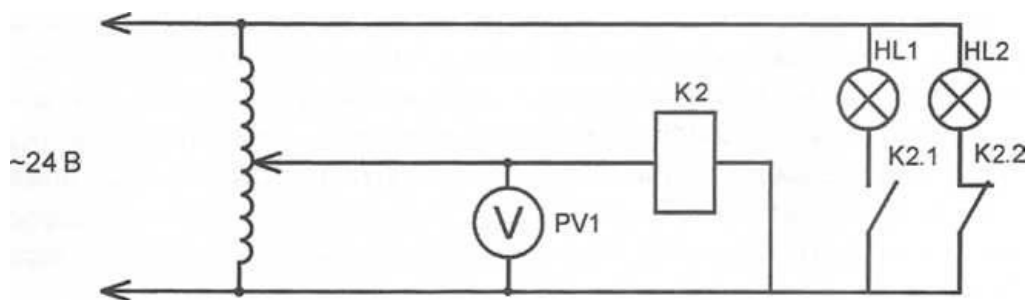


Рисунок 10.2 Схема электрическая для изучения реле напряженияРН-01

Таблица 10.2

Напряжение верхнего и нижнего порога срабатывания реле

	$U_{уст.в}, В$	$U_{уст.н}, В$
$U_{вх.в}, В$		
$U_{вх.н}, В$		

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение реле напряжения.
2. Классификация реле.
3. Назовите и опишите реле, применяемое в данной лабораторной работе.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа №11**

### **Тема: Изучение реле максимального тока**

**Цель:** ознакомление с конструкцией и методом испытаний и настройки реле типа РТ-01.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «реле тока и тепловое реле»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

#### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполните таблицу.
5. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
6. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
7. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
8. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
9. Ответьте на контрольные вопросы.

#### **Теоретическая часть**

Под реле понимают такой электрический аппарат, в котором при плавном изменении управляющего (входного) параметра до определенной наперед заданной величины происходит скачкообразное изменение управляемого (выходного) параметра. Хотя бы один из этих параметров должен быть электрическим.

В зависимости от входного параметра реле можно разделить на реле тока, напряжения, мощности, частоты и других величин. Отметим, что реле может реагировать не только на входной параметр, но и на разность значений (дифференциальное реле), изменение знака или скорости изменения входного

параметра.

Электромагнитные реле благодаря простоте конструкции и надежности широко распространены в схемах электропривода и в схемах защиты энергосистем. Электромагнитные реле приводятся в действие с помощью электромагнитов постоянного и переменного тока.

Рассмотрим работу максимального реле постоянного тока с простейшей магнитной системой клапанного типа.

На рисунке 11.1 изображены тяговая и противодействующая характеристики реле. Противодействующие усилия создаются возвратной  $P1$  и контактными  $P2$  пружинами.

Усилие контактных пружин создает предварительное нажатие в момент соприкосновения контактов. В результате уменьшается вибрация контактов при срабатывании и обеспечивается контактное нажатие.

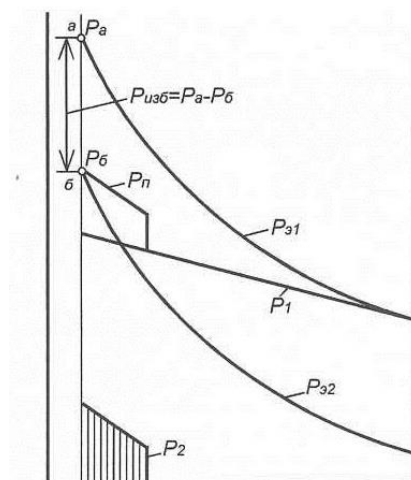


Рисунок 11.1 Согласование характеристик электромагнитного реле

С учетом линейной зависимости силы пружины от ее деформации и относительно небольшого перемещения якоря противодействующее усилие пружин, приведенное к якору, меняется линейно с изменением зазора. Для срабатывания реле необходимо, чтобы тяговая характеристика  $P_{з1}$  во всех точках якоря шла выше суммарной противодействующей характеристики  $P_n = P1 + P2$ . Для токового реле при данном начальном зазоре  $\delta_n$  положение  $P_{з1}$  зависит от тока. При ненасыщенной магнитной системе тяговая сила пропорциональна квадрату тока.

Наименьшее значение тока, при котором кривая  $P_{з1}$  начинает проходить выше зависимости  $P_n$ , определяет ток трогания  $I_{тр}$  реле. Срабатывание реле определяется точкой  $б$  (зазор  $\delta = \delta_n$ ), при которой  $P_{з1}$  идет выше  $P_n$ . Для надежного включения в обмотку реле обычно подается ток  $I_{раб} > I_{тр}$ . Коэффициент запаса при этом  $Kз = I_{раб} / I_{тр}$  и обычно составляет  $Kз = 1,4$ .

С ростом  $Kз$  тяговая характеристика поднимается, увеличивается тяговое электромагнитное усилие, действующее на якорь, увеличивается ускорение якоря, сокращается полное время включения. Однако при этом возрастают удары в механизме и вибрации контактов.

Для того чтобы устранить залипание якоря, в магнитной системе всегда создается конечный зазор  $\delta_k$ . При этом зазоре тяговое усилие значительно превышает противодействующее ( $P_a - P_b = P_{изб}$ ).

Для отключения реле тяговая характеристика  $P_{з2}$  во всех точках должна быть ниже характеристики  $P_n$ . При этом усилие, развиваемое противодействующими пружинами, больше электромагнитного усилия и якорь возвратится в начальное положение. Ток при таком положении характеристики называется током отпуска или током возврата.

При отпуске реле определяющей точкой является точка  $b$ , в которой характеристика  $P_z$  идет ниже характеристики  $P_n$ .

Для реле защиты энергосистем и электропривода, контролирующих значение тока в узких пределах, коэффициент возврата  $K_v = I_{отп} / I_{ср}$  должен быть возможно ближе к единице.

Рассмотренное реле срабатывает при любом направлении тока в обмотке. Такие реле называются нейтральными.

Реле тока РТ-01 предназначено для контроля переменного тока и применяется в схемах релейной защиты и автоматики электрических систем. Условия эксплуатации: исполнение УХЛ, закрытые производственные помещения с искусственно регулируемыми климатическими условиями, категория размещения 4, диапазон рабочих температур от +1 до +40°C, воздействие вибраций с ускорением до 1g с частотой до 100Гц, до 2g с частотой до 60Гц, воздействие по сети питания импульсных помех, не превышающих двойную величину напряжения питания и длительностью не более 10мкс, степень защиты реле IP40, выводных зажимов - ГР20, реле предназначены для монтажа на DIN-рейку или на плоскость.

Реле тока РТ-01 включается, если контролируемый ток превысит установленное значение. В противном случае - реле выключено. Ток срабатывания реле устанавливается с помощью потенциометра на передней панели.

Реле тока размещено в пластмассовом корпусе. В верхней части размещены контактные зажимы для подключения внешней контролируемой цепи, в нижней части - контактные зажимы для подключения внешних контролируемых цепей. На передней панели находится потенциометр регулировки тока срабатывания реле.

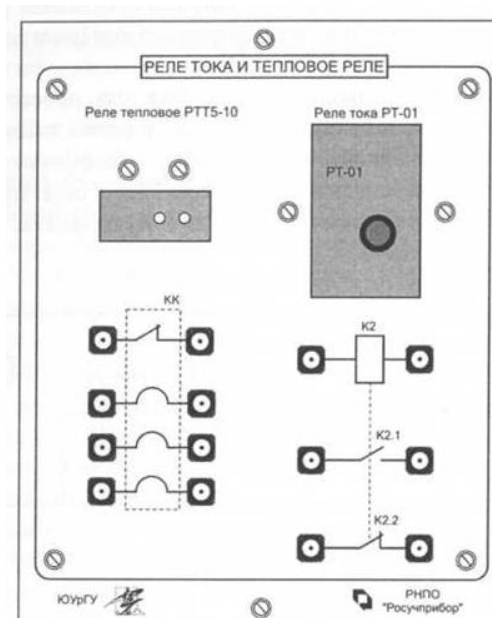


Рисунок 11.2 Внешний вид передней панели лабораторного модуля «Реле тока и тепловое реле»

### Порядок работы

1. Соберите схему лабораторного стенда для исследования реле тока типа РТ-01 (рисунок 11.3).
2. Монтаж схемы производите при отключенном питании.
3. Установите ЛАТР на 0, повернув его регулировочную ручку против часовой стрелки до упора.
4. Подайте питание на схему лабораторного стенда, включив автоматический выключатель QF1, затем плавно и быстро увеличивайте напряжения до момента срабатывания реле (индикаторы переключатся).
5. Зафиксируйте величину тока срабатывания  $I_{ср}$ .
6. Примечание. При значениях тока больше чем 2А напряжение поднимайте быстрее, чем сработает внутренняя защита ЛАТРа.
7. После каждого опыта делайте перерыв 1-2 мин. для остывания защиты ЛАТРа.
8. Затем уменьшайте величину тока до момента отпускания реле (индикаторы вновь переключатся).
9. Зафиксируйте показания амперметра  $I_{отп}$ .
10. Напряжение контролируйте по вольтметру PV1 «Модуля питания».
11. Регулятором на передней панели реле задайте 3-4 различных значения тока, проведите аналогичные эксперименты и заполнить таблицу.
12. Результаты занесите в таблицу 11.1.
13. Рассчитайте коэффициент возврата  $K_v$  и коэффициент запаса  $K_z$  (за параметр  $X$  принять ток ( $I$ )). Номинальные параметры реле тока типа РТ-01:  
 $P_{ном} = 1,5 \text{ В А}$ ,  $U_{ном} = 24 \text{ В}$ .
14. Напряжение выше 24В не подавайте.



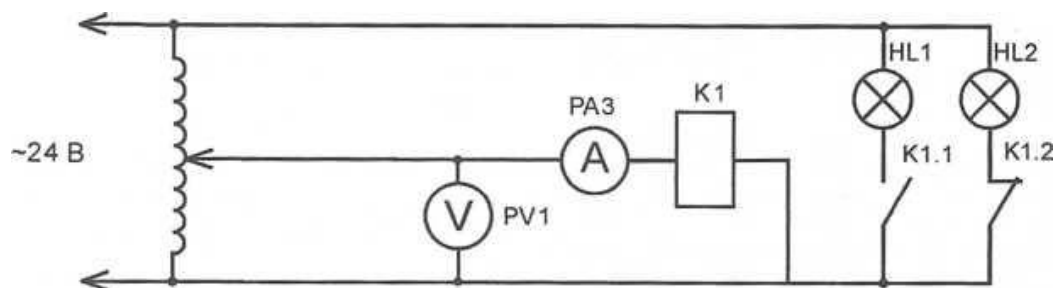


Рисунок 11.3 Схема электрическая для изучения реле тока типа РТ-01

Таблица 11.1

Ток срабатывания и отпускания реле

№ опыта	1	2	3	4	5
$I_{ср}, A$					
$I_{ном}, A$					
$I_{отп}, A$					
$K_B(I)$					
$K_3(I)$					

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение реле.
2. Опишите работу максимального реле постоянного тока.
3. Назовите и опишите реле, применяемое в данной лабораторной работе.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа №12**

### **Тема: Изучение теплового реле**

**Цель:** ознакомление с конструкцией и методом испытаний и настройки реле типа РТТ5-10.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «реле тока и тепловое реле»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; «модуль измерительный»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

#### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
5. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
6. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
7. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
8. Ответьте на контрольные вопросы.

#### **Теоретическая часть**

Под реле понимают такой электрический аппарат, в котором при плавном изменении управляющего (входного) параметра до определенной наперед заданной величины происходит скачкообразное изменение управляемого (выходного) параметра. Хотя бы один из этих параметров должен быть электрическим.

Долговечность энергетического оборудования в значительной степени зависит от перегрузок, которым оно подвергается во время работы. Для любого объекта можно найти зависимость допустимой длительности протекания тока от его значения, при котором обеспечивается надежная и длительная его эксплуатация (кривая 1 на рисунке 12.1). При номинальном токе допустимая длительность его протекания стремится к бесконечности. Протекание тока, превышающего номинальный ток, приводит к дополнительному повышению

температуры и дополнительному старению изоляции. Поэтому чем больше ток перегрузки, тем меньше должна быть ее длительность. Кривая 1 на рисунке 12.1 устанавливается исходя из необходимого срока службы оборудования. Чем меньше срок службы, тем большие перегрузки допустимы.

Для защиты энергетического оборудования от токовых перегрузок широко распространены тепловые реле с биметаллическим элементом.

Очевидно, что в идеальном случае зависимость  $t_{cp}(I)$  для реле защиты должна идти чуть ниже кривой 1 на рисунке 12.1.

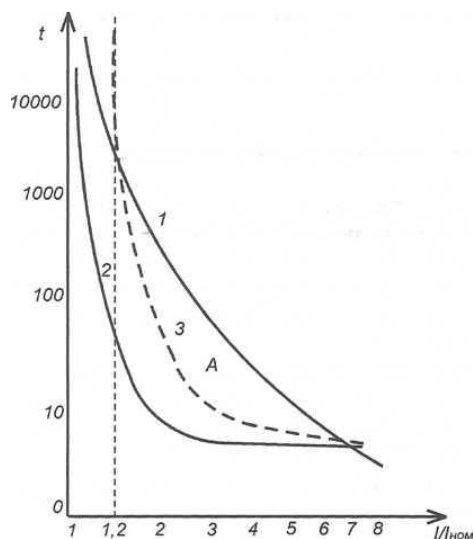


Рисунок 12.1 Времятоковые характеристики теплового реле и защищаемого объекта

Биметаллический элемент состоит из двух пластин с различным коэффициентом линейного расширения  $\alpha$ . В месте прилегания друг к другу пластины жестко скреплены за счет проката в горячем состоянии, либо сваркой. Если такой элемент закрепить неподвижно и нагреть, то произойдет его изгиб в сторону материала с меньшим  $\alpha$ . Широкое распространение в тепловых расцепителях получили такие материалы, как инвар (малое значение  $\alpha$ ) и хромоникелевая сталь (большое значение  $\alpha$ ).

Для получения большего прогиба необходим элемент большой длины и малой толщины. В то же время при необходимости получения большого усилия целесообразно иметь широкий элемент малой длиной и большой толщиной.

Нагрев биметаллического элемента может производиться за счет тепла, выделяемого током нагрузки в самой пластине, а специальным нагревателе. Лучшие характеристики получаются при комбинированном нагреве, когда пластина нагревается и за счет проходящего через нее тока, и за счет тепла, выделяемого специальным нагревателем, обтекаемым тем же током нагрузки.

Основной характеристикой теплового реле является зависимость времени срабатывания от тока нагрузки (времятоковая характеристика). До начала перегрузки через биметаллическую пластину протекает ток  $I_0$ , который нагревает ее до температуры  $\Theta_0$ . Зависимость времени срабатывания от тока для этого случая имеет вид

$$t_{n\partial} = T_{In} \frac{I^2 - I_0^2}{I^2 - I_\infty^2}$$

где  $T$  - постоянная времени нагрева реле;

$I_0$  - ток предварительной нагрузки, протекающий через элемент;

$I_\infty$  - ток, при котором реле срабатывает за время  $t \gg T$ ;

$I$  - ток, при котором реле срабатывает за время  $t_{cp}$ .

Выразив токи в относительных единицах:  $x = I/I_{ном}$ ;  $x_{cp} = I_{cp}/I_{ном}$   
 $\varepsilon = I_0/I_{ном}$  получим:

$$t_{n\partial} = T_{In} \frac{X^2 - \varepsilon^2}{X^2 - X_{n\partial}^2}$$

Если реле включается в холодном состоянии ( $\varepsilon=0$ ), то

$$t_{n\partial} = T_{In} \frac{X^2}{X^2 - X_{n\partial}^2}$$

При коротком замыкании нагрев биметаллического элемента идет без отдачи тепла и время срабатывания

$$t_{n\partial} = T \frac{X_{n\partial}^2}{X^2}$$

Из-за инертности теплового процесса тепловые реле, имеющие такой биметаллический элемент, непригодны для защиты цепей от КЗ. Нагревательные элементы в данном случае могут перегорать до срабатывания реле. Поэтому защита с помощью таких реле должна быть дополнена электромагнитными реле, предохранителями или автоматическими выключателями.

Для оценки эффективности защиты строятся времятоковые характеристики защищаемого объекта и биметаллического элемента. Для построения этих характеристик, называемых защитными, используются паспортные или расчетные данные. Ток  $I_{cp}$  теплового реле составляет  $(1,2...1,3)I_{ном}$ . Защитные характеристики биметаллического элемента строятся для  $\varepsilon=0$  и  $\varepsilon=1$ . При правильном выборе реле времятоковая характеристика при  $\varepsilon=0$  должна проходить вблизи и ниже характеристики защищаемого объекта. Тогда при предварительном подогреве номинальным током реле обеспечивает надежную защиту. На рисунке 12.1 представлены времятоковые характеристики двигателя (кривая 1) и двух тепловых реле с различными токами срабатывания. У одного реле (кривая 2) ток срабатывания равен номинальному току двигателя, у другого на 20% больше (кривая 3). Лучшее согласование характеристик реле и двигателя во с - д втором случае.

Для быстродействующей защиты объекта и реле целесообразно биметаллический элемент объединять с электромагнитным, имеющим большой

ток срабатывания при малом времени срабатывания.

### Порядок работы

1. Соберите схему лабораторного стенда для исследования теплового реле типа РТТ5-10 (рисунок 12.2), при этом гнездо датчика тока соедините с гнездом 1 секундомера.
  2. При проведении лабораторной работы установите рукоятку ЛАТР в минимальное положение, далее включите ЛАТР и плавно, увеличивайте ток через реле. установите его на уровне 1А.
  3. Выключите автоматический выключатель QF1 и дождитесь его охлаждения.
  4. Включите секундомер на режим «Автомат» и далее включите QF1.
  5. После срабатывания реле, обязательно обесточьте тепловое реле, отпустив кнопку SB1, запишите показания секундомера.
  6. Монтаж схемы производите при отключенном питании.
  7. Результаты занесите в таблицу 12.1.
  8. Верните регулятор ЛАТР в минимальное положение.
- Номинальные параметры теплового реле типа РТТ5-10:  $I_{ном} = 25 \text{ А}$ ,  $P_{ном} = 2,05 \text{ Вт}$ , диапазон регулируемого номинального тока несрабатывания – 0,10.. 0,17 А.
9. Напряжение выше 24 В не подавайте.
  10. Повторите эксперимент (пункт 2), задавая ток срабатывания в диапазоне 1А, 1,5А, 2А задаваемых параметров на передней панели теплового реле.
  11. Делайте паузы между экспериментами для охлаждения реле.
  12. После охлаждения реле переведите его на исходное состояние, нажав на флажок на передней панели теплового реле.
  13. Постройте времятоковую характеристику.

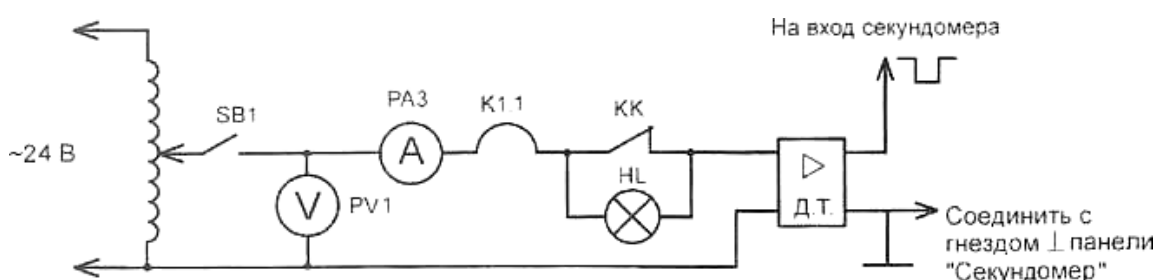


Рисунок 12.2 Схема электрическая для изучения теплового реле типа РТТ5-10

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение реле.
2. Опишите принцип действия теплового реле.
3. Что представляет собой биметаллический элемент?
4. Основная характеристика теплового реле.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа №13**

### **Тема: Изучение конечного выключателя**

**Цель:** изучение конструкций, принципа действия, характеристик конечного выключателя типа ВПК2112.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «магнитный пускатель»; модуль «командоаппараты и датчики»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Соберите схему лабораторного стенда для исследования конечного выключателя типа ВПК 2112 БУ2 (рисунок 13.2).
5. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
6. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
7. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
8. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
9. Ответьте на контрольные вопросы.

### **Теоретическая часть**

Путевой выключатель предназначен для замыкания или размыкания слаботочных сигнальных цепей в зависимости от пространственного положения (позиции) рабочего органа управляемого электропривода. При срабатывании контактов путевого выключателя вырабатываются электрические сигналы, приводящие в действие устройства управления автоматизированного электропривода. Наиболее простой и распространённый пример использования путевого выключателя в схеме управления механизмом - устройство для предотвращения возможности перехода механизма за пределы его конечного положения. В этом случае путевой выключатель называют

конечным (концевым) выключателем, обеспечивающие коммутацию сигнальных цепей только в крайних положениях хода рабочего органа.

По принципу действия путевые выключатели разделяют: контактные (электромеchanические) и бесконтактные (индуктивные, ёмкостные и др.). Контактные путевые выключатели можно подразделить на кнопочные и рычажные. В кнопочном путевом выключателе контролируемый рабочий орган воздействует на шток кнопочного элемента. Размыкание и замыкание контактов происходит со скоростью перемещения контролируемого органа.

В данной лабораторной работе изучается выключатель типа ВПК 2112БУ2. Выключатель путевой рычажный ВПК2112 БУ2 двухполюсный, с само возвратом, с одним замыкающим (з) и одним размыкающим (р) контактами, с двойным разрывом цепи, с прямым порядком размыкания цепи предназначены для коммутации электрических цепей управления переменного напряжения до 660 В, частотой тока 50 и 60 Гц и постоянного напряжения до 440 В под воздействием управляющих упоров в определенных точках пути контролируемого объекта.

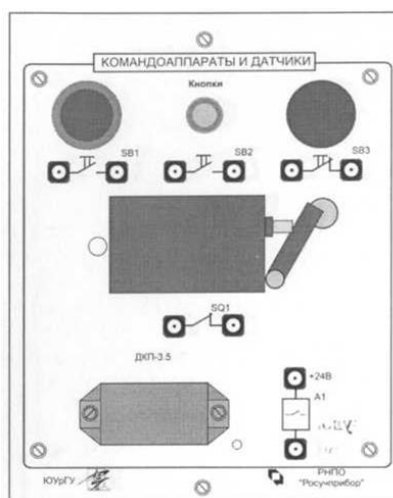


Рисунок 13.1 Внешний вид передней панели лабораторного модуля «Командоаппараты и датчики»

### Порядок работы

1. Соберите схему лабораторного стенда для исследования конечного выключателя типа ВПК 2112 БУ2 (рисунок 13.2).
2. Монтаж схемы производите при отключенном питании.
3. Примечание. На фазы виртуального асинхронного двигателя запрещается подавать напряжение с модуля питания.
4. Предварительно при помощи автотрансформатора выставите напряжение на «Модуле питания» 24 В.
5. При проведении лабораторной работы выключатель (SQ1) соедините последовательно с обмоткой магнитного пускателя, контакты которого замкните с контактами имитированного трехфазного двигателя на модуле «Секундомер и светосигнальная арматура».
6. Подайте питание на схему путем включения тумблера на модуле



питания (QF1), и при нажатии на конечный выключатель наблюдайте выключение всех трех фаз на двигателе при помощи светодиодов.

7. После оформления черновика (схемы электрической принципиальной, ход выполнения лабораторной работы) и проверки результатов преподавателем, выключите стенд и выведите ручку ЛАТРа до упора против часовой стрелки.

8. Разберите схему, предоставьте стенд в полной комплектности и, исправности преподавателю или лаборанту.

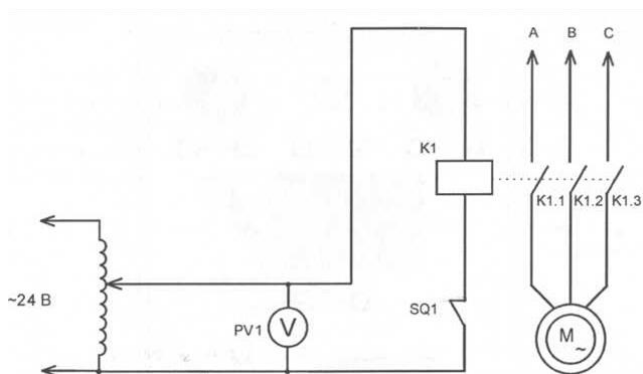


Рисунок 13.2 Схема электрическая принципиальная для исследования конечного выключателя

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение конечного выключателя.
2. Классификация конечных выключателей.
3. Опишите выключатели типа ВПК 2112 БУ2.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## **Лабораторная работа №14**

### **Тема: Изучение бесконтактных датчиков (выключателей)**

**Цель:** ознакомление с устройством бесконтактных датчиков, изучение принципов работы и схем включения.

**Время выполнения:** 2 часа.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрического и электромеханического оборудования»

**Материально-техническое оснащение:** лабораторный модуль «командоаппараты и датчики»; модуль «секундомер и светосигнальная арматура»; «модуль питания»; соединительные проводники.

**Электробезопасность на рабочем месте:** инструкция по электробезопасности при проведении лабораторных работ по МДК 01.01 Электрические машины и аппараты (приложение А).

### **Ход работы**

1. Внимательно прочтите инструкцию и бланк отчёта о выполнении лабораторной работы.
2. Проверьте наличие на лабораторном столе необходимого оборудования и материалов.
3. Ознакомьтесь с описанием лабораторной работы.
4. Соберите схему лабораторного стенда для исследования датчика конечного положения ДКП-3,5 (рисунок 14.5).
5. По мере проведения эксперимента и получения определённых данных (показания приборов), заполняйте таблицу.
6. По окончании лабораторной работы оформите её результаты (в виде таблиц, графиков, диаграмм, словесных описаний, вычислений) в бланке отчёта о выполнении лабораторной работы.
7. После проверки результатов преподавателем, разберите схему.
8. Предоставьте стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.
9. Сформулируйте выводы на основании результатов проведённого эксперимента и сделайте соответствующую запись.
10. Ответьте на контрольные вопросы.

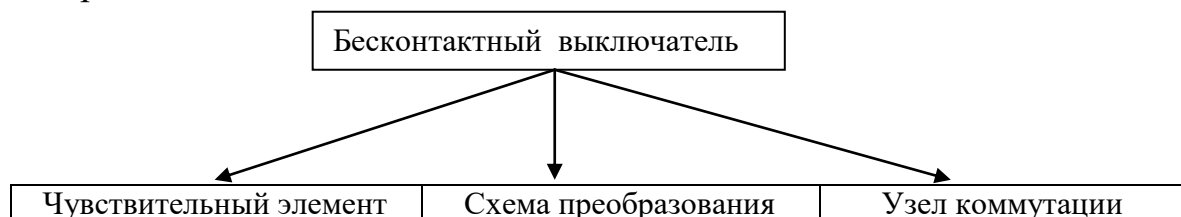
### **Теоретическая часть**

Выключателем бесконтактным (ВБ) называется датчик, приводимый в действие внешним объектом без механического контакта выключателя и объекта. Коммутация нагрузки производится полупроводниковыми элементами узла коммутации ВБ. Все это обеспечивает высокую надёжность работы бесконтактного выключателя.

В системах управления они, как правило, выполняют функцию датчиков обратной связи, сигнализируя о завершении выполнения конкретным элементом оборудования команды на перемещение. Но этим их применение не

ограничивается. Датчики используются практически во всех отраслях промышленности, в первую очередь в металлургической, машиностроительной, горнодобывающей, пищевой промышленности.

Упрощенная функциональная схема бесконтактного выключателя состоит из трех блоков:



Входя в зону чувствительности бесконтактного выключателя, движущийся объект вызывает срабатывание ВБ. При срабатывании ВБ полупроводниковый узел коммутации включает или отключает ток нагрузки (до 400 мА постоянного или до 500 мА переменного тока). В качестве нагрузки может быть использован вход контроллера, электронной схемы или непосредственно обмотка реле, контактора.

Электрическая часть устройства помещена в корпус из никелированной латуни или пластмассы. Для обеспечения работоспособности в экстремальных условиях эксплуатации электрическая часть герметизируется компаундом.

В основе классификации бесконтактных выключателей — их основные характеристики, по ним строится и система обозначений. Бесконтактные выключатели классифицируются:

1. По принципу действия чувствительного элемента — индуктивные, емкостные, оптические, ультразвуковые, магнитные немеханические.
2. По условиям установки в конструкцию. Индуктивные и емкостные ВБ выпускаются утапливаемого или неутапливаемого исполнения. Последним необходимо наличие вокруг чувствительного элемента зоны, свободной от демпфирующего материала.
3. По возможностям коммутационного элемента. ВБ различаются по коммутационной функции и по типу выхода (схемам подключения).
4. По особенностям конструктивного исполнения. ВБ различаются по форме корпуса и по способу подключения.

**Выключатели бесконтактные индуктивные (ВБИ)** имеют чувствительный элемент в виде катушки индуктивности с открытым в сторону активной поверхности магнитопроводом.

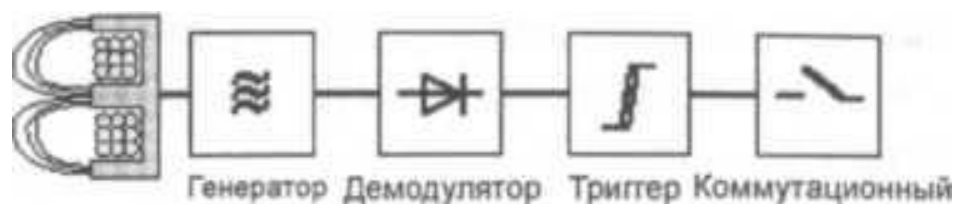


Рисунок 14.1 Функциональная схема ВБИ

Перед активной поверхностью ВБИ образуется электромагнитное поле. При внесении металлического объекта в это поле колебания генератора затухают, демодулированное напряжение падает, триггер опрокидывается, коммутационный элемент переключается.

ВБИ выпускаются в латунных никелированных или пластмассовых корпусах различной формы с расстояниями срабатывания от 1 до 150 мм.

Обычно на практике объект воздействия для ВБИ изготавливается в виде стальной пластины требуемых размеров, соединенной с движущейся деталью механизма, положение которой нужно контролировать.

Если объект воздействия имеет размеры меньше стандартного, то расстояние срабатывания может измениться. Представление о характере этого изменения дает график зависимости отношения  $S/S_n$  от  $K$  — отношения площади используемого объекта (толщиной примерно 1 мм) к площади стандартного объекта воздействия.

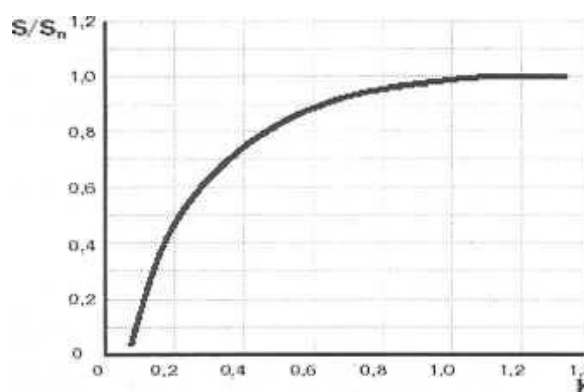


Рисунок 14.2 Зависимость расстояния срабатывания от площади используемого объекта воздействия

При работе с объектами из различных металлов и сплавов расстояния срабатывания могут уменьшаться, и для предварительных расчетов можно использовать следующие поправочные коэффициенты:

- нержавеющая сталь — 0,8
- нихром — 0,9
- латунь — 0,5
- алюминий — 0,5
- медь — 0,48

Для надежного и однозначного переключения ВБИ его расстояние срабатывания и расстояние отпускания при обратном ходе объекта делаются разными. Параметр "дифференциальный ход" характеризует и нормирует эту разницу.

В эксплуатации приближение объекта к ВБИ, как правило, производится не вдоль относительной оси, а перпендикулярно ей. При этом точка срабатывания в пределах гарантированного интервала срабатывания зависит от удаления объекта от активной поверхности. При наличии люфтов в механизмах это нужно учитывать и располагать пластину на минимально возможных расстояниях от активной поверхности с учетом люфтов.

Индуктивные бесконтактные выключатели наиболее широко

используются в качестве конечных выключателей в станках с ЧПУ, автоматических линиях и т. п.

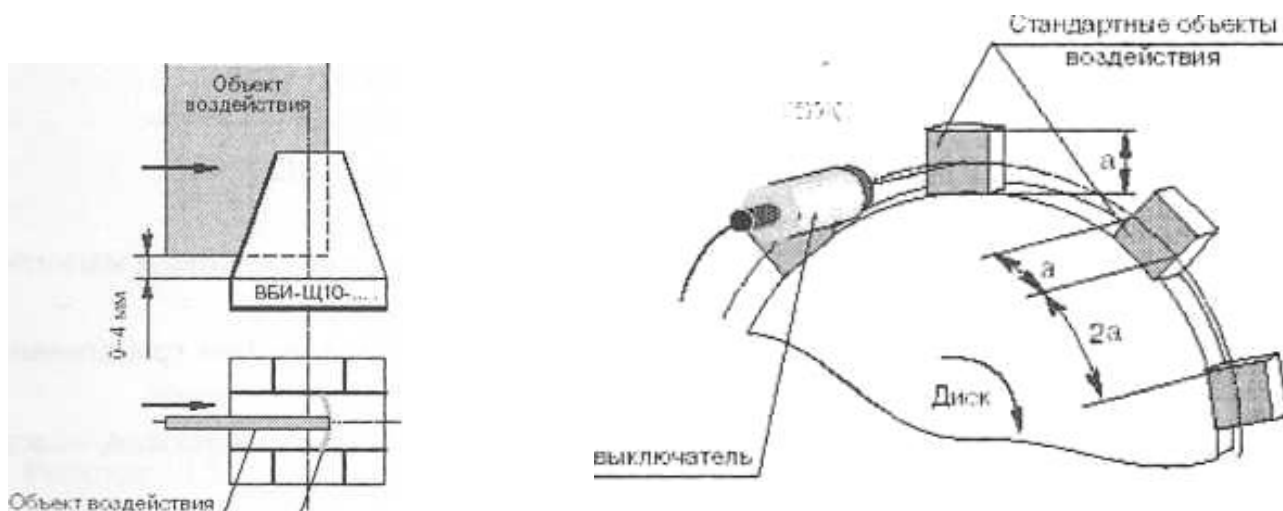


Рисунок 14.3 Применение ВБИ

Индуктивные бесконтактные выключатели в никелированном корпусе со степенью защиты IP67 могут работать при воздействии СОЖ и масла в станочном оборудовании. ВБИ с расстоянием срабатывания 150 мм применяются в трубопрокатном производстве, на скребковых конвейерах и т.п.

ВБИ с напряжением питания 20-250 В переменного тока не требуют блока питания и часто применяются в простых схемах управления

Выключатель бесконтактный герконовый (ВБГ) магниточувствительный выключатель с расширенным температурным диапазоном позволяет автоматизировать процессы в тяжелых температурных условиях:

- крайний север;
- холодильные установки, подвижные составы, автокраны, бульдозеры, снегоуборные машины;
- химическое и металлургическое производство.

С помощью герконовых датчиков можно контролировать угловое положение заслонок, положение шиберов, наличие и количество объектов на конвейере. Герконовые выключатели нашли применение в системах охраны, где требуется высоконадёжный датчик с большим диапазоном рабочих температур, выходом типа «сухой контакт» и не потребляющий электроэнергии.

Устройство и принцип работы

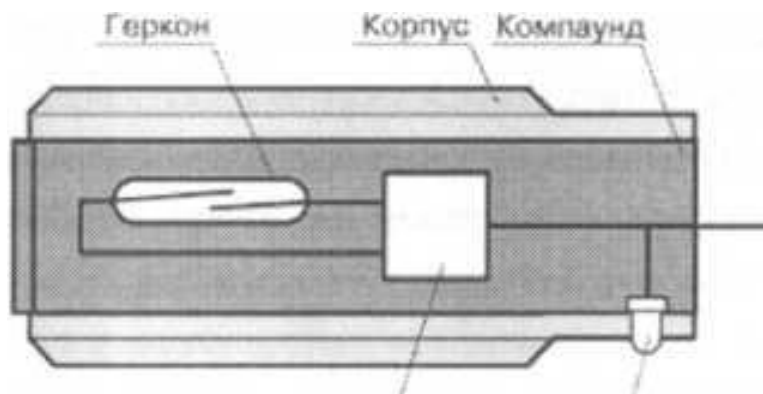


Рисунок 14.4 Функциональная схема ВБГ

1. Геркон реагирует на изменения напряженности постоянного магнитного поля и производит коммутацию электрического тока.

2. Схема индикации обеспечивает работу индикатора при срабатывании геркона.

3. Светодиодный индикатор показывает состояние выключателя, обеспечивает контроль работоспособности, оперативность настройки.

Компаунд обеспечивает необходимую степень защиты от проникновения твердых частиц и воды.

Корпус обеспечивает монтаж выключателя, защищает от механических воздействий. Выполняется из латуни, полиамида или пластмассы, комплектуется метизными изделиями.

Преимущества магниточувствительных бесконтактных выключателей с герконом:

- простота
- возможность работы при переменном и постоянном напряжении до 300В
- низкое (близкое к нулю) падение напряжения.

### **Порядок работы**

1. Соберите схему лабораторного стенда для исследования датчика конечного положения ДКП-3,5 (рисунок 14.5).

2. Монтаж схемы производите при отключенном питании.

3. При проведении лабораторной работы соедините электромагнитное реле типа РП21-003-УХЛ4-24 с выходом датчика, а контакты реле с индикатором HL1, с помощью которого наблюдается срабатывание датчика при внесении в него определенной пластины.

4. Результаты лабораторной работы занесите в таблицу 14.1.

5. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо разобрать схему, предоставить стенд в полной комплектности и исправности преподавателю или лаборанту.

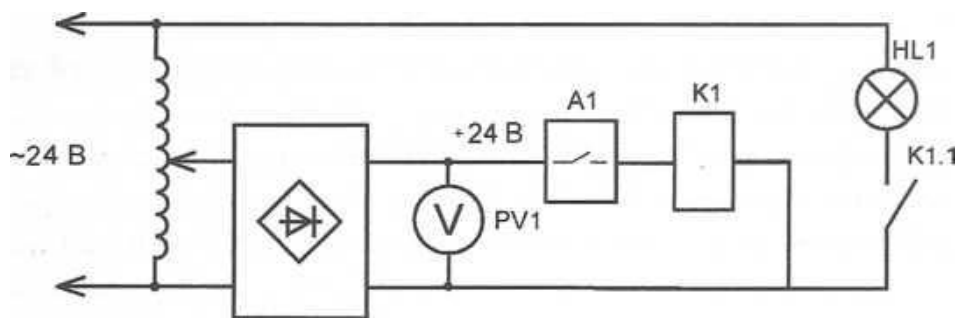


Рисунок 14.5 Схема электрическая принципиальная для исследования индуктивного датчика

Таблица 14.1

Срабатывание датчиков

Пластина	ДКП-3,5	
	Срабатывание	Расстояние, см
Алюминий		
Текстолит		

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение бесконтактных выключателей.
2. Из каких элементов состоит БВ.
3. Классификация БВ.
4. Опишите принцип действия БВИ.
5. Опишите принцип действия БВГ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. -384с.:ил.- (Профессиональное образование)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты [Текст] : учебник для вузов / [Е. Г. Акимов и др.] ; под ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанова. – Москва. - Академия, 2010. - 352 с.
2. Электрические и электронные аппараты [Текст] : сборник лабораторных работ / сост. В. Ф. Ваничкин. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – 52 с.
3. Буткевич, Г. В. Задачник по электрическим аппаратам [Текст] : учеб. пособие для вузов по специальности "Электрические аппараты" / Г. В. Буткевич, В. Г. Дегтярь, А. Г. Сливинская. – Москва : Высш. шк., 2012 - 457с.
4. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 2. Силовые электронные аппараты [Текст] : учебник для вузов / [А. П. Бурман и др.] ; под ред. Ю. К. Розанова. - Москва : Академия, 2010. – 320 с.
5. Электрические аппараты [Текст] : учеб. пособие для СПО / О. В. Девочкин и др. - Москва : Академия, 2012. - 240 с. – (Среднее профессиональное образование).
6. Электрические и электронные аппараты [Текст] : учебник для вузов / под ред. Ю. К. Розанова. –2-е изд., испр. и доп. – Москва : Информэлектро, 2012. – 420с. : ил.
7. Электрические и электронные аппараты [Текст] : учеб. пособие для вузов / сост. Ю. Н. Сипайлова ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд.-во Томского политехнического университета, 2014. – 236 с.
8. Тельманова, Е. Д. Электрические и электронные аппараты [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е. Д. Тельманова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург : Рос. гос. проф. – пед. ун-т, 2010. – 389 с.



## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

### **Меры безопасности при проведении лабораторных работ**

Перед эксплуатацией лабораторного стола проверить присоединение его к контуру заземления лаборатории, в соответствии с требованиями ПУЭ п. п 1.7.76, 1.7.93, 1.7.94.

Перед началом работы проверяется состояние лабораторного стенда и используемых измерительных приборов. Студент должен: осмотреть электрический провода, находящиеся в комплекте стенда, питающие кабели, пусковые кнопки и др. устройства, электроизмерительные приборы, защитные средства, убедиться в наличии заземления, в отсутствии оголенных проводов, соединений.

Во время работы студент обязан регулярно производить осмотр обслуживаемого им оборудования, рабочего места. При выявлении неполадок немедленно известить об этом преподавателя.

Выполнение работ на лабораторном стенде производить в соответствии с порядком выполнения лабораторной работы согласно методическим указаниям к выполнению лабораторных работ.

Выполнение необходимых изменений в лабораторном стенде (сборка электрической схемы эксперимента) производить на отключенном стенде.

По завершении эксперимента отключите автоматические выключатели однофазного источника питания, а также - выключатель «ПИТАНИЕ».

Занятия по лабораторным работам осуществляются в группе студентов, не превышающей 12 человек. Преподаватель, имеющий как минимум III квалификационную группу по технике безопасности (далее ТБ) проводит инструктаж по технике безопасности.

Перед началом лабораторных занятий все студенты проходят вводный инструктаж по ТБ, а перед проведением конкретной лабораторной работы - инструктаж по правилам безопасности проведения опытов на данной установке. После этого каждый студент расписывается в журнале, что он прошел инструктаж, а преподаватель расписывается в том, что он провел инструктаж.

### **Правила техники безопасности в лаборатории**

Настоящие правила распространяются на преподавателей, инженерно-технологических работников и студентов, проводящих и выполняющих лабораторные работы в лаборатории. Требования настоящих правил являются обязательными и отступление от них не допускаются.

Запрещается выполнение распоряжений противоречащих требованиям настоящих правил.

Каждый работающий в лаборатории, если он сам не может принять меры по устранению нарушения правил, обязан немедленно сообщить вышестоящему начальству о всех замеченных им нарушениях правил, представляющих опасность для жизни людей.

При несчастных случаях с людьми снятие напряжений для освобождения пострадавшего от воздействия электрического тока должно быть произведено без предварительного разрешения.

Выполнение лабораторных работ в лаборатории осуществляется группой студентов в количестве не более 12 человек под руководством преподавателя.

Группа студентов, разбивается на две-три подгруппы (бригады), для выполнения лабораторных работ. Каждую бригаду возглавляет преподаватель, который являются производителями работ.

Производитель работ отвечает:

- за соответствие рабочего места методическим указаниям;
- за четкость и полноту инструктажа членов бригады (студентов);
- за наличие, исправность и правильное приспособлений;
- за безопасное проведение лабораторной работы и соблюдение настоящих Правил ТБ;
- осуществляет постоянный надзор за членами бригады.

Каждый член бригады обязан соблюдать настоящие Правила ТБ и инструктивные указания, полученные при допуске к работе и во время работы, а также требования методических указаний по выполнению лабораторных работ и местных инструкций по охране труда.

Лица, нарушившие правила настоящие Правила ТБ, отстраняются от выполнения лабораторной работы и удаляются из аудитории.

### **Перед началом выполнения лабораторных работ:**

Преподавателем назначается старший в бригаде и производится распределение обязанностей, т.е. определяется, кто включает и выключает установку, кто следит за показаниями приборов и производит отсчет, кто делает записи результатов.

Перераспределение обязанностей во время проведения лабораторной работы не допускается.

Члены бригады:

а) изучают методические указания по выполнению лабораторной работы, знакомятся с установкой, ее схемой, приборами, расположением оборудования.

б) изучают особые правила техники безопасности при выполнении данной работы.

в) получают инструктаж от преподавателя по безопасному выполнению лабораторной работы и использованию оборудования, приборов и приспособлений.

г) сдают зачеты по знанию настоящих Правил ТБ, а также схем и методических указаний по выполнению лабораторной работы.

д) заготавливают черновик работы, куда зарисовывают схему установки, составляют таблицы для записей и результатов.

Во время выполнения лабораторной работы **категорически запрещается:**

- прикасаться руками к приборам;

- без разрешения преподавателя включать и отключать приборы;
- переключать тумблеры и переключатели на приборах;
- переходить на другое рабочее место;
- громко разговаривать, кричать, перераспределять обязанности.

Все переключения в схемах установок производятся только после проверки схемы преподавателем и после его разрешения. С момента включения испытываемое оборудование и соединительные провода, считаются находящимися под напряжением, проводить какие-либо изменения в схеме или на испытываемом оборудовании, прикасаться к корпусу установки категорически запрещается.

После выполнения испытаний или измерений необходимо:

1. отключить источник;
2. отключить питание блока мультиметров;
3. сообщить об этом бригаде и только после выполнения этих операций можно производить пере соединения, т.е. присоединить провода или отсоединить их от установки.

После окончания лабораторной работы:

- отключить установку от сети;
- при необходимости разобрать схему испытаний или измерений;
- навести порядок на рабочих местах.