

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра электроснабжения

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
*О.Г. Локтионова* 2017 г.



**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрические и электронные аппараты» для студентов электротехнических направлений подготовки всех форм обучения

Курск 2017

УДК 621.3.04

Составитель: Н.М. Гайдаш

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Ю.А. Артеменко

**Электрические и электронные аппараты:** методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрические и электронные аппараты» для студентов электротехнических направлений подготовки всех форм обучения / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Н.М. Гайдаш. - Курск, 2017. 31 с.: ил. 11, табл. 7. - Библиогр.: с. 31.

Излагаются методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по курсу «Электрические и электронные аппараты», а также порядок выполнения работ и составления отчета.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника».

Могут быть использованы при подготовке к зачету по дисциплине «Электрические и электронные аппараты».

Предназначены для студентов направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника» очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. . Уч.- изд. л. . Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.  
Курский государственный технический университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## 1. ПРАВИЛА ВНУТРЕННЕГО РАСПОРЯДКА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При работе в лаборатории «Электрические аппараты» во избежание несчастных случаев, а также преждевременного выхода из строя приборов и электрооборудования студент при выполнении лабораторных работ должен строго выполнять следующие правила внутреннего распорядка и техники безопасности:

1. Приступая в лаборатории к работе, студент должен ознакомиться с правилами внутреннего распорядка и техники безопасности.

2. Студенты обязаны не только строго выполнять эти правила, но и требовать неуклонного выполнения их от своих товарищей.

3. После ознакомления с правилами внутреннего распорядка и инструктажа по технике безопасности студент должен расписаться в соответствующем журнале.

4. При работе в лаборатории категорически запрещается приносить с собой вещи и предметы, загромождающие рабочие места, способствующие созданию условий, могущих привести к нарушению правил безопасности.

5. В лаборатории запрещается громко разговаривать, покидать рабочие места и переходить от одного стенда к другому.

6. Приступая к работе в лаборатории, студенческая группа делится на бригады, преподаватель назначает бригадиров, которые затем распределяются по лабораторным стендам.

7. Лабораторная работа, пропущенная студентом, выполняется в конце семестра и по особому расписанию после получения допуска.

8. Сборку электрической цепи производят соединительными проводами при выключенном напряжении питания в строгом соответствии со схемой, представленной в данных методических указаниях, обеспечивая при этом надёжность электрических контактов всех разъёмных соединений.

9. Приступая к сборке электрической цепи, необходимо убедиться в том, что к стенду не подано напряжение.

10. При сборке электрической цепи необходимо следить за тем, чтобы соединительные провода не перегибались и не скручивались петлями. Приборы и электрооборудование расставляются так, чтобы было удобно ими пользоваться.

11. Собранная электрическая цепь предъявляется для проверки преподавателю.

12. Включение электрической цепи под напряжением (после проверки) производится только с разрешения и в присутствии преподавателя.

13. При обнаружении неисправностей в электрической цепи необходимо немедленно отключить её от питающей сети и доложить об этом преподавателю.

14. Переключения и исправления в собранной электрической цепи разрешается производить только при отключённом напряжении питания.

15. Запрещается прикасаться пальцами, карандашами и другими предметами оголённых токоведущих частей электрической цепи, находящихся под напряжением.

16. При работе с конденсаторами следует помнить, что на их зажимах, отключённых от сети, некоторое время сохраняется электрический заряд, могущий быть причиной поражения электрическим током.

17. При обнаружении повреждений электрического оборудования и приборов стенда, а также при появлении дыма, специфического запаха или искрения необходимо немедленно выключить напряжение питания стенда и известить об этом преподавателя.

18. После выполнения лабораторной работы необходимо выключить напряжение питания стенда, разобрать исследуемую электрическую цепь после проверки преподавателем полученных данных и привести в порядок рабочее место.

19. В случае поражения человека электрическим током необходимо немедленно обесточить стенд, выключив напряжение питания. При потере сознания и дыхания необходимо быстро освободить пострадавшего от стесняющей его одежды и делать искусственное дыхание до прибытия врача.

## 2. ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Лабораторные работы в группах проводятся в соответствии с расписанием учебных занятий в университете. Поэтому для выполнения лабораторных работ студент должен руководствоваться следующими положениями:

1. Предварительно ознакомиться с графиком выполнения лабораторных работ (он доводится на первом, вводном занятии).

2. Внимательно ознакомиться с описанием соответствующей лабораторной работы и установить, в чём состоит основная цель и задача этой работы.

3. По лекционному курсу и соответствующим литературным источникам изучить теоретическую часть, относящуюся к данной лабораторной работе.

4. До проведения лабораторной работы подготовить вступительную часть (титульный лист, название и цель лабораторной работы, приборы и оборудование); соответствующие схемы, таблицы наблюдений (они должны быть вычерчены с помощью чертёжных инструментов или с помощью компьютера); расчётные формулы; желательно миллиметровку для построения графиков.

5. Неподготовленные к работе студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Успешное выполнение лабораторных работ может быть достигнуто в том случае, если экспериментатор отчётливо представляет себе цель эксперимента и ожидаемые результаты, поэтому важным условием обстоятельности проводимых исследований является тщательная подготовка к лабораторной работе.

### 3. СБОРКА И ВКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Перед началом лабораторной работы необходимо расставить приборы и аппараты по возможности так, чтобы они соответствовали электрической схеме. Сборку схемы должен вести один студент (бригадир), другие члены бригады (звена) контролируют его и выполняют мелкие поручения. Начинать сборку цепи нужно от одного из зажимов источника питания, соединяя последовательно один элемент за другим, и закончить цепь на другом зажиме источника. Причём положительный зажим источника постоянного тока следует соединять с положительным зажимом, который указан на приборах магнитоэлектрической и электронной систем. После сборки последовательной цепи нужно подключить и параллельные цепи, если они имеются в электрических схемах (вольтметры, контакты и др.). Целесообразно для последовательных и параллельных цепей использовать провода разного цвета. Это делает электрическую цепь наглядной и позволяет уменьшить число ошибок при её сборке.

После того как схема собрана, необходимо все рукояти регуляторов напряжения установить на нулевую отметку, а переключача-

тели многопредельных приборов поставить на наибольший предел измерения.

Наличие ошибок в электрической цепи может привести к порче оборудования, приборов или к несчастному случаю. Поэтому каждый раз необходимо показывать собранную схему преподавателю.

После этого к схеме подключают напряжение. Регулятором медленно увеличивают напряжение на входе до нужного значения, наблюдая при этом за показателями приборов. Если стрелка индикатора в цепи источника питания не отклоняется, то это означает, что в цепи обрыв. Если стрелка амперметра даже при малом напряжении отклоняется до конца шкалы, то это указывает на короткое замыкание в цепи. Если стрелки приборов магнитоэлектрической системы отклоняются влево от нулевой отметки, то нужно поменять полярность подключения приборов.

Во всех этих случаях нужно выключить источники питания и ещё раз проверить схему или обратиться за помощью к преподавателю.

#### 4. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При выполнении лабораторных работ по курсу «Электрические и электронные аппараты» применяется фронтальный метод. Он предусматривает выполнение всеми студентами одной и той же лабораторной работы. Этот метод считается наиболее перспективным, так как обеспечивает наибольший эффект от лабораторных работ.

Выполнять лабораторную работу нужно, соблюдая последовательность, которая указана в описании каждой работы. Перед выполнением каждого пункта работы рекомендуется выполнить все указанные действия, но без записи результатов. Это необходимо для того, чтобы убедиться, что приборы подобраны верно, реле или аппарат срабатывает и замыкает или размыкает свои контакты, сигнальная лампочка загорается и т.п.

Обязанности в подгруппе (звене) лучше разделить. Один студент может изменять напряжение или ток, а также наблюдать за одним-двумя приборами; другой – за остальными приборами и записывать результаты в таблицу наблюдений. В последующих работах обязанности могут быть перераспределены. Показания всех приборов следует снимать внимательно и записывать измеряемую

величину в соответствующих единицах измерения. Если трудно сразу определить значение измеряемой величины в соответствующих единицах измерения, то сначала можно записать количество делений, а потом пересчитать, учитывая цену деления.

После окончания экспериментов нужно проанализировать полученные результаты, сопоставив их с теорией или техническими параметрами исследуемого аппарата. При слишком большом расхождении результатов эксперимент следует повторить. Полезно построить черновой график. Если разброс точек на графике окажется слишком великим, то нужно повторить замер.

После выполнения лабораторной работы нужно показать результаты преподавателю, а затем разобрать электрическую цепь и привести в порядок рабочее место.

## 5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Каждый студент должен самостоятельно обработать результаты выполненных им опытов и составить отчёт по проделанной текущей лабораторной работе. Он должен быть составлен настолько ясно, чтобы каждый знакомящийся с ним чётко представлял себе цель поставленной работы, тип экспериментальной установки, методику измерения и расчёт отдельных величин, порядок проведения работы, окончательные результаты испытаний в виде таблиц и графиков, а также познакомился с заключением на основе экспериментальных данных.

Отчёт составляют на одной стороне листа формата А4 или в тетради.

В начале отчёта приводится титульный лист, на котором указываются название учебного заведения, кафедры, номер и наименование проделанной лабораторной работы, название дисциплины, номер учебной группы, фамилия и инициалы выполнившего работу студента, фамилия и инициалы преподавателя.

Далее в отчёте по каждой лабораторной работе должно приведено следующее: наименование работы; цель работы; перечень электроизмерительных приборов и другого оборудования и их технические данные; электрические схемы; результаты измерений, сведённые в таблице с краткими пояснениями; диаграммы и графики; анализ полученных результатов и выводы по выполненной работе.

Электрические схемы необходимо выполнять с соблюдением

условных графических обозначений.

Каждый элемент электрической схемы должен иметь позиционное обозначение, характеризующее вид этого элемента, выполняемую им функцию, порядковый номер, а при необходимости и другие сведения.

Все схемы, таблицы и графики, приводимые в отчёте, должны иметь наименования. Схемы соединений и таблицы следует выполнять карандашом с помощью чертёжных принадлежностей либо на компьютере.

Особое внимание необходимо уделять выполнению графиков исследуемых зависимостей. Они должны быть выполнены на миллиметровой или другой бумаге, имеющей масштабную сетку. При выборе масштаба необходимо исходить из того, чтобы графики получились нормальных размеров (не менее  $100 \times 100$  мм и не более  $200 \times 200$  мм).

В большинстве случаев масштабы для осей  $x$  и  $y$  необходимо брать различными, однако следует предпочитать такие, чтобы в масштабной линейной единице (в 1 см, 1 мм или одной клеточке сетки) находилось целое число откладываемых на осях единиц измеряемой величины.

У каждой координатной оси должны быть указаны условное обозначение откладываемой величины и единица её измерения.

После того как масштаб для координатных осей выбран, необходимо внимательно нанести имеющиеся в таблице экспериментальные или вычисленные точки. Построение необходимо начинать с нулевого или некоторого исходного значения для оси  $x$  и продолжать в порядке его возрастания.

Если в одних координатных осях строится несколько графиков, представляющих собой функциональную зависимость ряда величин от одной независимой переменной, то параллельно основной оси ординат, пересечение которой с осью абсцисс принято за начало координатных осей, проводят дополнительные оси ординат, каждую со своим масштабом и своими единицами измерения. За начало координат всех величин в этом случае принимают точку пересечения основных осей.

При построении точек по результатам опытов на таком совмещённом графике эти точки, во избежание ошибок, следует отмечать различными условными значками – крестиками, кружочками и т.п. После нанесения точек какого-либо графика их соединя-



ют плавной кривой с помощью лекала. При этом возможен «разброс» точек, т.е. некоторые из этих точек не будут лежать на кривой. Это объясняется возможными погрешностями экспериментов: неточным снятием показания измерительного прибора, случайным колебанием напряжения в сети, приближённой вычислений и т.п. Если «разброс» точек оказался значительным, то опыт следует повторить. Для построения криволинейного графика необходимо иметь не менее пяти точек.

Следует обратить внимание на то, что когда экспериментальная зависимость не выражает определённого закона изменения исследуемых величин, экспериментально найденные точки соединяют между собой отрезками прямой. Кроме того, на осях графика должны быть нанесены только основные единицы выбранного масштаба.

В отчёте следует приводить только окончательные результаты вычислений с указанием расчётных формул.

В выводах по выполненной работе надо указывать характер изменения исследуемых параметров или сравнивать полученные результаты с техническими данными аппарата, которые приведены в описании лабораторной работы.

По каждой лабораторной работе студент должен получить зачёт. Для этого он должен знать теоретический материал по данной теме, принцип действия и особенности конструкции исследуемого аппарата, уметь собрать электрическую схему и объяснить принцип её работы, пояснить, как определяется тот или иной параметр, уметь делать анализ полученных результатов.

Зачёт может проходить в форме личной беседы преподавателя со студентом и может содержать программированный (тестовый) опрос. Оценка (баллы по БРС) за каждую работу может быть учтена при промежуточной аттестации (контрольные точки БРС). Такая система не только стимулирует работу студента, но и даёт преподавателю более полное представление о знаниях студента, его работоспособности, аккуратности и помогает вывести объективную оценку по дисциплине за семестр.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ  
КОНТАКТОВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Исследовать влияние силы контактного нажатия и материала контакта на переходное сопротивление.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электрическим контактом называется соединение двух или нескольких проводников, предназначенное для проведения электрического тока. Соприкасающиеся между собой детали при образовании электрического контакта называются контакт-деталью или контактами.

В зоне перехода тока из одной токоведущей детали в другую появляется добавочное сопротивление, называемое переходным сопротивлением контакта.

Контактные поверхности, как бы тщательно они не были зачищены, представляют собой неровную поверхность с выступами и впадинами. Соприкосновение контактных поверхностей происходит не по всей поверхности, а лишь в отдельных точках. При этом используется не все поперечное сечение контакта, а лишь его малая часть и в результате сопротивление прохождению тока возрастает; повышается плотность тока вблизи точек соприкосновения из-за стягивания линий тока к этим точкам. Причинами возникновения переходного контактного сопротивления являются стягивание линий тока и наличие на контактных поверхностях различных окисных пленок. Пленки образуются в результате воздействия кислорода воздуха, озона и т.п. и имеют высокое удельное электрическое сопротивление.

При замыкании контактов с увеличением силы нажатия пленки в местах соприкосновения разрушаются и образуются места чистого металлического касания. При этом наблюдается деформация смятия материала выступов, в результате которой увеличивается количество точек соприкосновения и их суммарная площадь.

Значение переходного сопротивления определяется по формуле:

$$R = \frac{\varepsilon}{\rho n} \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – величина, зависящая от свойств материала и от состояния поверхности контактов, Ом·Н<sup>n</sup>;

$P$  – сила, сжимающая контакты, Н;

$n$  – коэффициент, зависящий от числа точек соприкосновения

Таблица 1

Материал контактов	$\varepsilon$ , Ом·Н <sup>n</sup>	Состояние контактных поверхностей
Медь	$1,0 \cdot 10^{-3}$	Очищенные от окисных пленок
Серебро	$0,5 \cdot 10^{-3}$	Очищенные от окисных пленок
Латунь	$6,7 \cdot 10^{-3}$	Очищенные от окисных пленок
Сталь	$7,6 \cdot 10^{-3}$	Очищенные от окисных пленок

Таблица 2

Вид контакта	Коэффициент $n$
Шар-плоскость (точечный контакт)	0,5
Линия-плоскость (линейный контакт)	0,7
Плоскость-плоскость (поверхностный контакт)	1,0

При увеличении силы контактного нажатия переходное сопротивление уменьшается. При одном и том же усилии нажатия переходное сопротивление контакта при каждом замыкании отличается в больших пределах. Это объясняется тем, что число и размер площадок контактирования при каждом замыкании могут быть разными. Зависимости переходного сопротивления от силы контактного нажатия при ее увеличении и при ее уменьшении как правило не совпадают. Это обусловлено наличием остаточных деформаций материала выступов, по которым происходит соприкосновение.

В данной работе переходное сопротивление контактов определяется методом вольтметра и амперметра.

Лабораторное оборудование, приборы и материалы

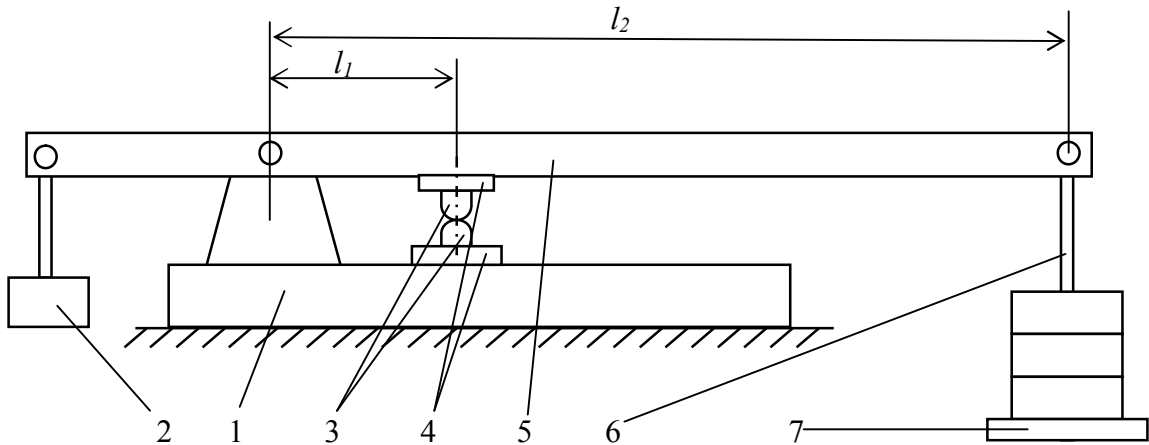


Рисунок 1. Схема лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из основания 1, к которому шарнирно крепится рычаг 5. Изучаемые контакты 3 закреплены в специальных зажимах 4, один из которых расположен на рычаге 5, а другой на основании 1. С помощью тяги 6 и грузов 7 контакты прижимаются друг к другу.

Отношение плеч рычага:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{1}{10}$$

следовательно сила нажатия на контакт в 10 раз больше силы тяжести груза. Противовес 2 служит для уравнивания собственной массы рычага.

Электрическая схема установки представлена на рисунке 2.

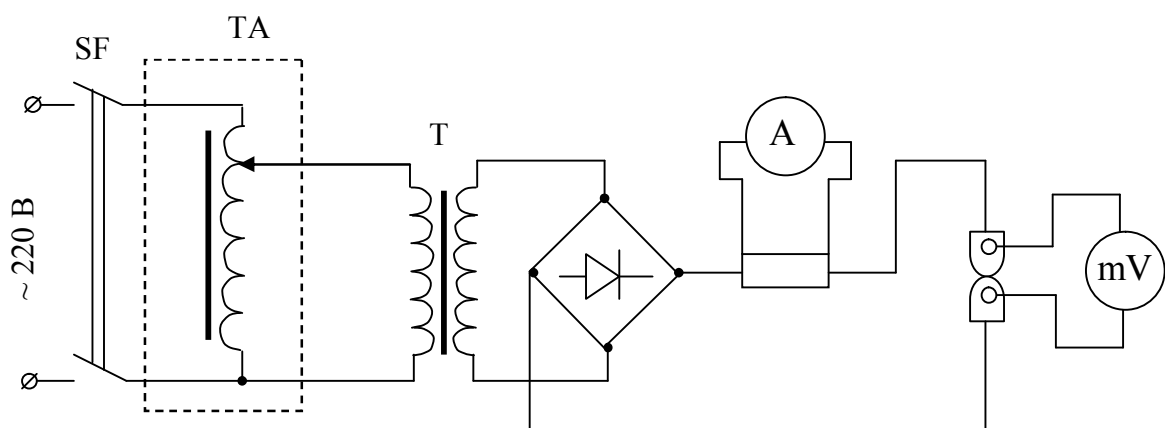


Рисунок 2. Электрическая схема установки

Переменный ток напряжением менее 5 В с автотрансформатора ТА и понижающего трансформатора Т подается на диодный мост, выпрямляется диодным мостом и подается на контакты. Ве-

личина тока в цепи изучаемых контактов определяется по показаниям амперметра, подключенного к шунту.

Падение напряжения на контактах измеряется милливольтметром.

Внимание! Во избежание выхода из строя милливольтметра, нельзя прилагаемое усилие к контактам устанавливать менее 1 кгс. При измерении падения напряжения нельзя размыкать контакты.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с лабораторной установкой.
2. Закрепить в специальных зажимах медные контакты шар-плоскость.
3. Зачистить контакты шлифовальной бумагой.
4. Подключить контакты к главной и измерительной цепям.
5. С помощью нагрузочного устройства создать начальную силу нажатия на контакт равную 98 Н.
6. Включить автоматический выключатель SF , подать напряжение на схему, установить ток в цепи контактов 150 А.
7. Измерить падение напряжения на контактах с помощью милливольтметра.

Необходимо последовательно изменять силу нажатия на контакт, установкой грузов от 1 до 5 кг. Измерения надо проводить вначале при возрастающей, а затем при убывающей силе контактного нажатия. Определив падение напряжения на контактах и величину протекающего по ним тока, вычислить контактное сопротивление по формуле:

$$R_k = \frac{U_k}{I} \quad (2)$$

Аналогично измерить и вычислить величины  $R_k$  для всех видов контактов, приведенных в таблице 3.

8. Рассчитать зависимость контактного сопротивления от силы нажатия по формуле (1) для всех исследованных контактов. При расчетах использовать значения сил, использованных в опытах. Опытные и расчетные зависимости необходимо построить на одном графике и сравнить их между собой.

Таблица 3

Материал контактов	Ток, А	Падение напряжения, В	Сила контактного нажатия, Н	Контактное сопротивление $R_k$ , Ом (опыт)	Контактное сопротивление $R_k$ , Ом (расчет)

Медь			98		
			196		
			294		
			392		
			490		
Латунь					
Сталь					

### Содержание отчета

1. Краткое описание лабораторной установки.
2. Технические данные применяемых приборов и оборудования.
3. Результаты расчетов и измерений (таблицы, графики и т.п.).
4. Выводы.

### Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Дайте определение электрическому контакту.
2. От чего зависит размер площадки касания контактов?
3. Дайте определение переходному сопротивлению стягивания контакта.
4. Опишите зависимость переходного сопротивления стягивания контакта от способа его обработки.
5. Опишите механизм воздействия окисных пленок на переходное сопротивление стягивания контакта.
6. Что такое геркон?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### ИЗУЧЕНИЕ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучить устройство и принцип действия плавких предохранителей типов ПР-2, ПН-2, НППН-2.
2. Исследовать времятоковые характеристики плавких вставок и определить их номинальные токи.

#### ПОЯСНЕНИЕ К РАБОТЕ

Электрический плавкий предохранитель состоит из корпуса-патрона, плавкой вставки и наполнителя-среды, способствующей гашению дуги.

Патрон предохранителя рассчитан на предельный длительный ток короткого замыкания.

Номинальным током предохранителя (патрона) называется наибольший длительный ток.

Плавкая вставка предохранителя также характеризуется номинальным током.

В патрон предохранителя могут устанавливаться плавкие вставки с разными номинальными токами.

При выполнении работы следует схематически изобразить предохранители и дать краткое описание их устройств.

Времятоковой характеристики плавкой вставки называется зависимость времени расплавления ее от величины тока. Нагрев плавкой вставки подчиняется закону Джоуля-Ленца:

$$W = I^2 R t_{пл}, \quad (3)$$

где  $W$  - количество энергии, затрачиваемой на расплавление плавкой вставки, Вт, Дж;

$I$  - ток плавкой вставки, А;

$R$  - сопротивление плавкой вставки, Ом;

$t_{пл}$  - время плавления плавкая вставки, с.

Время плавления плавной вставки при условии отсутствия отдачи тепла в окружающую среду:

$$t_{пл} = \frac{W}{I^2 R} \quad (4)$$

при  $W = const, R = const$ ;

$$t_{пл} = \frac{K}{T^2} \quad (5)$$

Формуле (5) соответствует параболическая кривая, представленная на рисунке 3.

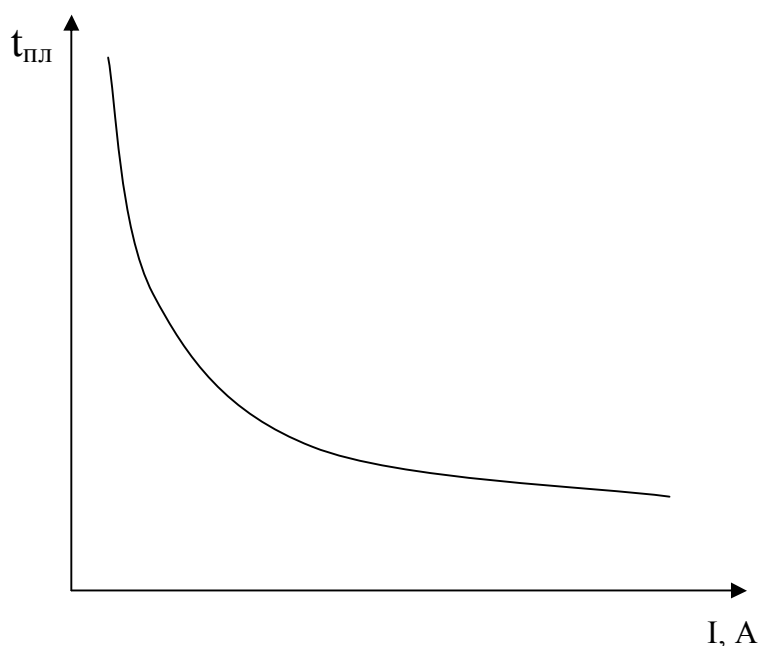


Рисунок 3. Зависимость времени плавления плавкой вставки от тока – времятоковая характеристика

В процессе выполнения работы следует установить вначале ток, при котором плавкая вставка расплавится за 1-2 секунды, а затем, уменьшая ток с интервалом в 20%, добиться времени расплавления 20 секунд.

Далее построить времятоковую характеристику плавкой вставки и по ней определить длительно допустимый номинальный ток.

Результаты эксперимента занести в таблицу 4.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Лабораторный стенд состоит из регулируемого источника тока, электрического секундомера ЭС, переключателя режима П, герконового реле ГК, индуктивной катушки L, трансформатора тока ТТ, регулировочного автотрансформатора Тр и клемм 3-4 для крепления плавкой вставки см. рисунок 4.

Перед началом работы переключатель П устанавливается в положение I «установка тока», к клеммам 3-4 крепится проволоочная плавкая вставка, автотрансформатор выводится в начальное положение. После включения автоматического выключателя авто-



трансформатором устанавливается ток, величина которого задается по рекомендации преподавателя.

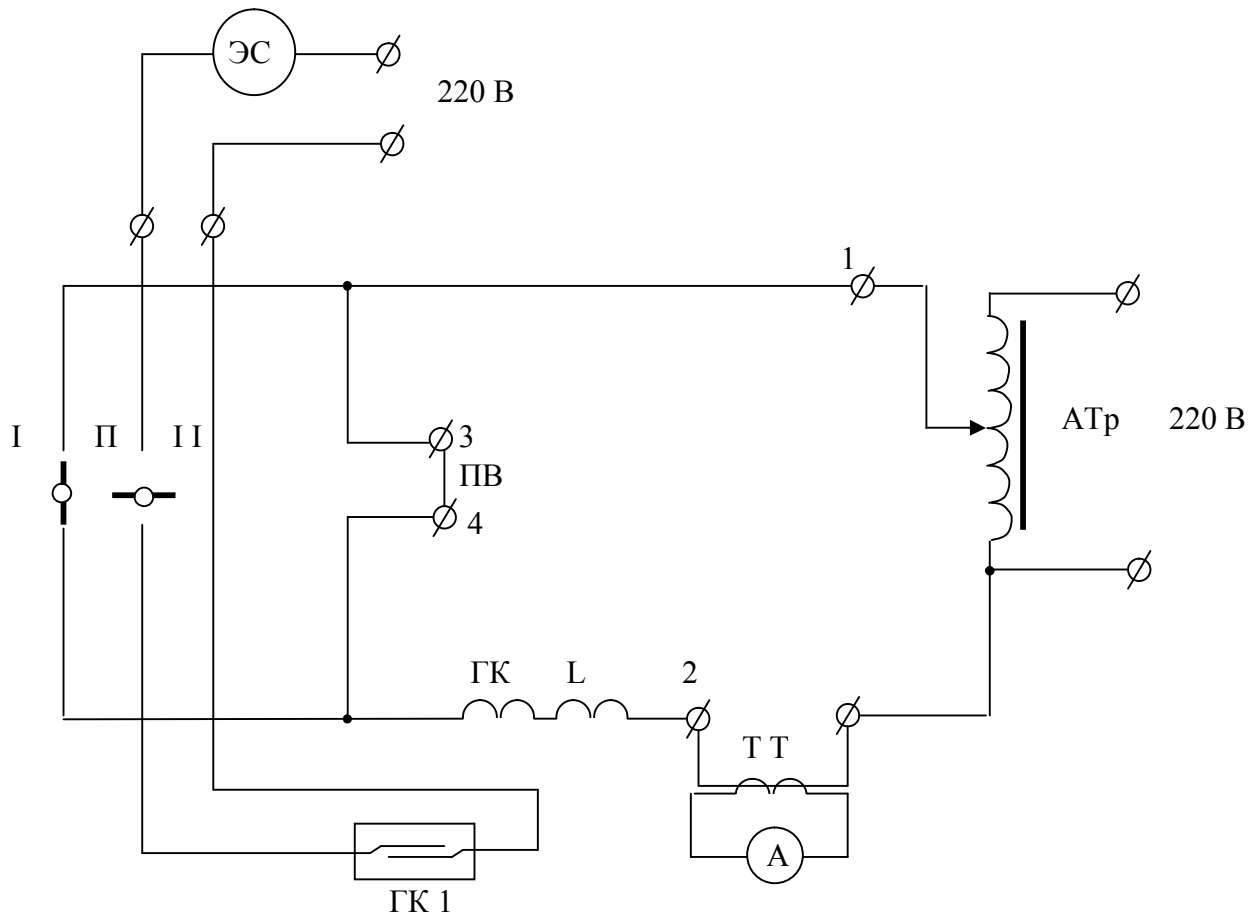


Рисунок 4. Схема лабораторного стенда

Для проведения измерений переключатель  $\Pi$  переводится в положение  $\Pi$  – «измерение». Время перегорания плавкой вставки и величину тока плавкой вставки записать в таблицу 4.

После этого секундомер вернуть в начальное положение, переключатель  $\Pi$  – в положение «установка тока»; плавкую вставку заменить и повторить опыт на другом токе.

Таблица 4

$I, A$							
$t_{пл}, c$							
$I/I_H$							

По данным таблицы 4 построить времятоковую характеристику плавкой вставки в координатах  $I/I_H$  и  $t_{пл}$ .

При определении номинального тока плавкой вставки следует учесть, что при токе  $1,4 I_n$  плавкая вставка не должна перегорать за 1-2 часа, а при токе  $1,6 I_n$  должна расплавиться за время менее 2 часов.

В заключении работы установить ток, равный  $2,5 I_n$  и определить время плавления плавкой вставки.

#### Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Что является основным элементом предохранителя?
2. Сформулируйте требования, предъявляемые к предохранителю.
3. Опишите условие защиты объекта предохранителем.
4. Что такое отключающая способность предохранителя?
5. Как конструктивно обеспечивается токоограничение у предохранителей?
6. Как устроены предохранители серии ПР-2, ПН-2, НПН-2?
7. Что в конструкции предохранителя способствует быстрому гашению дуги?
8. Что такое номинальный ток предохранителя (патрона) и номинальный ток плавкой вставки?
9. Какова роль предохранителя в системе электроснабжения?
10. Что такое времятоковая характеристика плавкой вставки?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНОГО ПУСКАТЕЛЯ

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучить принцип действия и конструкцию магнитных пускателей серии ПМЕ, ПМИ и ПА.
2. Определить параметры срабатывания контактора магнитного пускателя.
3. Собрать схему включения асинхронного двигателя с магнитным нереверсивным и реверсным пускателями.

#### ПОЯСНЕНИЕ К РАБОТЕ

Ознакомьтесь со схемой соединения и техническими данными, указанными на табличке магнитных пускателей.

Собрать схему для определения параметров контактора магнитного пускателя, представленную на рисунке 5.

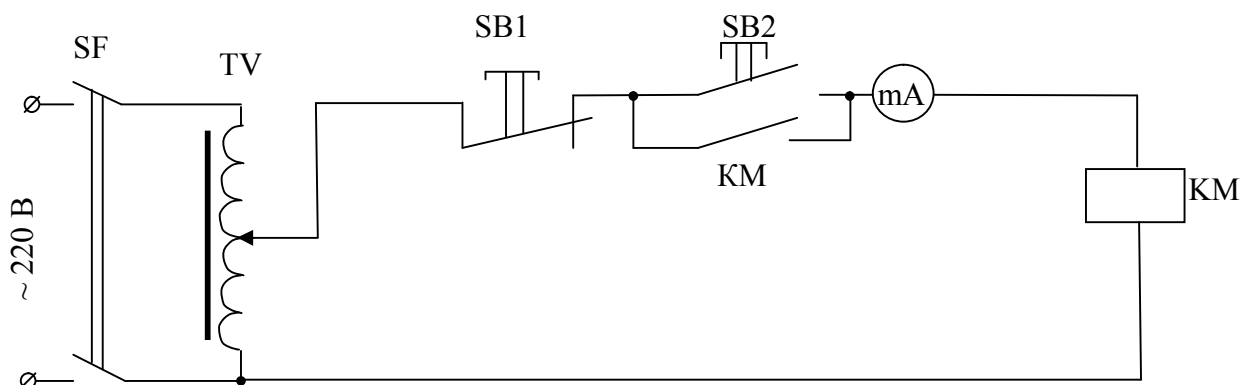


Рисунок 5. Схема для определения параметров срабатывания контактора магнитного пускателя

Проверить работу контактора при номинальном напряжении катушки КМ путем нажатия пусковой кнопки SB2, а затем – отключением «стоповой» кнопки SB1.

Установить на катушке контактора напряжение 85% от номинального и нажать кнопку SB2. Контактор должен сработать. Затем автотрансформатором постепенно снижать напряжение до отпадания якоря контактора. После этого приступить к постепенному увеличению напряжения до номинального значения. В процессе

измерения напряжения измерять величину тока катушки, а результаты измерений занести в таблицу 5.

Таблица 5 - Параметры срабатывания контактора

Напряжение на катушке $U_K$ , В		Якорь замкнут		Якорь разомкнут	
% от $U_H$	$U_K$ , В	Ток $I_K$ , А	Полное сопр. $Z_K$ , Ом	$I_K$ , А	$Z_K$ , Ом
50					
60					
70					
85					
100					
125					

По данным таблицы 5 построить зависимость  $I_K=f(U_K)$  и дать объяснения характера изменения тока катушки и работы контактора от величины напряжения катушки.

Собрать схему включения нереверсивного магнитного пускателя для пуска асинхронного двигателя, представленную на рис.6.

Работа магнитного пускателя состоит в следующем.

Включением автоматического выключателя SF подается напряжение на магнитный пускатель.

При нажатии пусковой кнопки SB2 ток от фазы С проходит через размыкающиеся контакты кнопки отключения (стоповой кнопки) SB1, через замкнутый контакт теплового реле КК1 и возвратится в фазу В.

При этом катушка КМ создает магнитный поток и якорь контактора притягивается, а вместе с ним замыкаются силовые контакты КМ2-КМ4 и блокировочный контакт КМ1. Напряжение из сети подается на зажимы асинхронного двигателя, который начинает работать.

После отпускания кнопки SB2 катушка КМ контактора питается через блок-контакт КМ1.

Для отключения магнитного пускателя достаточно нажатием кнопки SB1 разорвать цепь катушки контактора КМ.

В случае перегрузки электродвигателя нагревательные элементы теплового реле КК воздействуя на свой контакт КК1 разрывают цепь питания катушки КМ, а магнитный пускатель отключается.

Контакт КК1 теплового реле имеет ручной возврат для замыкания. Ознакомьтесь с устройством и схемой включения реверсивного магнитного пускателя, а также проверить его работу (рисунок 7).

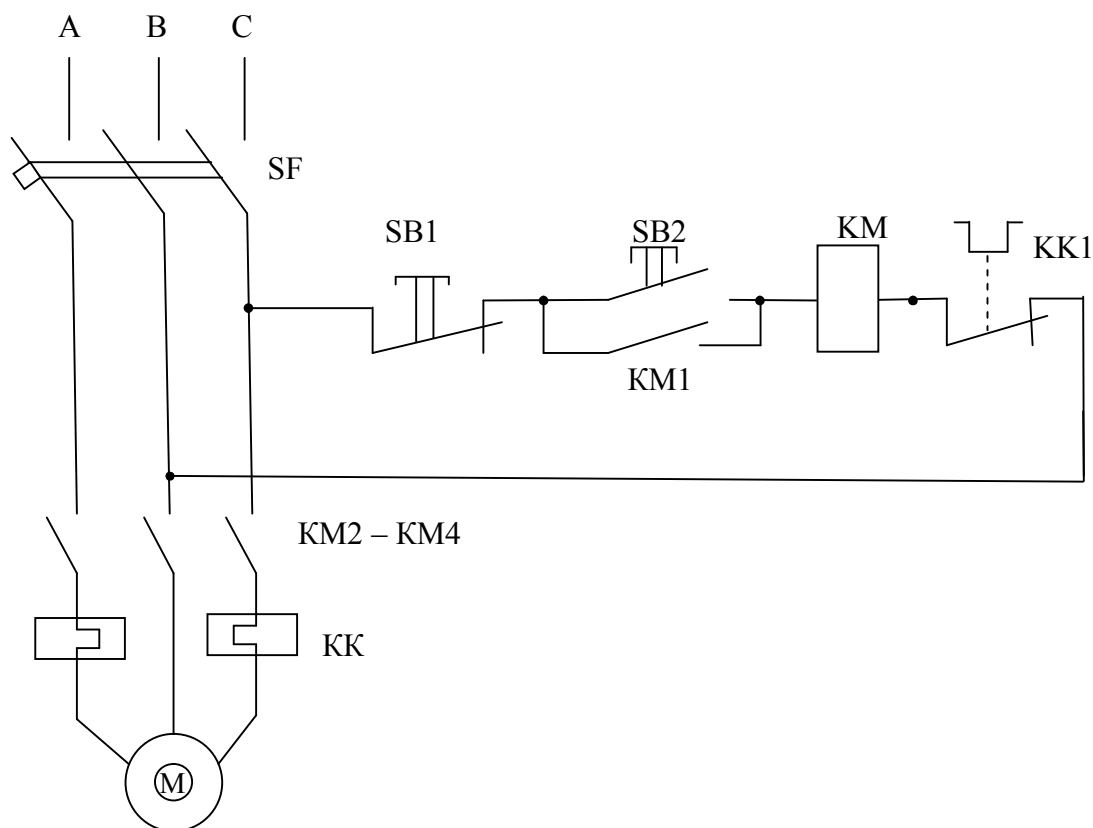


Рисунок 6. Схема включения нереверсивного магнитного пускателя

Реверсивный магнитный пускатель состоит из двух контакторов, теплового реле и кнопочной станции с двумя пусковыми и одной стоповой кнопками. Он предназначен для реверсирования, т.е. изменения направления вращения асинхронных двигателей.

Работа магнитного пускателя состоит в следующем.

Включением автоматического выключателя SF подается напряжение на магнитный пускатель.

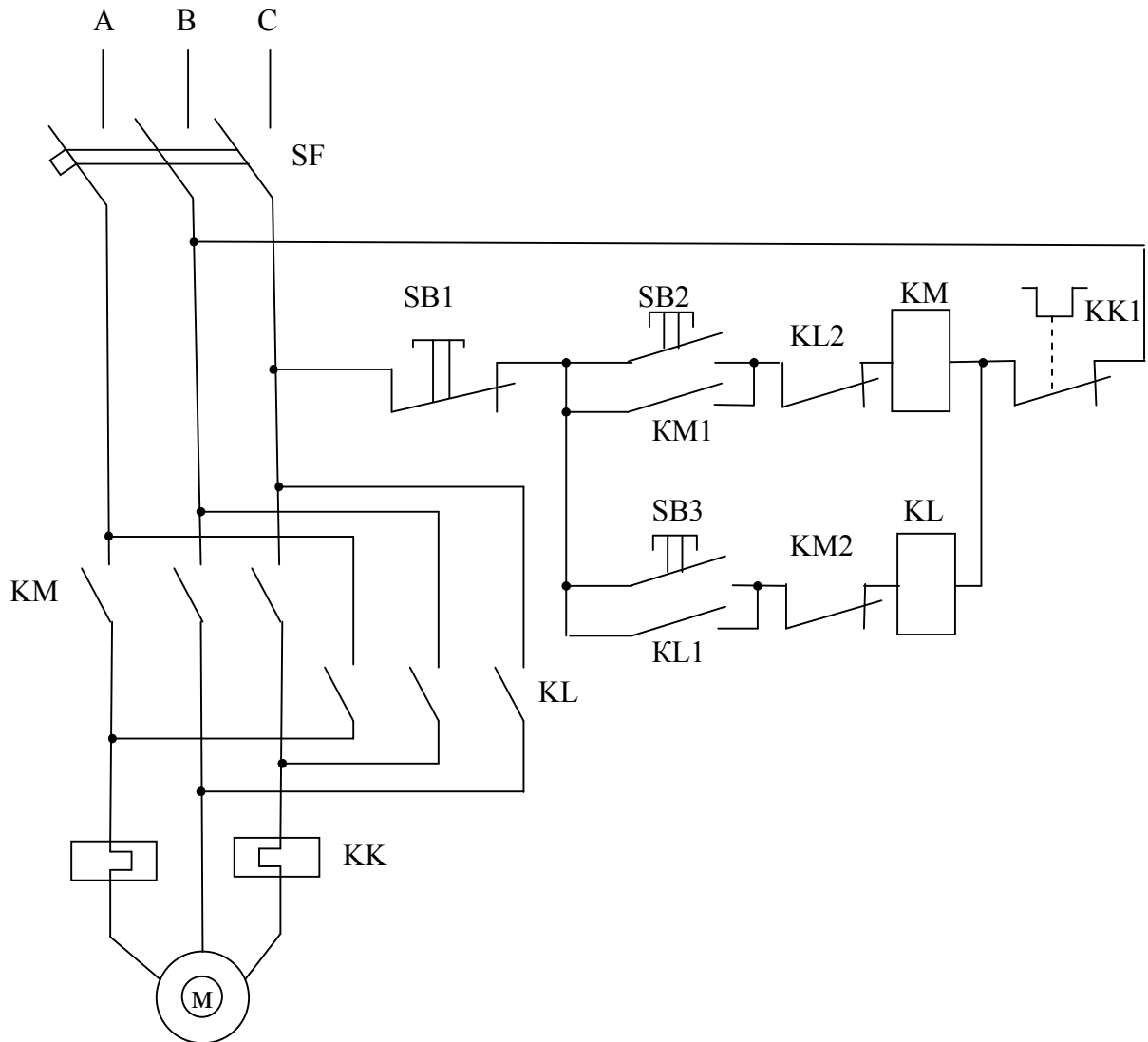


Рисунок 7. Схема реверсивного магнитного пускателя

При нажатии пусковой кнопки SB2 ток от фазы C проходит через размыкающиеся контакты кнопки отключения (стоповой кнопки) SB1, через замкнутые контакты кнопки SB2, KL2, через катушку контактора KM, замкнутый контакт теплового реле KK1 и возвращается в фазу B.

При этом катушка KM создает магнитный поток и якорь контактора притягивается, а вместе с ним замыкаются силовые контакты KM2-KM4 и блокировочный контакт KM1. Напряжение из сети подается на зажимы асинхронного двигателя, который начинает работать.

После отпускания кнопки SB2 катушка КМ контактора питается через блок-контакт КМ1.

Для отключения магнитного пускателя достаточно нажатием кнопки SB1 разорвать цепь питания катушки контактора КМ.

В случае перегрузки электродвигателя нагревательные элементы теплового реле КК, воздействуя на свой контакт КК1, разрывают цепь питания катушки КМ, и магнитный пускатель отключается.

Контакт КК1 теплового реле имеет ручной возврат для замыкания. Изменение направления вращения электродвигателя достигается путем изменения порядка следования фаз на зажимах обмотки статора с помощью контакторов правого КМ и левого КЛ вращения. Оба контактора включаются аналогично нереверсивному пускателю, но с общей стоповой кнопкой SB1.

Для предотвращения одновременного включения двух контакторов КМ и КЛ, что приведет к короткому замыканию в цепях двух контакторов, включены размыкающие блок-контакты КМ2 и КЛ2.

Если включен контактор КМ, то его блок-контакт КМ2 в цепи катушки контактора КЛ разомкнут до тех пор, пока контактор КМ не будет отключен, после этого можно включить нажатием кнопки SB3 контактор КЛ и наоборот. В магнитных пускателях применяется и механическая блокировка якорей контакторов, не позволяющая их одновременное включение.

#### Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Какой ток контактора называют номинальным?
2. В каком случае на рабочую поверхность контактов контактора напаивают серебряные пластины?
3. Как определить коэффициент возврата контактора?
4. Что определяют по коэффициенту возврата контактора?
5. Дайте определение магнитному пускателю.
6. Как осуществляется выбор контактора?
7. Как осуществляется выбор магнитного пускателя?
8. Что такое нереверсивный и реверсивный магнитные пускатели и каково их назначение?
9. Каково назначение теплового реле магнитного пускателя?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

## ИЗУЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: 1. Изучить устройство и принцип действия автоматических выключателей серий АП-50, АК и др.

2. Снять времятоковую характеристику теплового расцепителя автоматического выключателя АП-50 и электромагнитного расцепителя АК.

3. Определить ток срабатывания электромагнитного расцепителя мгновенного действия.

## ПОЯСНЕНИЕ К РАБОТЕ

Автоматический воздушный выключатель – это электрический аппарат, предназначенный для нечастых включений и отключений электрической цепи при нормальной нагрузке, а также для автоматического отключения напряжения.

На рис. 8 приведена упрощенная схема автоматического выключателя. В указанном положении выключатель отключен и электрическая цепь, подсоединенная к выводам А и Б, разомкнута.

Для включения выключателя надо повернуть по часовой стрелке рукоятку 2. При этом создается усилие, которое перемещая рычаги 3 и 4 вправо, поворачивает основную несущую деталь 6 выключателя вокруг неподвижной оси 0 по часовой стрелке. При этом замыкаются главные контакты 7 и 9 и сжимается отключающая пружина 5.

После включения вся система остается в крайнем правом положении, зафиксированном специальной защелкой.

Когда по катушке 1 электромагнитного расцепителя проходит ток короткого замыкания, на его якоре создается электромагнитная сила, переводящая рычаги 3 и 4 за мертвую точку, в результате чего выключатель отключается автоматически пружиной 5. При этом контакты 7 и 9 размыкаются и возникающая на них дуга выдувается в дугогасительную камеру 8 и гасится в ней.

В процессе выполнения работы при изучении конструкции автоматических выключателей необходимо обратить внимание на устройство тепловых и электромагнитных расцепителей.



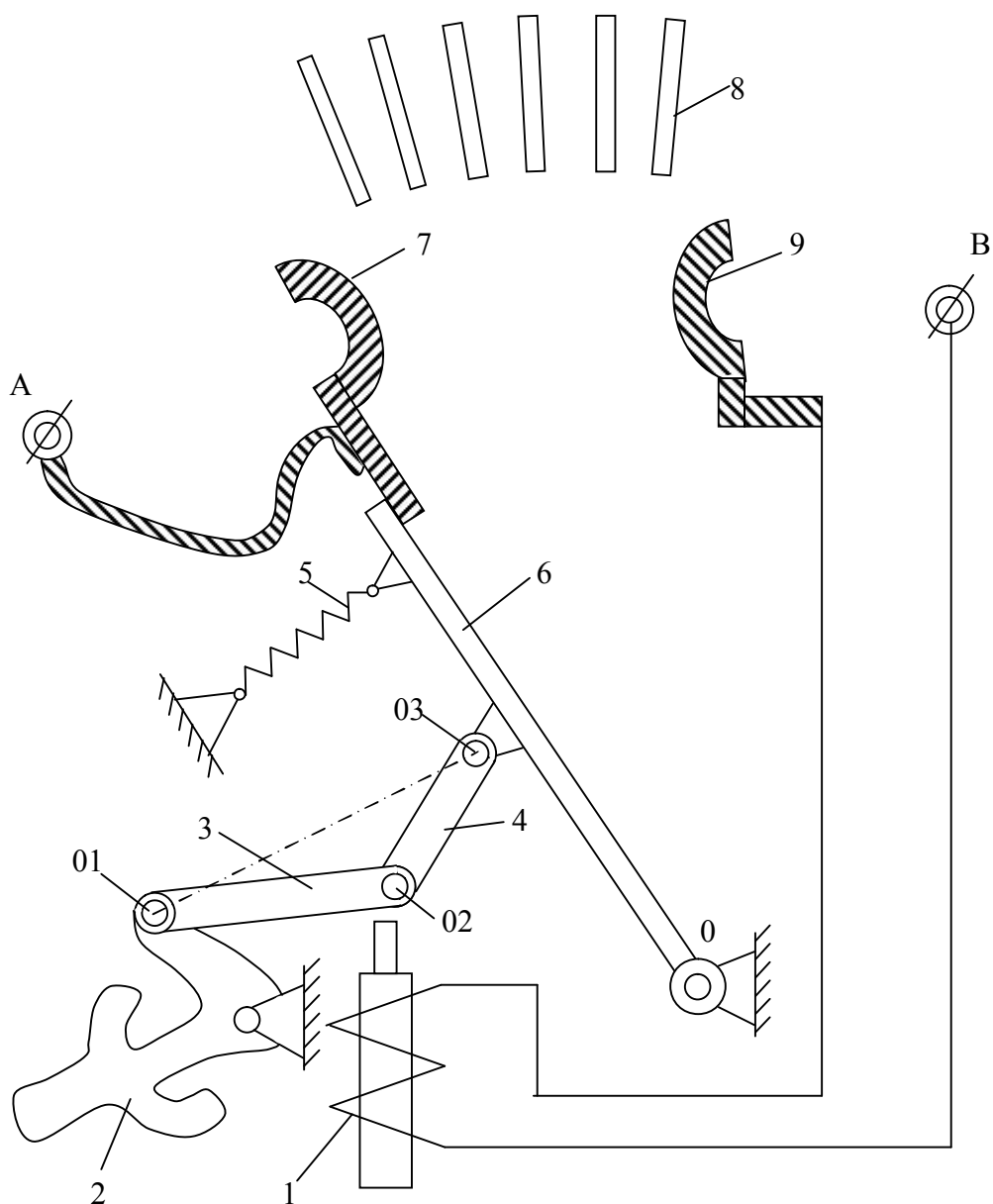


Рисунок 8. Кинематическая схема автоматического выключателя

Для снятия времятоковой характеристики автоматического выключателя, представляющей собой зависимость времени отключения тепловых или электромагнитных расцепителей от кратности тока нагрузки  $I / I_n$  необходимо собрать схему, представленную на рисунке 9.

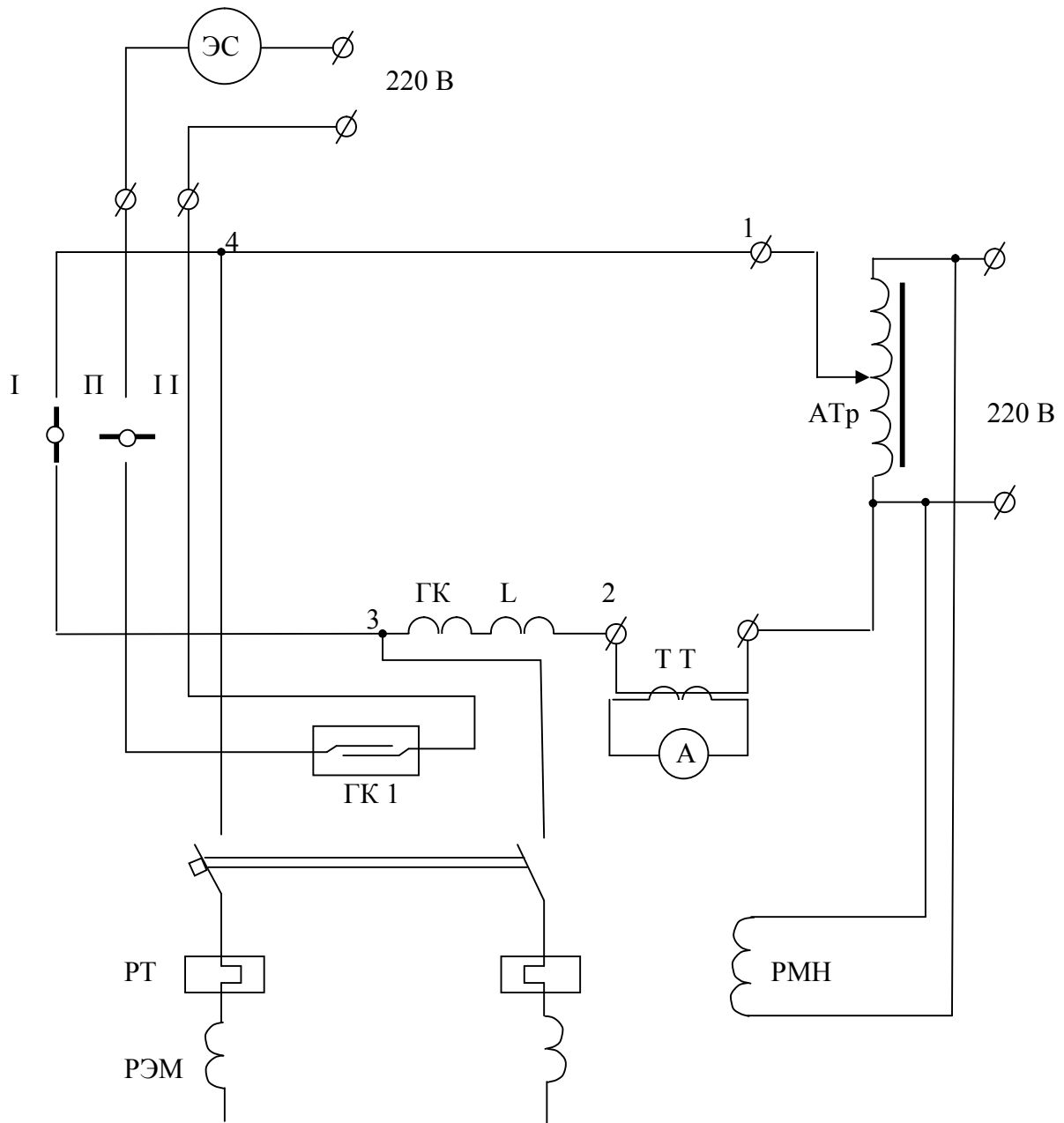


Рисунок 9. Схема для снятия времятоковой характеристики автоматического выключателя

Номинальный ток  $I_H$  автоматического выключателя можно определить по табличке на корпусе выключателя.

В процессе проведения опыта задаваться кратностями токов равными 1,3; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6 и при этих токах измерять время отключения  $t_{откл}$ , а результаты измерения занести в таблицу 6.

По данным таблицы 6 построить времятоковую характеристику в координатах  $t_{откл}$ ,  $I / I_H$ .

Таблица 6

$I/I_H$									
$t_{\text{откл}}, \text{с}$									

По результатам эксперимента определить ток срабатывания мгновенного электромагнитного расцепителя и сравнить его с током, указанным в табличке выключателя.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Какое назначение имеет автоматический выключатель?
2. Каково устройство автоматического выключателя?
3. Что такое номинальный ток выключателя?
4. Каково назначение теплового расцепителя и электромагнитного расцепителя с зависимой выдержкой времени?
5. Опишите принцип работы электромагнитного расцепителя автоматического выключателя.
6. Опишите принцип работы теплового расцепителя автоматического выключателя.
7. Как называют элементы защиты автоматического выключателя?
8. Какие автоматические выключатели называют универсальными?
9. Какой автоматический выключатель называют обыкновенным (небыстродействующим)?
10. В каком случае применяют в качестве дугогасительной системы лабиринто-щелевую камеру?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЛЕ ТИПА ТРН-25

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** 1. Изучить принцип действия и конструкцию теплового реле. 2. Снять времятоковую характеристику теплового реле типа ТРН-25

#### ПОЯСНЕНИЯ К РАБОТЕ

Биметаллические тепловые реле предназначены для защиты электродвигателей от перегрузки. Надежность и эффективность этой защиты достигается при совпадении временных характеристик по нагреву у реле и у двигателя.

Основным элементом теплового реле является биметаллическая пластина, которая состоит из двух, прочно сваренных между собой по всей поверхности металлов, имеющих различные температурные коэффициенты линейного расширения.

Слой металла, имеющий большой коэффициент линейного расширения называется активным, а слой с меньшим коэффициентом линейного расширения – пассивным слоем. Активный слой изготавливают из хромоникелевой стали, пассивный – из сплава инвар (никель -36%, остальное-железо).

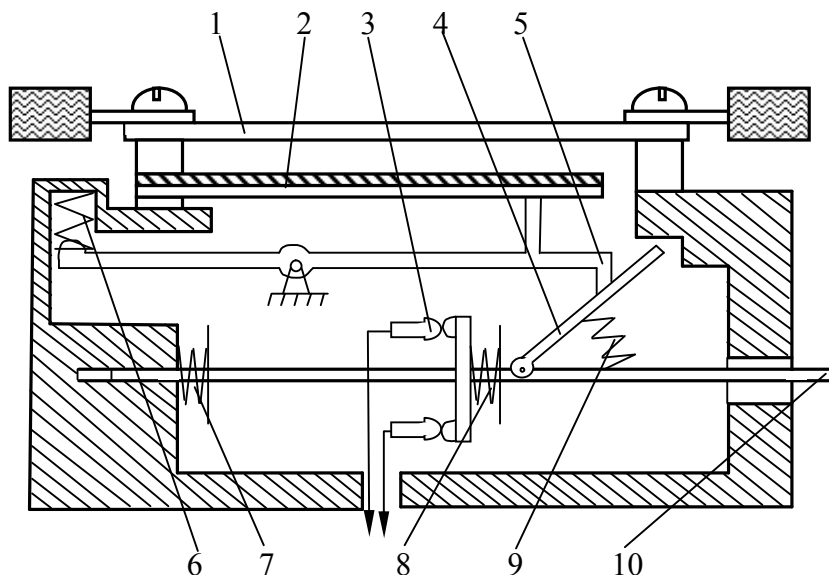


Рисунок 10. Устройство теплового реле

При нагревании биметалла пластина изгибается, воздействуя на механизм отключения реле. Устройство и принцип работы теплового реле показано на рисунке 10.

Тепловое реле состоит из нагревательного элемента 1, биметаллической пластины 2, контактов 3, рычага сброса 5, защелки 4 и пружин 6,7,8, 9.

При протекании по нагревательному элементу тока  $I$ , превышающего допустимое (номинальное) значение он нагревает биметаллическую пластину 2, которая, изгибаясь вниз, нажимает на рычаг 5, сбрасывает защелку 4. В результате этого контакты 3 отключаются. Для возврата реле в рабочее состояние достаточно нажать кнопку возврата 10.

### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством и схемой включения теплового реле на испытательном стенде, см. рисунок 11.

2. Подключить тепловое реле к испытательному стенду.

3. Снять времятоковую характеристику теплового реле.

Перед началом работы переключатель П устанавливается в положение I – уставка, к клеммам 3-4 включаются нагревательные элементы теплового реле, автотрансформатор выводится в начальное положение.

После подачи напряжения на стенд автотрансформатором устанавливается ток срабатывания реле, равный 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5 номинального.

Для проведения измерений переключатель П переводится в положение II – измерение. Электрический секундомер фиксирует время срабатывания теплового реле при заданном токе.

Результаты измерений занести в таблицу 7 и построить времятоковую характеристику.

Таблица 7

$I/I_n$	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5
t, с						

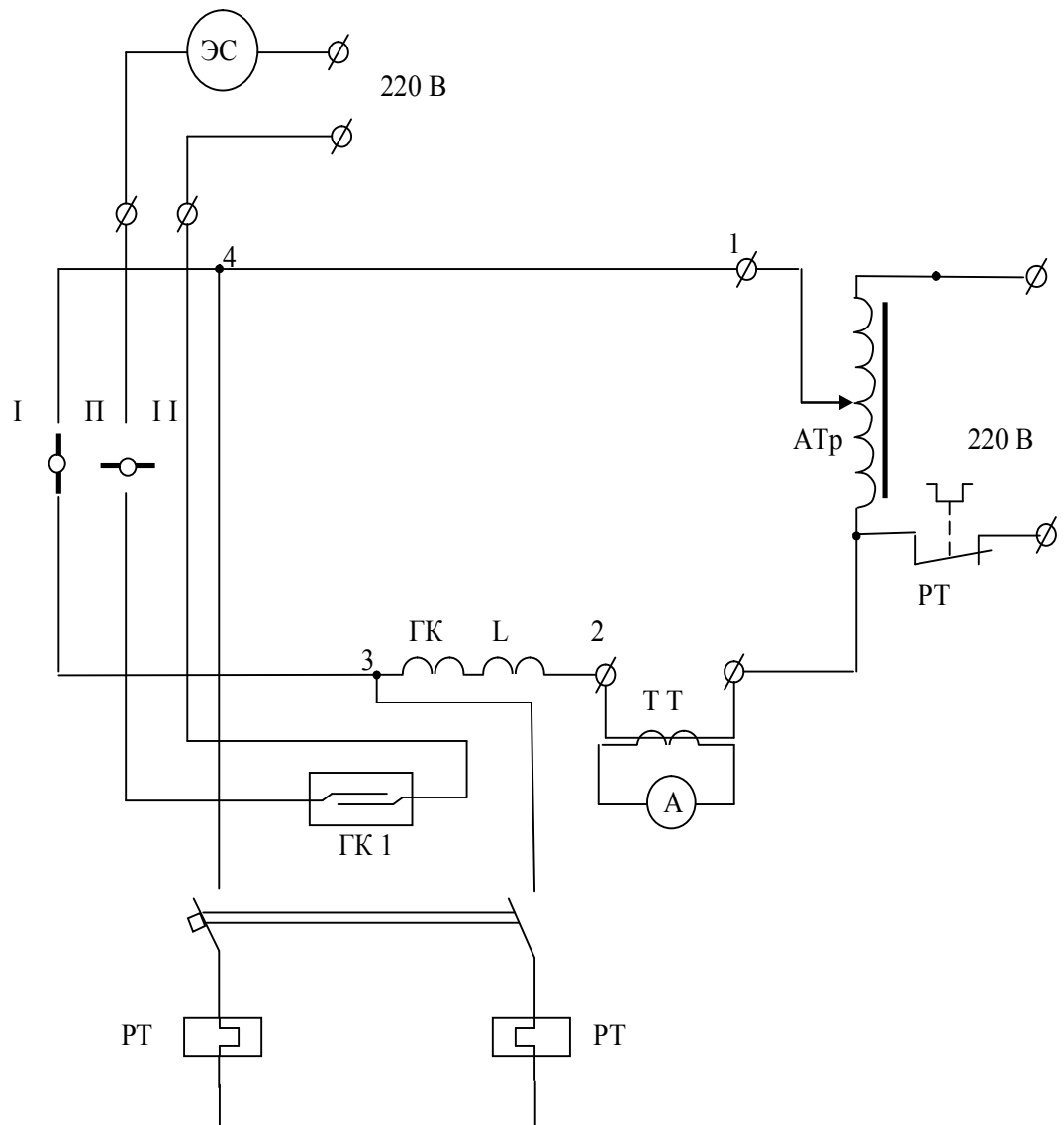


Рисунок 11. Схема стенда для исследования теплового реле

#### Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Какое назначение имеет тепловое реле?
2. Как устроено тепловое реле и на каком принципе оно работает?
3. Что предусматривает комбинированный нагрев биметаллического элемента?
4. От какого фактора более всего зависит максимальный прогиб биметаллического элемента?
5. Что является основной характеристикой теплового реле?
6. Как осуществляют выбор теплового реле?
7. Что представляет собой биметаллическая пластина?
8. Что показывает времятоковая характеристика теплового реле?
9. Как выбирается тепловое реле для защиты асинхронного двигателя?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. И.И. Алиев, М.Б. Абрамов. Электрические аппараты. Справочник. М.: РадиоСофт, 2004. – 256 с.
2. К.А. Набатов, В.В. Афонин. Электрические аппараты распределительных устройств низкого напряжения. Учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. тех. унив-та, 2007. – 96 с.