

ФГБОУ ВО

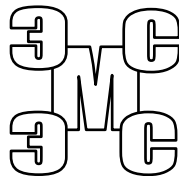
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра электромеханических систем и электроснабжения

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплинам  
**“Электрические и электронные аппараты”, “Коммутационные  
устройства в электроснабжении”, “Коммутационные аппараты  
систем электроснабжения”** для студентов направлений  
13.03.02, 35.03.06, 35.04.06 очной формы обучения

Часть 1



Воронеж 2016

Составители: канд. техн. наук А. А. Гуляев,  
канд. техн. наук С. А. Горемыкин,  
канд. техн. наук В.П.Шелякин,  
ст. преп. П. П. Видулин

УДК 621. 3. (075.32)

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам “Электрические и электронные аппараты”, “Коммутационные устройства в электроснабжении”, “Коммутационные аппараты систем электроснабжения” для студентов направлений 13.03.02,35.03.06,35.04.06 очной формы обучения ФГБОУ ВО “Воронежский государственный технический университет”;

сост.А.А.Гуляев, С.А.Горемыкин,В.П.Шелякин,П.П.Видулин,  
Воронеж, 2016. 16 с.

Методические указания включают в себя четыре лабораторные работы по важнейшим темам курса “Электрические и электронные аппараты”, “Общая теория аппаратов”, “Электромагнитные механизмы”, “Контактные и бесконтактные аппараты управления”. К некоторым работам даются теоретические пояснения, определены задачи и порядок выполнения.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MSWord 2007 и содержатся в файле МетУкЧ1.docx

Табл. 7. Библиогр.: 9 назв.

Рецензент канд. тех. наук, доц. Н.В.Ситников

Ответственный за выпуск зав. кафедрой  
канд. техн. наук, доц. В.П. Шелякин

Издаётся по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета.

©ФГБОУ ВО “Воронежский государственный технический университет”, 2016

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Работа электромагнитов переменного тока имеет ряд особенностей.

Во-первых: хотя тяговая характеристика электромагнитов переменного тока и подчиняется закону Максвелла, т.е. имеет гиперболический характер(рис.1), но вследствие уменьшения индуктивности катушки электромагнита на больших зазорах наблюдается процесс роста тока (роста МДС), что увеличивает тяговое усилие  $P$ . Таким образом, тяговая характеристика имеет меньшую крутизну (более пологая) и может быть лучше согласована с механической характеристикой, т.е. создается предпосылка для увеличения коэффициента возврата электромагнитного механизма.

Во-вторых: работа магнитов переменного тока без специальных устройств сопровождается вибрацией якоря с удвоенной частотой сети питания.

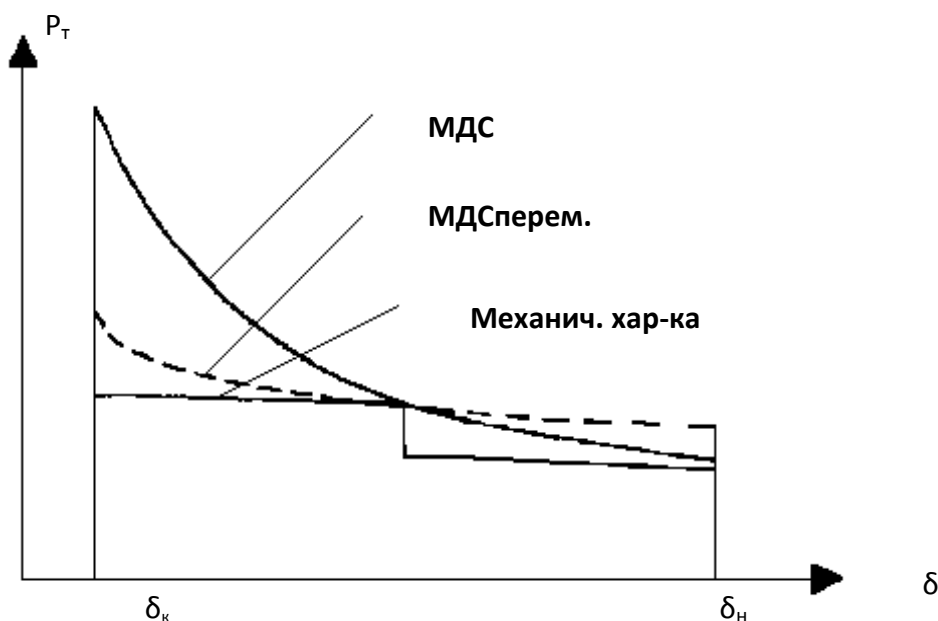


Рис. 1. Тяговая и механическая характеристики электромагнитов

**Цель работы:** изучить принцип действия электромагнитов переменного тока; изучить конструкцию электромагнитов переменного тока на основе контактора; экспериментально определить основные характеристики электромагнитного механизма переменного тока; изучить возможности изменения коэффициента

возврата электромагнита переменного тока и возможности его использования для целей коммутации и защиты [1,с. 183-245, 318-331; 2; 5; 8].

**Методика измерения, аппаратура и порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с конструкцией исследуемого электромагнита (по образцу) и сделать его технический рисунок.

2. Внимательно ознакомиться со схемой (рис.2) испытательного стенда и изобразить в отчете, изучить органы управления и измерительные приборы.

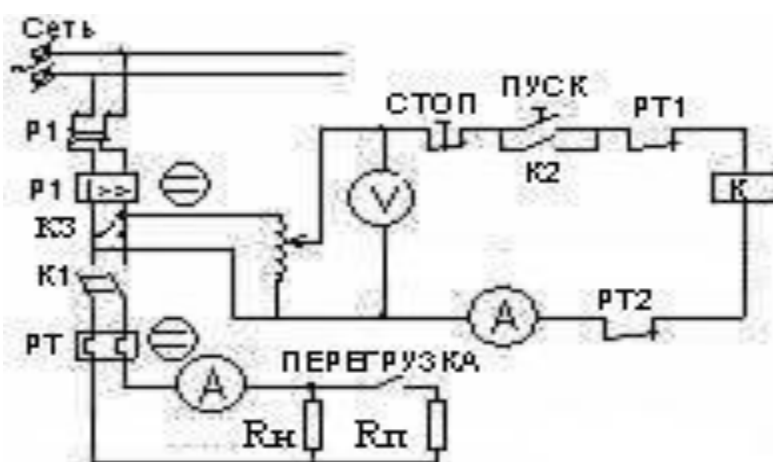


Рис. 2. Электрическая схема лабораторного стенда

3. Снять тяговую характеристику  $P_T=f(\delta)$  ( $\delta=0; 0.3; 0.6; 0.9; 1.2$  мм;  $U_k=220В$  и  $150 В$ ). Величину воздушного зазора устанавливать с помощью прокладок из немагнитного материала, которые помещаются между якорем и сердечником. Силу тяги определять динамометром.

Для тех же зазоров произвести измерение тока катушки электромагнита. Результаты свести в табл. 1.

Таблица 1

Номер п.п.	U,В	$\delta$ , мм	I, А	$P_T$ , кг	Примечание
...					

В примечании указывать особенности работы электромагнита при различных зазорах (усиление вибрации якоря и т.д.).

По результатам измерений построить тяговую характеристику электромагнитного механизма и зависимость  $I_k=f(\delta)$ . Если экспериментальные характеристики отличаются от теоретических, объяснить причину этого расхождения.

4. Произвести измерения значений напряжений отпускания при различных величинах механической нагрузки на якорь (создаётся динамометром при воздушного ном зазоре, равном 0 мм). Нагрузка устанавливается равной  $P_H=0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0$  кг во включенном состоянии контактора. При измерении напряжение менять от 220 В до  $U_{отп}$ .

В момент отпускания фиксировать напряжение на катушке. Для каждого  $P_H$  повторять опыт не менее 3 раз, усредненный результат занести в табл. 2.

Таблица 2

Номер п.п.	$P_H, \text{кг}$	$U_{отп}, \text{В}$	Примечание
...			

По результатам построить график зависимости  $U_{отп}=f(P_H)$ . Сделать выводы о возможности использования электромагнитов переменного тока (контакторов) с различным коэффициентом возврата для целей «нулевой» защиты (от пониженного напряжения).

5. Рассмотреть возможность использования контактора переменного тока для включения различных энергообъектов (например, асинхронных двигателей).

6. Определить электрический аппарат, который служит в данной схеме для защиты от короткого замыкания. Объяснить, где и почему он устанавливается в схеме.

7. Произвести имитацию перегрузки (увеличение выше нормы тока питания потребителя электроэнергии) и определить электрический аппарат в схеме магнитного пускателя, служащий для защиты от перегрузки. Объяснить, где и почему он устанавливается. Ток перегрузки и время срабатывания защиты (по наручным часам) записать. Сравнить ток перегрузки с паспортными данными. Построить зависимость  $t_{ср}=f(I_n)$  для трёх положений регулятора теплового реле (среднего и влево-вправо на одно деление).

8. В заключение отчета сделать выводы в целом по лабораторной работе в виде ответов на следующие вопросы:

8.1. Объясните физические основы возникновения тяговых усилий в электромагните переменного тока.

8.2. Можно ли применять к.з. виток из нихрома?

8.3. Сделайте проверочный расчет тяговой характеристики электромагнита переменного тока, используемого в лабораторной работе. Сравните результаты с экспериментальными.

8.4. Как влияет к.з. виток на постоянную составляющую тягового усилия электромагнитов переменного тока?

8.5. Как различаются тяговые характеристики электромагнитов постоянного и переменного токов идентичных электромагнитных параметров?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ**

Точно так же как и в электрических машинах, в электрических аппаратах на проводник с током, находящийся в магнитном поле, действует сила. Поскольку в электрических аппаратах зачастую проводники расположены свободно, то возникающие силы могут перемещать эти проводники, что может привести к разрушению электрического аппарата.

Электрические аппараты при коротких замыканиях в сети подвергаются воздействию сквозных токов короткого замыкания, величина которых в несколько раз может превосходить номинальное значение тока.

Токи короткого замыкания, взаимодействуя с магнитным полем, вызывают значительные электродинамические силы в электрических аппаратах, которые стремятся деформировать как сами проводники, так и их изоляцию. Поэтому для электрических аппаратов важной характеристикой является электродинамическая устойчивость — способность электрического аппарата противостоять силам, возникающим при прохождении тока короткого замыкания без деформации и разрушения [1.с.31-58; 5; 8].

Эта величина может выражаться либо непосредственно амплитудным значением тока  $I_{дин}$ , при котором механические напряжения в деталях не выходят за пределы допустимых значений, либо кратностью этого тока относительно амплитуды номинального тока.

$$K_{дин} = \frac{I_{дин}}{\sqrt{2} \cdot I_{ном}}, \quad (1)$$

В общем случае электродинамическая сила между двумя параллельными проводниками определится выражением:

$$F = 10^{-7} I_1 I_2 K_r, \quad (2)$$

где  $I_1, I_2$  — значения тока, протекающего в каждом проводнике;

$K_r$  — геометрический фактор, характеризующий длину проводников и их расстояние друг относительно друга,

$$K_r = \frac{2l}{d} \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{d}{l}\right)^2} - \frac{d}{l} \right], \quad (3)$$

где  $d$  — расстояние между проводниками по их центрам;  $l$  — длина проводников.

Для бесконечно длинных проводников, у которых  $\frac{d}{l} < 0,1$ , выражение для  $K_r$  имеет вид:

$$K_r = \frac{2l}{d}, \quad (4)$$

Для проводников прямоугольной формы поперечного сечения форма сечения оказывает влияние на электродинамическую силу. С учетом формы сечения:

$$F = 10^{-7} I_1 I_2 K_r K_\phi, \quad (5)$$

где  $K_\phi$  — коэффициент формы.

Коэффициент формы определяется по кривым [2.1, рис.1.5].

**Цель работы:** изучить условия возникновения и методы расчета электродинамических усилий (ЭДУ) в электрических аппаратах; экспериментально определить ЭДУ между прямоугольными шинами конечной длины, для тех же шин определить расчетным путем ЭДУ, сравнить полученный результат с экспериментальным.

### **Методика измерения, аппаратура и порядок выполнения работы**

1. Изучить схему и конструктивное выполнение стенда для определения ЭДУ. Зарисовать в отчете.

Исследование электродинамических сил, возникающих между двумя параллельными шинами прямоугольного сечения, проводится на специальной установке.

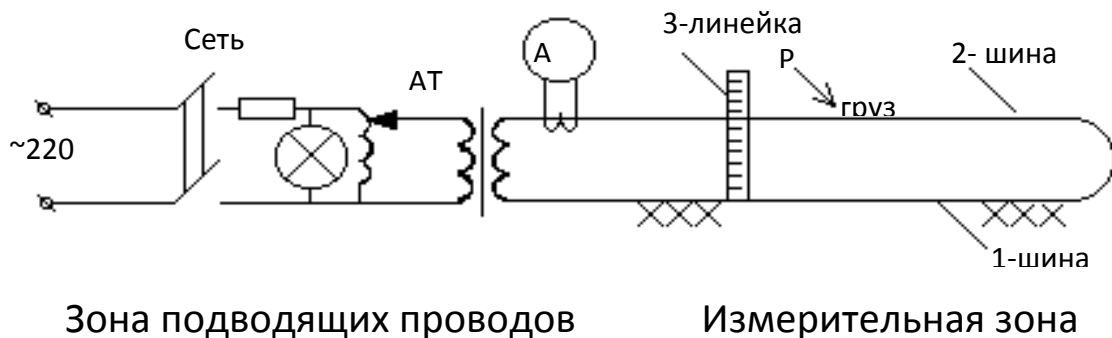


Рис.3. Схема лабораторного стенда

Шина 1 жестко прикреплена к стенду. Шина 2 подвешена на роликах и имеет возможность свободно вертикально перемещаться относительно шины 1. Шина 2 связана с противовесом, который служит для уравнивания ее веса относительно точек опоры.

Обе шины соединены последовательно гибкими связями, образуя контур тока. На шине 2 в средней части укреплена чаша для размещения разновесов, используемых при определении величины электродинамической силы.

Данные шины: длина  $l = 1000\text{мм}$ ; ширина  $h=80\text{мм}$ ; толщина  $b=8\text{мм}$ .

При протекании тока по шинам возникает электродинамическая сила, отталкивающая их. Величина этой силы измеряется с помощью грузов  $P$ . Расстояние между шинами фиксируется с помощью линейки 3, при этом необходимо избегать контактов с шинами и гибкими связями.

Шины обтекаются переменным током и поэтому сила, возникающая между шинами, пульсирует во времени удвоенной частотой тока.

При данном расстоянии между шинами груз уравнивает среднее значение электродинамической силы, а максимальное значение этой силы будет в два раза больше ее среднего значения.

При выполнении настоящей работы за расстояние между шинами ( $a$ ) принимается расстояние между центрами шин. При исследовании силами трения пренебрегаем.

Для получения тока в шинах используется понижающий автотрансформатор АТ. Величина тока измеряется с помощью трансформатора тока ТТ и амперметра А. Регулирование тока,



протекающего по шинам, осуществляется автотрансформатором АТ. Напряжение электропитания соответствует безопасному уровню.

2. Снять экспериментально и построить зависимости электродинамической силы от расстояния между шинами  $F=f(a)$  для трех различных значений тока  $I = 800\text{А}$ ,  $I = 900\text{А}$ ,  $I = 1000\text{А}$ .

Для снятия такой зависимости подготовить установку к проведению измерений электродинамических сил между двумя параллельными шинами. Убедиться в том, что рукоятка АТ стоит в положении 0. Включить выключатель "В" и установить с помощью АТ величину тока равную 700А. На центр верхней шины установить грузы и следить за тем, чтобы расстояние между шинами стало равным  $d=4\text{мм}$ . После этого установку отключить и снять груз.

Измерения произвести при трёх ранее указанных значениях тока, загружая верхнюю шину до достижения  $d=4\text{мм}$ . Данные измерения свести в табл.3.

Таблица 3

Номер п.п.	I = 800 А		I = 900 А		I = 1000 А	
	a, мм	F, кг	a, мм	F, кг	a, мм	F, кг

### **ВНИМАНИЕ!**

Во избежание чрезмерного перегрева контактных частей необходимо после каждого опыта немедленно отключить установку. Время проведения опыта должно быть минимальным. После проведения каждого из опытов установка должна остыть в течение 7-10 мин.

3. Используя данные таблицы, построить зависимости величины электродинамической силы тока  $F=f(I)$  при расстоянии между шинами полученными из опыта.

4. Построить расчетную зависимость  $F=f(a)$  и сравнить её с экспериментом для расстояний между шинами из опытов с учётом прямоугольной формы шин и их конечной длины для  $I=800\text{ А}$  (на одном рисунке).

5. В заключение отчета необходимо сформулировать выводы в виде ответов на следующие вопросы:

5.1. В каких условиях особенно опасно проявление ЭДУ в электрических аппаратах?

5.2. Какие методы применяются для расчёта ЭДУ? Кратко изложите сущность этих методов.

5.3. Какими способами можно определить силы, действующие на проводник с током в магнитном поле?

5.4. Поясните физическую сущность влияния  $K_{\phi}$  на ЭДУ.

5.5. Приведите конкретный пример (численное значение) электродинамической устойчивости какого-нибудь электрического аппарата.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА

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

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

**Цель работы:** ознакомиться с конструкцией и принципом действия электромагнитов постоянного тока на примере контактора постоянного тока; экспериментально определить и теоретически рассчитать тяговую характеристику исследуемого контактора; определить основные временные параметры контактора постоянного тока; научиться анализировать полученные результаты [1, с. 183-245, 308-318; 2; 5; 8].

#### **Методика измерения, аппаратура и порядок выполнения работы**

1. Перед началом работы ознакомиться с конструкцией и электрической схемой стенда для исследования контактора. Зарисовать электрическую схему в отчете.

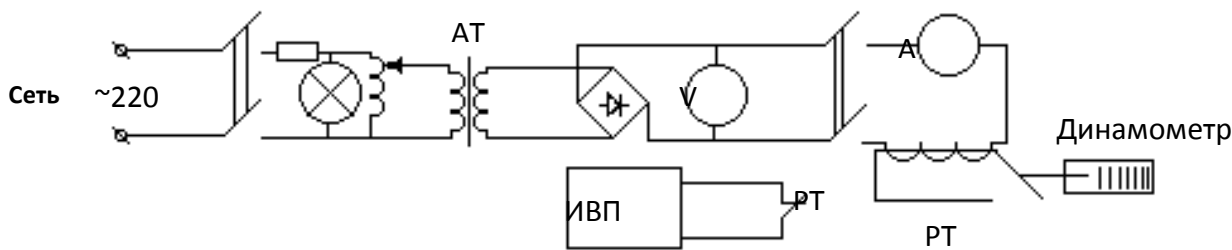


Рис. 4. Схема лабораторного стенда

2. Определить конечное нажатие контактов. Конечное нажатие определяется при заклиненном во включенном положении якоре. Между замкнутыми контактами закладывают полоску бумаги. Подвижный контакт оттягивают в направлении, перпендикулярном контактной поверхности с помощью динамометра, по которому устанавливают величину конечного нажатия в момент освобождения полоски бумаги. Записать полученную величину. Измерения проводить при  $\delta=0$ ,  $P_{\text{мех}}=0$  кг,  $I=1$  А.

3. Произвести измерение  $F_{\text{тэ}}$  при изменении рабочего воздушного зазора  $\delta$ . Снять тяговую характеристику контактора  $F_{\text{тэ}}=f(\delta)$  при номинальных ампер-витках ( $I_{\text{н}}=1\text{А}$ ,  $w=150$ ) и ( $I_{\text{н}}=0,5\text{А}$ ,  $w=75$ ) Значение воздушного зазора устанавливать от начального положения ( $\delta=0$  путём вращения винта по часовой стрелке при замкнутом положении контактора (шаг винта 1 мм). Подать на катушку требуемый ток. Динамометром определить усилие, необходимое для отрыва якоря. Величина  $F$  динамометра в момент отрыва якоря есть величина тягового усилия при данном воздушном зазоре. Для построения кривой  $F_{\text{тэ}}=f(\delta)$  необходимо снять точки для пяти величин воздушного зазора. Данные измерений свести в таб.4.

Таблица 4

Номер п. п.	$F_{\text{тэ}}$ , кг	$\delta$ , мм	$I_{\text{н}}$ , А
...			

По данным таблицы построить зависимость  $F_{\text{тэ}}=f(\delta)$  при  $I_{\text{н}}=1\text{А}$  и  $I_{\text{н}}=0,5\text{А}$ .

4. Произвести измерение значений тока срабатывания  $I_{ср}$  при включении, тока отпускания  $I_{отп}$  при отключении катушки контактора для различных величин механической нагрузки на якорь. Нагрузку  $P_{мех}=0;0.5;1.0;1.5;2.0;2.5$  кг создавать с помощью динамометра во включённом состоянии контактора при  $I_w=150$  А,  $\delta=0$ . При измерении подавать на якорь электромагнита плавно меняющееся напряжение. В момент срабатывания или отпускания фиксировать токи  $I_{ср}$  и  $I_{отп}$ .

Опыты для каждого значения  $P_{мех}$  повторять 3-4 раза. Усредненные результаты измерений свести в таб.5.

Таблица 5

Номер п.п.	$P_{мех}$ , кг	$I_{ср}$ , А	$I_{отп}$ , А

По данным табл. 2 построить зависимость тока срабатывания  $I_{ср}$  и тока отпускания  $I_{отп}$  от величины механической нагрузки  $P_{мех}$ , т.е.  $I_{ср}=f(P_{мех})$ ,  $I_{отп}=f(P_{мех})$ .

5. В литературных источниках произвести поиск времени срабатывания и отпускания контактора. Результаты поиска свести в табл.6.

Таблица 6

Номер п.п.	$I$ , А	$t_{ср}$ , с	$t_{отп}$ , с	$I_H$ , А
...				

По данным таб. 3 построить зависимости  $t_{ср}=f(I)$ ,  $t_{отп}=f(I)$ . Определить относительное изменение временных параметров  $t_{отп}$  при изменениях тока катушки.

6. В заключение отчета необходимо сформулировать выводы в виде ответов на следующие вопросы:

6.1. Перечислите основные технические данные и основные узлы контактора.

6.2. Приведите алгоритм расчёта катушки параллельного включения электромагнита постоянного тока.

6.3. Сделайте проверочный расчет тяговой характеристики электромагнита постоянного тока, используемого в лабораторной работе.

6.4. В чем отличие экспериментально снятой тяговой характеристики от теоретической?

6.5. Изменением каких параметров электромагнита можно увеличить  $K_v$ ?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНТАКТОВ**

Переходным сопротивлением называется сопротивление переходного слоя на границе двух проводников или деталей, образующих контактное соединение или контакт.

Электрическим контактным соединением называется конструктивный узел, при помощи которого производится соединение двух или нескольких проводников для перехода тока из одного в другой.

**Цель работы:** изучить физическую сущность появления переходного сопротивления контактов  $R_p$  и ознакомиться с методами исследования  $R_p$ ; экспериментально определить зависимость переходного сопротивления контактов из различных материалов от усилия нажатия; для тех же контактов произвести расчет зависимости  $R_p=f(F)$ , сравнить полученные результаты с экспериментами, обосновать применение тех или иных типов контактов, давлений и материалов.

#### **Методика измерения, аппаратура и порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с лабораторным стендом, его схемой и расположением отдельных элементов.

Исследование зависимости переходного сопротивления контактов, выполненных из различных материалов, от давления проводится на стенде, где имеется установка (рис.5), которая позволяет изменить величину контактного давления. Подвижная стойка 1, выполненная из изоляционного материала, связана тросиком 2 через ролик с грузом  $F$ . На этой стойке жестко закреплён один из контактов 5. Второй контакт закреплён на стойке 6 и имеет возможность горизонтального перемещения с помощью

винта 3. Для фиксации винта служит гайка 4. Контакты 5 съёмные, закрепляются в гнездах с помощью резьбы.

Электрическая схема стенда представлена на рис.6. Зарисовать в отчете.

Напряжение питания с помощью выключателя "В<sub>1</sub>" подаётся на автотрансформатор АТ и выпрямитель В, после которого постоянный ток подаётся на испытываемые контакты (ИК). Величина тока, проходящего через контакты ИК, измеряется амперметром А. Вследствие переходного сопротивления на ИК создаётся падение напряжения.

Измерение переходного сопротивления контактов осуществляется методом сравнения: напряжения на эталонном сопротивлении, равном 0,0025 Ом, и падения напряжения на ИК. Падение напряжения измеряется милливольтметром mV, который подключается к Rэ или ИК с помощью переключателя "П". В цепи предусмотрена кнопка "К" для кратковременного подключения милливольтметра к измеряемому падению напряжения на ИК.

Падение напряжения на Rэ и ИК обычно невелико, но при нарушении контакта на ИК может быть подано опасное напряжение сети, которое будет и на милливольтметре. Для защиты милливольтметра в этих случаях применимы поляризованные реле типа РП-4.

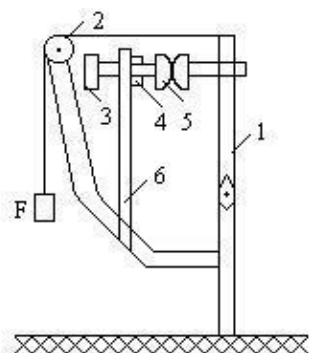


Рис.5.

Конструкция установки для измерения

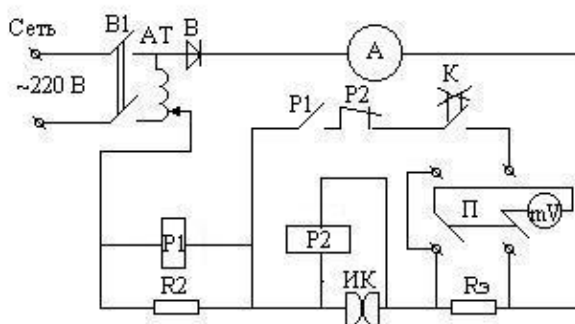


Рис.6.

Электрическая схема

Обмотка реле P<sub>1</sub> подключена параллельно сопротивлению R<sub>2</sub>. Если в цепи протекает ток, то на R<sub>2</sub> создаётся падение напряжения и реле срабатывает, замыкает свои нормально разомкнутые контакты

P1 и подаёт электропитание через нормально замкнутые контакты P2, переключатель П и кнопку К на милливольтметр. Реле P2 своими контактами размыкает цепь в случае падения напряжения на ИК свыше допустимого.

2. Установить на стенде необходимую пару контактов (медь-медь, сталь-сталь, алюминий-алюминий, серебро-серебро, металл-керамика), предварительно их зачистив наждачной бумагой. Собрать схему и установить с помощью груза начальную силу давления в контактах  $F=0,5$  Кг. Подать напряжение на схему выключателем "В<sub>1</sub>" и с помощью автотрансформатора АТ точно установить ток через контакты  $I=10$  А. С помощью переключателя "П" и кнопки "К" измерить падение напряжения на Rэ и ИК.

3. Снять зависимость  $R_k=f(F)$ ,  $I=const$  при возрастании силы в пределах  $0,5 \div 2,5$  Кг и при убывании силы в пределах  $2,5-0,5$  Кг для различных материалов контактов.

Переходное сопротивление контакта вычисляется по формуле:

$$R_k = R_o \frac{\Delta U_{ик}}{\Delta U_{R_o}}, \text{ Ом} \quad (1)$$

Данные измерений занести в табл.7.

Таблица 7

Номер п. п.	Материал контакта							
	Сила возрастает				Сила убывает			
	F, Кг	$\Delta U_{ик}$ , В	$\Delta U_{Rэ}$ , В	$R_k$ , Ом	F, Кг	$\Delta U_{ик}$ , В	$\Delta U_{Rэ}$ , В	$R_k$ , Ом

По данным табл.7 построить зависимость  $R_k=f(F)$  при возрастании силы и при убывании силы.

4. Рассчитать значения переходного сопротивления контактной пары от давления (усилий)  $R_n=f(F)$  для соответствующих контактных пар и построить эту зависимость в той же системе координат, что и экспериментальные зависимости  $R_k=f(F)$ .

$R_n$  определяется по формуле  $R_n = \epsilon / p^n$ , где  $\epsilon$ -величина, зависящая от материала, формы и состояния контакта;

F-сила контактного нажатия;

n-показатель, характеризующий число точек соприкосновения.

$\epsilon$ -величина, зависящая от материала, формы и состояния контакта.

Значения  $\epsilon$  и  $n$  взять из лекции или [2.1 с.90].

5. В заключение отчета необходимо сформулировать выводы в виде ответов на вопросы:

5.1. Как переходное сопротивление контактов отличается от активного сопротивления проводника тех же геометрических размеров?

5.2. Как влияет материал контактов на  $R_K$ ?

5.3. Привести температурную зависимость переходного сопротивления и объяснить, что происходит на всех ее участках?

5.4. По каким критериям осуществляется выбор контактного нажатия?

5.5. Приведите пример расчета контактного нажатия для одного из электрических аппаратов.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основной

1. А.А. Гуляев, Н.И.Королёв, Р.О. Нюхин. Электрические и электронные аппараты, [Текст]: учебное пособие/А.А. Гуляев, Н.И.Королёв, Р.О. Нюхин-Воронеж, Научная книга, 2010.-131 стр.- ISSN 1814-0130.

### Дополнительный

2. Чунихин А.А. Электрические аппараты. [Текст]:Энергоатомздат, 1988.
3. Михайлов О.П., Стокалов В.Е. Электрические аппараты и средства автоматизации. [Текст]:М. Машиностроение, 1952
- 4.Аранович Б.Н., Шармай Б.Н. Электрические устройства автоматики. [Текст]:Л. Энергия, 1975.
5. Шопен Л.В. Бесконтактные электрические аппараты автоматики.[Текст]:М. Энергия, 1976.
- 6.Таев И.С. Электрические аппараты. [Текст]:М. Энергия, 1977.
7. Буль Б.К. Основы теории электрических аппаратов.[Текст]:М. Энергия, 1969.
8. Зелесский А.М. Основы теории электрических аппаратов.[Текст]:М. Высшая школа, 1974.
9. Родштейн Л.А. Электрические аппараты. [Текст]:Л.Энергоиздат, 1981.

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 7. Исследование электромагнита переменного тока .....	1
Лабораторная работа № 11. . Исследование электродинамических сил .....	4
Лабораторная работа № 12. Исследование контактора постоянного тока .....	8
Лабораторная работа № 14 Исследование переходного сопротивления контактов.....	11

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплинам  
“Электрические и электронные аппараты”,  
“Коммутационные устройства в электроснабжении”,  
“Коммутационные аппараты систем электроснабжения” для  
студентов направлений 13.03.02, 35.03.06, 35.04.06  
очной формы обучения

Составители:

Гуляев Александр Александрович  
Горемыкин Сергей Александрович  
Шелякин Валерий Петрович  
Видулин Пётр Петрович

В авторской редакции

Подписано к изданию  
Уч.-изд.л

ФГБОУ ВО “Воронежский государственный  
технический университет”  
394026 Воронеж, Московский просп., 14