

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**МОРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени адмирала Г.И. Невельского**

Кафедра теоретических основ электротехники

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Часть 1

Методические указания для выполнения лабораторных работ  
по электротехнике для неэлектрических специальностей

Составил В.В. Шаталов

Владивосток  
2008

Позиция № 169  
в плане издания  
учебной литературы МГУ  
на 2008 г.

Рецензент канд. техн. наук, доцент В. А. Жуков

Составил Валерий Васильевич Шаталов

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

### Часть 1

Методические указания для выполнения лабораторных работ  
по электротехнике для неэлектрических специальностей

Печатается в авторской редакции

---

3,5 уч.-изд. л  
Тираж 200 экз.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Заказ №

---

Отпечатано в типографии ИПК  
МГУ им. адм. Г. И. Невельского  
690059, Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

## **ИНСТРУКЦИЯ**

### **Требования к технике безопасности и пожарной безопасности при работах в лаборатории общей электротехники (инструкция ТБ-2)**

1. Рабочие напряжения электрических установок в лаборатории находятся в пределах от 110 до 400 В, что является **ОПАСНЫМ ДНЯ ЖИЗНИ**. Поэтому к работам в лаборатории допускаются **ЛИЦА, ПРОШЕДШИЕ ИНСТРУКТАЖ И РАСПИСАВШИЕСЯ В ЖУРНАЛЕ ТБ**, независимо от курса обучения.
2. Известно, что протекание тока более 0,1 А через тело человека **ОКАЗЫВАЕТСЯ СМЕРТЕЛЬНЫМ**. Основным токоограничивающим фактором в теле человека является сопротивление кожных покровов. У лиц, испытывающих недомогание, а также употреблявших спиртные напитки, сопротивление кожных покровов резко снижается, снижается и быстрота реакции. Поэтому к работам в лаборатории такие лица **НЕ ДОПУСКАЮТСЯ**.
3. При ошибочном включении автомата на главном распределительном щите (ГРЩ) возможна подача опасного напряжения на стенд, на котором в данный момент производится сборка схемы. Исходя из сложности запоминания схемы, курсантам и студентам **ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ И ВЫКЛЮЧАТЬ АВТОМАТЫ НА ГРЩ**.
4. Перед сборкой схемы или выполнением работы необходимо убедиться, что все выключатели на стенде **НАХОДЯТСЯ В ОТКЛЮЧЕННОМ СОСТОЯНИИ**. Необходимо помнить при сборке, что в **ПОСЛЕДНЮЮ ОЧЕРЕДЬ ПОДКЛЮЧАЮТСЯ ПРОВОДА, СОЕДИНЯЮЩИЕ СХЕМУ С ГЛАВНЫМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ** (выделены на панели стенда красным цветом).
5. Включение питания стенда на ГРЩ производится **ТОЛЬКО ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ ИЛИ ЛАБОРАНТОМ**, после проверки правильности сборки схемы.
6. **ПРИ ЛЮБОМ НЕСЧАСТНОМ СЛУЧАЕ** или опасности его свершения любой из находящихся в лаборатории **ДОЛЖЕН НАЖАТЬ НА КРАСНУЮ КНОПКУ НА ГРЩ с надписью "АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ"**. Этим отключаются все напряжения во всех лабораториях кафедры.
7. При возникновении очага пожара в лаборатории **ВО ИЗБЕЖАНИЕ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ** электрическая сеть и установки в районе пожара **ДОЛЖНЫ БЫТЬ ОТКЛЮЧЕНЫ**.
8. Тушение пожара в лаборатории производить **ТОЛЬКО** углекислотным **ОГНЕТУШИТЕЛЕМ ОУ-2**, вследствие низкой электропроводности и негорючести углекислого газа. **НЕДОПУСТИМО ПРИМЕНЯТЬ ВОДУ** для тушения пожара при горении электрооборудования, **НАХОДЯЩЕГОСЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ**.

9. Ввиду повышенной электрической опасности при выполнении лабораторных работ НЕДОПУСТИМО использовать стулья возле стендов, работы выполняются ТОЛЬКО СТОЯ.
10. Категорически ЗАПРЕЩАЕТСЯ КУРЕНИЕ в лабораториях кафедры.

## **ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

В начале семестра перед выполнением цикла лабораторных работ студенты и курсанты обязаны прослушать вводный инструктаж по технике безопасности, который проводит преподаватель или заведующий лабораториями кафедры ТОЭ. После инструктажа каждый самостоятельно изучает "Инструкцию ТБ-1" по технике безопасности при производстве работ в лабораториях кафедры ТОЭ, "Инструкцию ТБ-2" по технике безопасности при работах в лаборатории "Общая электротехника", и расписывается в журнале по технике безопасности в том, что он изучил правила ТБ и обязуется их выполнять.

К лабораторным работам допускаются подготовленные студенты и курсанты и только с разрешения преподавателя. В отдельных случаях преподаватель проверяет знание цели работы, состава лабораторного стенда и его особенностей, правил техники безопасности при работе на стенде (инструкция ТБ-3), содержания работы и основных положений теории.

Выполнение работы включает:

1. Изучение стенда.
2. Запись паспортных данных исследуемых машин, аппаратов и приборов.
3. Сборку или проверку собранной схемы.
4. Получение опытных данных.
5. Представление опытных данных для заключения преподавателю.
6. Оформление отчета.
7. Защиту отчета и теории.

### **Изучение стенда**

Стенды в лаборатории - установки, работающие при опасных для жизни напряжениях. Поэтому перед началом работы следует внимательно изучить лабораторный стенд и все оборудование, относящееся к нему. Необходимо помнить, что все исследуемые машины окрашены в голубой цвет для отличия их от вспомогательных.

Особое внимание требуется при включении выключателей, окрашенных в красный цвет, так как при этом подаются напряжения на выделенные красным цветом клеммы на коммутационном поле стенда.

### **Запись паспортных данных исследуемых машин и приборов**

Паспортные данные исследуемых машин, аппаратов и основных электроизмерительных приборов перед началом сборки схем считываются с паспортных табличек машин и аппаратов и шкал приборов и заносятся в соответствующий раздел отчета. Это необходимо для определения номинальных параметров и на их основе пределов регулирования

### **Сборка и проверка собранной схемы**

Схемы в лабораторных стендах собираются в соответствии с принципиальными схемами к лабораторным работам. Часть схем собрана постоянно и не разбирается, другая собирается, а при окончании работы подлежит обязательной разборке.

Необходимость сборки и разборки определяется программой.

При сборке следует руководствоваться программой работы, определяющей исходное состояние стенда, и инструкциями ТБ.

### **Получение опытных данных**

Исходные опытные данные получают при исследовании электрических цепей машин и аппаратов в режимах, задаваемых программой работы. Достоверность опытных данных может быть обеспечена только четким выполнением программы работ.

### **Представление опытных данных для заключения преподавателю**

Протокол с опытными данными представляется на подпись преподавателю после выполнения программы лабораторной работы перед разборкой схемы на стенде, если разборка предусмотрена программой. Подписанный протокол необходимо подшить к оформленному отчету, если он не в тетради, а на отдельных листах.

### **Оформление отчета**

Отчет оформляется в соответствии с разделом "Содержание отчета".

### **Защита отчета и теории**

Защита отчета и теории производится в часы проведения лабораторных работ в устной или письменной форме по усмотрению преподавателя, или в часы консультаций.

## Единые требования для студентов и курсантов в лаборатории «Электротехника»

### Готовность к лабораторной работе

1. **Заранее** знать номер выполняемой работы на каждом последующем занятии.
2. **Обязательно** каждому иметь заготовленный **бланк с таблицами** для опытных данных (**допускается** фотографирование таблиц на стендах с последующим копированием).

### Выполнение лабораторных работ

1. Запрещается выполнение работ сидя за стендом, работы выполняются **только стоя**.
2. Запрещаются разговоры по сотовым телефонам во время занятия.
3. **Неукоснительно соблюдать** правила ТБ и ПБ, за знание которых каждый должен расписаться в журнале по ТБ.
4. Работа выполняется **успешно и быстро** только в случае **абсолютного и последовательного** выполнения **программы работы**, которая расположена на каждом стенде.
5. **Обязательным документом** выполненной работы для **каждого студента или курсанта** является **протокол с таблицами** (только с опытными данными), **подписанный** преподавателем.
6. На протоколе должны быть: **номер работы; фамилия, и., о.; дата; подпись преподавателя**.

### Подведение итоговых результатов

1. Каждый студент или курсант должен **выполнить** установленное количество работ, **сдать отчёт** с протоколом по каждой работе согласно пункту «**Содержание отчёта**» в программе работы и защитить теорию в объёме каждой лабораторной работы. Без защиты лабораторных работ рейтинговая оценка **не выставляется**.
2. Допускается в случае аккуратно выполненного черновика с внесёнными в него **расчётными** величинами представлять его вместо требуемых таблиц в отчёте.
3. При **любой** форме зачёта или экзамена представление оформленного отчёта и протокола **обязательно!** В случае отсутствия черновика работа выполняется повторно.
4. В случае отсутствия защиты каждой работы **теоретический материал** выносится на зачёт или экзамен, **как дополнительный!**

# Лабораторная работа № 1

## Потенциальная диаграмма цепи постоянного тока

### Стенд № 1

#### I. Цель работы

Исследование распределения потенциалов в цепи постоянного тока

#### II. Особенности стенда

Оборудование лабораторной работы установлено на типовом стенде. Все элементы схемы выведены на коммутационную панель и соединяются согласно принципиальной электрической схеме лабораторной работы.

В состав стенда входят:

A – миллиамперметр;

V – вольтметр;

E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> – источники питания;

R<sub>1</sub>-R<sub>6</sub> – резисторы;

B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> – выключатели.

Измерение разности потенциалов производится вольтметром V, к клеммам которого подключены щупы. При измерении разности потенциалов следует обратить внимание на ее полярность.

#### III. Техника безопасности

*Правило 1.* Обязательное выполнение требований по ТБ при работе в лаборатории.

*Правило 2.* Включение стенда производить при выключенных выключателях B<sub>1</sub> и B<sub>2</sub>.

*Правило 3.* Включать выключатели B<sub>1</sub> и B<sub>2</sub> только на время измерений.

#### IV. Содержание работы

1. Ознакомиться со стендом, изучить принципиальную электрическую схему.
2. Замерить разность потенциалов между точками на схеме при согласном и встречном включении источников ЭДС.
3. Определить ЭДС источников.
4. Произвести необходимые вычисления.
5. Выполнить графические построения.
6. Оформить отчёт.

#### V. Программа работы

**1. Ознакомиться со стендом, изучить принципиальную электрическую схему:**

- а) записать паспортные данные приборов;

б) изучить принципиальную электрическую схему (**схема собрана**), обязательно разобраться, что измеряет миллиамперметр **mA** и вольтметр **V** со щупами, **ПОМНИТЬ**, что **V** является цифровым полярным прибором, при подключении **положительного щупа с красной меткой** и красным проводом к «+» источника положительного сигнала и **отрицательного щупа без метки** с чёрным проводом к «-» источник индицируется положительный знак напряжения (см. слева от показаний на индикаторе **V**), при том же подключении щупов, но отрицательном сигнале на индикаторе **V**, индицируется знак «-», необходимо разобраться с ролью выключателей **V1** и, **особенно, V2**.

## **2. Замерить разность потенциалов при согласном и встречном включении ЭДС E1 и E2:**

а) привести схему в исходное состояние:

– выключатели **V1** и **V2** выключены (ручка **V1** в нижнем положении, **V2** в среднем нейтральном положении);

– сообщить преподавателю о готовности к работе, **получить** от него указание, потенциал какой точки из указанных на принципиальной схеме **принять за «ноль»**, название точки **записать** в табл. 1;

б) установить выключатель **V2** в положение «**согласно**» (**согласное** включение **E1** и **E2** в контуре);

в) включить выключатель **V1** (ручка в верхнем положении);

г) записать показания миллиамперметра **A** в табл. 1;

д) установить отрицательный (с черным проводом) щуп вольтметра **V** на точку с потенциалом  $\varphi = 0$ , **перемещая положительный (с красным проводом) щуп** замерить потенциалы всех точек, указанных в табл. 1, результаты замеров **со знаками**, снятыми с цифрового вольтметра **V**, занести в табл. 1 для **согласного** включения источников **E1** и **E2**;

### ***Помнить!***

*Знак потенциала любой точки относительно «нулевой» определяется по подключённым щупам и индикации знака на цифровом вольтметре V.*

е) изменить полярность (**встречное** включение **E1** и **E2**) источника ЭДС **E2** переводом ручки выключателя **V2** в нижнее положение «**встречно**»;

ж) записать показания миллиамперметра **A** в табл. 1;

з) повторить пункт 2-д для встречного включения **E1** и **E2**;

и) **привести схему в исходное состояние:**

– выключатели **V1** и **V2** выключены (ручка **V1** в нижнем положении, **V2** в среднем нейтральном положении).

## **3. Определить ЭДС источников E1 и E2:**

а) включить выключатель **V1**;

б) **посредством щупов** вольтметра **V** замерить разность потенциалов между точками «**A**» и «**Б**» (**E1**) на коммутационном поле стенда, результат замера **E1** со своим знаком занести в табл. 2;

в) выключить выключатель **V1** (ручка в нижнем положении);



- г) перевести выключатель **В2** в положение «**согласно**»;  
 д) **посредством щупов** вольтметра **V** измерить разность потенциалов между точками «**В**» и «**Г**» (**E2**) на коммутационном поле стенда, результаты замера **E2** со своим знаком занести в табл. 2;  
 е) **привести схему в исходное состояние** согласно п. 2-и.

#### 4. Произвести необходимые вычисления для заполнения табл. 3:

- а) по данным табл. 1 вычислить напряжения на участках цепи для **согласного** и **встречного** включения **E1** и **E2** при обходе контура **по часовой стрелке**:

$$U_{E1} = (\pm) \varphi_A - (\pm) \varphi_B,$$

$$U_{R1} = (\pm) \varphi_B - (\pm) \varphi_B,$$

$$U_{E2} = (\pm) \varphi_B - (\pm) \varphi_G,$$

$$U_{R2} = (\pm) \varphi_G - (\pm) \varphi_D,$$

.....

$$U_{R6} = (\pm) \varphi_L - (\pm) \varphi_A;$$

- б) по вычисленным данным (п. 4-а)  $U_{E1}$ ,  $U_{E2}$ ,  $U_{R1} \div U_{R6}$  для **согласного** и **встречного** включения **E1** и **E2** и соответствующих значений токов **I** (табл. 1) и **E1** и **E2** (табл. 2) вычислить **по абсолютной** величине:

$$R_{вн1} = | | (\pm) E1 | - | (\pm) U_{E1} | | / I,$$

$$R_1 = | U_{R1} | / I,$$

$$R_{вн2} = | | (\pm) E2 | - | (\pm) U_{E2} | | / I,$$

$$R_2 = | U_{R2} | / I,$$

.....

$$R_6 = | U_{R6} | / I;$$

правильно вычисленные значения **R** для **согласного** и **встречного** включения **E1** и **E2** в пределах погрешности **должны совпадать**.

#### 5. Выполнить графические построения:

Построить в **одних координатных осях** и **обязательно в масштабе** две потенциальные диаграммы (при **согласном** и **встречном** включении **E1** и **E2**) по данным табл. 2 и 3. Каждую диаграмму  $\varphi_i = F(R_i)$  начинать строить с точки, **потенциал которой  $\varphi = 0$** , обходя все точки контура **по часовой стрелке**, каждую диаграмму обозначить.

## VI. Содержание отчёта

**Отчёт должен содержать:**

- а) паспортные данные приборов стенда согласно п. 1-а;  
 б) принципиальную схему к лабораторной работе, **обязательно** выполненную с помощью чертёжных приспособлений;  
 в) табл. 1-3 с экспериментальными и расчётными данными;  
 г) потенциальные диаграммы согласно п. 5;  
 д) **подписанный преподавателем протокол** с опытными данными.

Таблица 1

Точка, потенциал которой $\varphi = 0$ , «...»									
	измерено								
Приборы	<b>A</b>	<b>V</b>							
Точка соединения элементов на схеме	–	$R_6, +E1$	$-E1, R_1$	$R_1, \pm E2$	$(\pm) E2, R_2$	$R_2, R_3$	$R_3, R_4$	$R_4, R_5$	$R_5, R_6$
Параметры	<b>I</b>	$\pm \varphi_A$	$\pm \varphi_B$	$\pm \varphi_V$	$\pm \varphi_\Gamma$	$\pm \varphi_D$	$\pm \varphi_E$	$\pm \varphi_K$	$\pm \varphi_L$
Ед. измерения	<b>mA</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
<b>Согласное</b> включение <b>E1</b> и <b>E2</b>									
<b>Встречное</b> включение <b>E1</b> и <b>E2</b>									

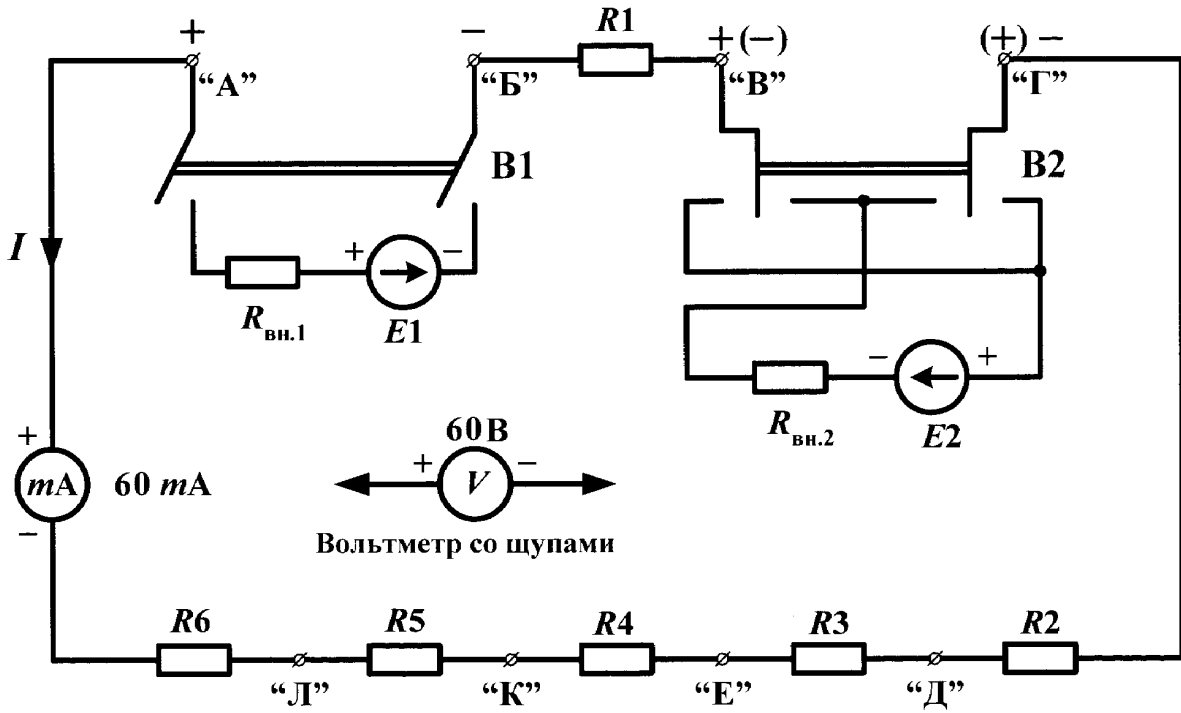
Таблица 2

	измерено	
Приборы	<b>V</b>	
Параметры	$\pm E1 (\Delta = \varphi_{AB})$	$\pm E2 (\Delta = \varphi_{\Gamma G})$
Ед. измерения	<b>B</b>	<b>B</b>

Таблица 3

Напряжение между точками схемы	$U_{AB}$	$U_{BB}$	$U_{\Gamma G}$	$U_{\Gamma D}$	$U_{DE}$	$U_{EK}$	$U_{KL}$	$U_{LA}$
Параметры	$U_{E1}$	$U_{R1}$	$U_{E2}$	$U_{R2}$	$U_{R3}$	$U_{R4}$	$U_{R5}$	$U_{R6}$
Ед. измерения	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Вычислено при <b>согласном</b> включении <b>E1</b> и <b>E2</b>								
Вычислено при <b>встречном</b> включении <b>E1</b> и <b>E2</b>								
Параметры	$R_{\text{вн1}}$	$R_1$	$R_{\text{вн2}}$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$
Ед. измерения	<b>OM</b>	<b>OM</b>	<b>OM</b>	<b>OM</b>	<b>OM</b>	<b>OM</b>	<b>OM</b>	<b>OM</b>
Вычислено при <b>согласном</b> включении <b>E1</b> и <b>E2</b>								
Вычислено при <b>встречном</b> включении <b>E1</b> и <b>E2</b>								

Принципиальная электрическая схема к лабораторной работе № 1  
 «Потенциальная диаграмма цепи постоянного тока»



## Лабораторная работа № 2

### Исследование простейших электрических цепей переменного тока

#### Стенд №4

#### I. Цель работы

Исследование основных схем соединений элементов в однофазных цепях переменного тока.

#### II. Особенности стенда

Оборудование лабораторной работы установлено на типовом стенде. Все элементы схем выведены на коммутационную панель и соединяются согласно принципиальным электрическим схемам лабораторной работы.

В состав стенда входят:

$V_1$  – выключатель;

АТР – автотрансформатор;

К-50 – измерительный комплект;

$L_1, R_{K1}$  и  $L_2, R_{K2}$  – катушки индуктивности;

$R$  – резистор;

$C$  – конденсатор;

$A_{1-4}$  – амперметры;

$V_1$  – вольтметр.

Регулирование напряжения, подводимого к исследуемой цепи, производится посредством автотрансформатора АТР.

#### III. Техника безопасности

*Правило 1.* Обязательное выполнение "требований по ТБ при работе в лаборатории".

*Правило 2.* Сборку схемы и все переключения в схеме производить при выключенном выключателе  $V_1$ .

*Правило 3.* Включать стенд под напряжение можно только после проверки схемы преподавателем или лаборантом.

#### IV. Содержание работы

1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальные электрические схемы.

2. Исследовать электрическую цепь переменного тока с одним элементом:

– с катушкой индуктивности №1 (эквивалент  $L_1, R_{K1}$ );

– с катушкой индуктивности №2 (эквивалент  $L_2, R_{K2}$ );

– с резистором  $R$ ;

– с конденсатором  $C$ .

3. Исследовать электрическую цепь переменного тока с последовательно включенными катушками, резистором и конденсатором.

4. Исследовать электрическую цепь переменного тока с **параллельно включенными** катушками, резистором и конденсатором.
5. Исследовать электрическую цепь переменного тока **со смешанным соединением** катушек, конденсатора и резистора.
6. Произвести необходимые вычисления.
7. Выполнить графические построения.
8. Оформить отчет.

## V. Программа работы

### 1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальные электрические схемы:

- а) записать паспортные данные приборов;
- б) изучить принципиальные электрические схемы и схему автотрансформатора, обязательно разобраться с тем, какие приборы составляют **измерительный комплект К-50**, что измеряют приборы **А1, А2, А3, А4** и **вольтметр V1** со щупами.

### 2. Исследовать электрическую цепь для каждого отдельно включённого элемента:

- а) привести схему в исходное состояние:
  - выключатель **В1** выключен (ручка в нижнем положении);
  - установить автотрансформатор **АТР** в исходное положение вращением маховика АТР до упора по часовой стрелке.
- б) **собрать** на панели **схему "а"**, подключив катушку № 1 (**L<sub>1</sub>, R<sub>K1</sub>**), предъявить схему преподавателю;
- в) включить выключатель **В1**;
- г) вращая маховик **АТР** против часовой стрелки, установить **напряжение 100-130В**, контролируя по вольтметру **V** (в составе **К-50**), при этом стрелки ни одного из приборов **не должны зашкаливать**;
- д) записать показания приборов в табл. 1;
- е) выключить **В1**;
- ж) выполнить п. 2б, в, д для катушки № 2 (**L<sub>2</sub>, R<sub>K2</sub>**);
- з) выключить **В1**;
- и) выполнить п. 2б, в, д для резистора **R**;
- к) выключить **В1**;
- л) выполнить п. 2б, в, д для конденсатора **С**;
- м) выключить **В1**;

### 3. Исследовать электрическую цепь с последовательно включенными катушками, резистором и конденсатором:

- а) **собрать** на панели **схему "б"**, предъявить преподавателю;
- б) включить выключатель **В1**;
- в) вращая маховик **АТР** против часовой стрелки, установить **напряжение 120-150В**, контролируя по вольтметру **V** (**К-50**), при этом стрелки ни одного из приборов **не должны зашкаливать**;
- г) **вольтметром V1** посредством щупов измерить напряжения **непосредственно** на каждой катушке, резисторе и конденсаторе;

д) записать показания приборов в табл. 2;

е) привести схему в исходное состояние согласно п. 2а.

**4. Исследовать электрическую цепь с параллельно включенными катушками, резистором и конденсатором:**

а) **собрать** на панели **схему "в"**, предъявить преподавателю;

б) включить выключатель **В1**;

в) вращая маховик **АТР** против часовой стрелки, установить **напряжение 45-55В**, контролируя по вольтметру **V (К-50)**, при этом стрелки ни одного из приборов **не должны зашкаливать**;

г) записать показания приборов в табл. 3;

д) привести схему в исходное состояние (п. 2а).

**5. Исследовать электрическую цепь со смешанным соединением катушек, конденсатора и резистора:**

а) **собрать** на панели **схему "г"**, предъявить преподавателю;

б) включить выключатель **В1**;

в) вращая маховик **АТР** против часовой стрелки, установить **напряжение 100-120В**, контролируя по вольтметру **V (К-50)**, при этом стрелки ни одного из приборов **не должны зашкаливать**;

г) **вольтметром V1** посредством щупов измерить напряжения **на катушке N2 (L<sub>2</sub>, R<sub>K2</sub>)** и **на параллельном участке** в точках **а-б**;

д) записать показания приборов в табл. 4;

е) привести схему в исходное состояние согласно п. 2а.

**6. Произвести необходимые вычисления:**

а) полная мощность цепи  $S = U \cdot I$

б) фазовый угол  $\varphi = \arccos P/S$ .

**7. Выполнить графические построения:**

По данным табл. 1 – 4 построить **в масштабе** векторные диаграммы напряжений и токов для исследованных цепей (**7 диаграмм**).

## VI. Содержание отчета

**Отчет должен содержать:**

а) паспортные данные приборов стенда согласно п. 1а;

б) принципиальные схемы к лабораторной работе, **обязательно** выполненные с помощью чертёжных приспособлений (**4 схемы**);

в) табл. 1 – 4 с экспериментальными и расчётными данными;

г) **векторные диаграммы** согласно п. 7;

д) **подписанный** преподавателем **протокол** с опытными данными.

Таблица 1

Операция	Измерено			Вычислено	
	V (К-50)	A (К-50)	W (К-50)	–	–
Приборы	U	I	P	S	φ
Параметры	U	I	P	S	φ
Единицы измерения	B	A	Вт	ВА	град
Катушка 1 ( $L_1, R_{K1}$ )					
Катушка 2 ( $L_2, R_{K2}$ )					
Резистор R					
Конденсатор C					

Таблица 2

Операция	Измерено							Вычислено	
	V (К-50)	A (К-50)	W (К-50)	V1				–	–
Приборы	U	I	P	$U_{K1}$	$U_{K2}$	$U_R$	$U_C$	S	φ
Параметры	U	I	P	$U_{K1}$	$U_{K2}$	$U_R$	$U_C$	S	φ
Единицы измерения	B	A	Вт	B	B	B	B	ВА	град
Последовательное соединение									

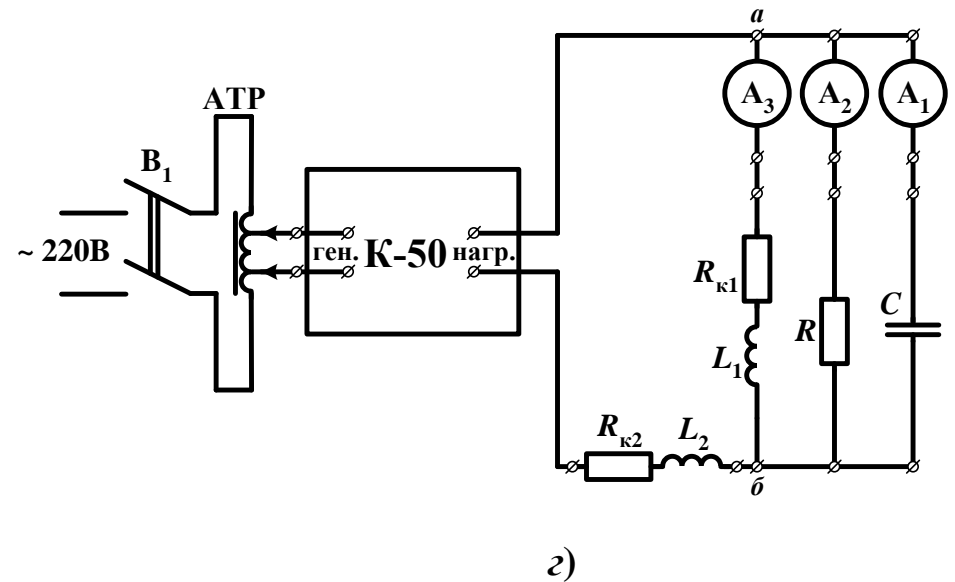
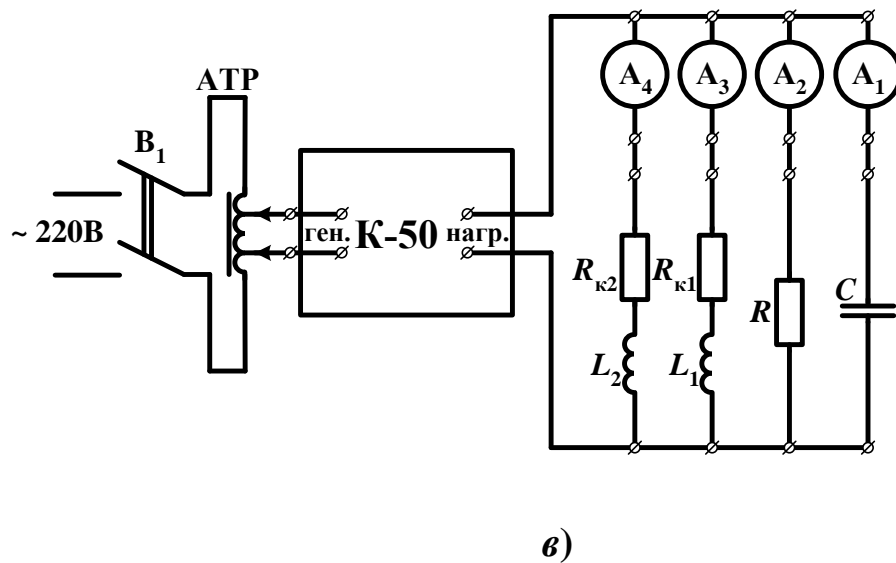
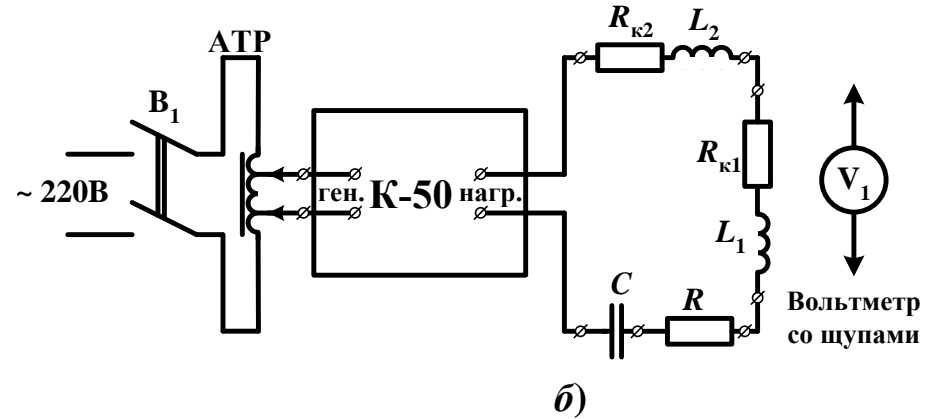
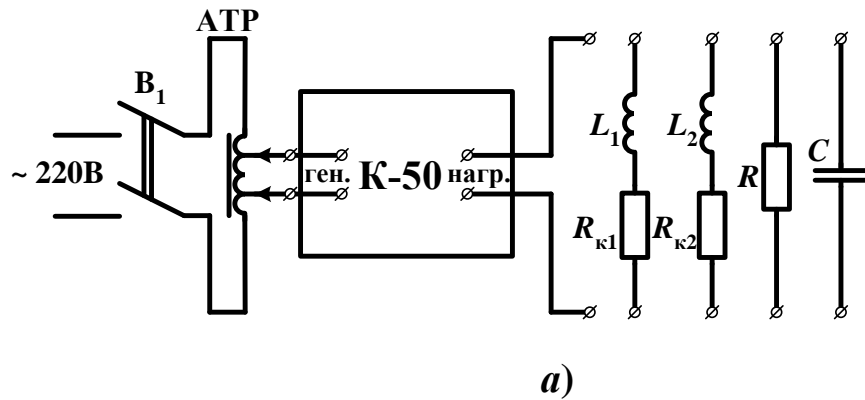
Таблица 3

Операция	Измерено							Вычислено	
	V (К-50)	A (К-50)	W (К-50)	A1	A2	A3	A4	–	–
Приборы	U	I	P	$I_C$	$I_R$	$I_{K1}$	$I_{K2}$	S	φ
Параметры	U	I	P	$I_C$	$I_R$	$I_{K1}$	$I_{K2}$	S	φ
Единицы измерения	B	A	Вт	A	A	A	A	ВА	град
Параллельное соединение									

Таблица 4

Операция	Измерено							Вычислено		
	V (К-50)	A (К-50)	W (К-50)	V1		A1	A2	A3	–	–
Приборы	U	I	P	$U_{K2}$	$U_{a6}$	$I_C$	$I_R$	$I_{K1}$	S	φ
Параметры	U	I	P	$U_{K2}$	$U_{a6}$	$I_C$	$I_R$	$I_{K1}$	S	φ
Единицы измерения	B	A	Вт	B	B	A	A	A	ВА	град
Смешанное соединение										

**Принципиальная электрическая схема к лабораторной работе № 2  
«Исследование простейших электрических цепей переменного тока»**





## Лабораторная работа № 3

### Резонансные явления в простейших электрических цепях

#### Стенд №5

#### I. Цель работы

Исследование резонансных явлений в простейших однофазных цепях переменного тока.

#### II. Особенности стенда

Оборудование лабораторной работы установлено на типовом лабораторном стенде. Все элементы схемы выведены на коммутационную панель и соединяются согласно принципиальным электрическим схемам лабораторной работы.

В состав стенда входят:

$V_1$  – выключатель;

АТР – автотрансформатор;

$L_K, R_K$  – катушка индуктивности;

$C$  – конденсатор переменной ёмкости;

$V_K, V_C$  – вольтметры;

$A_K, A_C$  – амперметры.

Резонанс получают путем изменения величины ёмкости конденсаторов. Регулирование напряжения, подводимого к исследуемой цепи, производится посредством автотрансформатора.

#### III. Техника безопасности при работе на стенде

*Правило 1.* Обязательное выполнение требований по ТБ при работе в лаборатории.

*Правило 2.* Сборку схемы и все переключения в схеме производить при выключенном выключателе  $V_1$ .

*Правило 3.* Включать стенд под напряжение можно только после проверки схемы преподавателем или лаборантом.

#### IV. Содержание работы

1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальные электрические схемы.
2. Исследовать явление **резонанса напряжений** (последовательная цепь переменного тока).
3. Исследовать явление **резонанса токов** (параллельная цепь переменного тока).
4. Произвести необходимые вычисления.
5. Выполнить графические построения.
6. Оформить отчет.

## V. Программа работы

### 1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальные электрические схемы:

- а) записать паспортные данные приборов, автотрансформатора;
- б) изучить принципиальные электрические схемы, обязательно разобраться с тем, какие приборы составляют измерительный комплект **К-50**, что измеряют приборы  $V_K$ ,  $V_C$ ,  $A_K$ ,  $A_C$ .

### 2. Исследовать явление резонанса напряжений в цепи переменного тока, состоящей из последовательно соединённых катушки индуктивности (эквивалент $L_K$ , $R_K$ ) и конденсатора $C$ :

- а) привести схему в исходное состояние;
  - выключатель **В1** выключен (ручка в нижнем положении);
  - выключатели на наборном поле конденсаторов **выключены** (в нижнем положении);
  - установить автотрансформатор **АТР** в исходное положение вращением маховика АТР до упора против часовой стрелки;
- б) **собрать** на панели схему "а", предъявить схему преподавателю;
- в) включить **В1** и **предварительно** включить один из выключателей на наборном поле конденсаторов (например, **8,0** мкФ);
- г) вращая маховик **АТР** по часовой стрелке, установить любое напряжение в пределах **90В**, контролируя его по вольтметру **V** в составе комплекта **К-50**;
- д) изменяя **величину ёмкости переключением выключателей на наборном поле**, добиться **резонанса напряжений**, выполнив одно из условий - **максимум** показаний амперметра **A (К-50)** или примерное **равенство** показаний  $V_K$  и  $V_C$ , что имеет место при определённой (**резонансной**) ёмкости  $C_0$ , **запомнить значение  $C_0$** ;
- е) записать показания приборов в табл. 1;
- ж) **увеличивая ёмкость** конденсаторов на наборном поле от  $C_0$  в сторону  $C_{\text{макс.}}$  (**31,0** мкФ), снять показания приборов для 3-х значений ёмкости **после резонанса напряжений** и записать показания приборов в табл. 1;
- з) **восстановить значение ёмкости  $C_0$** ;
- и) **уменьшая ёмкость** конденсаторов на наборном поле от  $C_0$  в сторону  $C_{\text{мин.}}$  (**1,0** мкФ), снять показания приборов для 3-х значений ёмкости **до резонанса напряжений** и записать показания приборов в табл. 1;
- к) привести схему в исходное состояние согласно п. 2а.

### 3. Исследовать явление резонанса токов в цепи переменного тока, состоящей из параллельно включённых катушки индуктивности (эквивалент $L_K$ , $R_K$ ) и конденсатора $C$ :

- а) **собрать** на панели схему "б", предъявить схему преподавателю;
- б) включить **В1** и **предварительно** включить один из конденсаторов на наборном поле (например **4,0** мкФ);

- в) вращая маховик АТР по часовой стрелке, установить любое напряжение в пределах **140В**, контролируя по вольтметру **V (К-50)**;
- г) изменяя **величину емкости конденсаторов переключением выключателей на наборном поле**, добиться **резонанса токов**, выполнив одно из условий - **минимум** показаний амперметра **A** или примерное **равенство** показаний **A<sub>K</sub>** и **A<sub>C</sub>**, что имеет место при определённой (**резонансной**) ёмкости **C<sub>0</sub>**, **запомнить значение C<sub>0</sub>**;
- д) записать показания приборов в табл. 2;
- е) повторить п. 2ж, а затем п. 2и, но уже для **резонанса токов**, записать показания приборов в табл. 2;
- ж) привести схему в исходное состояние согласно п. 2а.

#### 4. Произвести необходимые вычисления:

- а) полное сопротивление цепи  $Z = U / I$ ;
- б) активное сопротивление  $R = P / I^2$ ;
- в) фазовый угол сдвига  $\varphi = \arccos R / Z$ ;
- г) полную проводимость  $y = I / U$ ;
- д) активную проводимость  $g = P / U^2$ ;
- е) фазовый угол сдвига  $\varphi = \arccos g/y$ .

#### 5. Выполнить графические построения:

- а) по данным табл. 1 построить графические зависимости: **I = f (C), Z = f (C), φ = f (C)**;
- б) по данным табл. 2 построить графические зависимости: **I = f (C), y = f (C), φ = f (C)**;
- в) по данным табл.1 и 2 построить соответственно по **три векторных диаграммы** для режимов **C = C<sub>0</sub>, C > C<sub>0</sub>, C < C<sub>0</sub>** в масштабе (**6 диаграмм**).

### VI. Содержание отчета

#### Отчет должен содержать:

- а) паспортные данные приборов согласно п. 1-а;
- б) принципиальные схемы к лабораторной работе, **обязательно** выполненные с помощью чертёжных приспособлений (**2 схемы**);
- в) табл. 1 – 2 с экспериментальными и расчётными данными;
- г) **графические зависимости, векторные диаграммы** согласно п. 5;
- д) **подписанный преподавателем протокол** с опытными данными.

**Резонанс напряжений**

Таблица 1

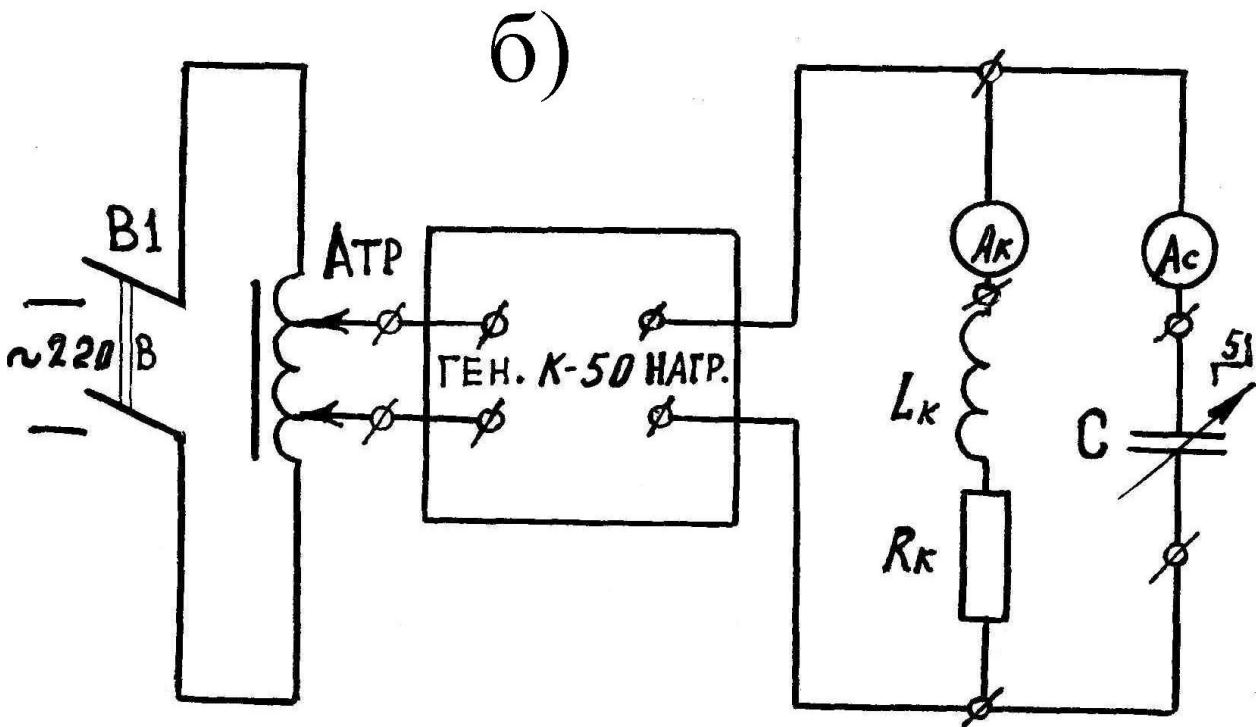
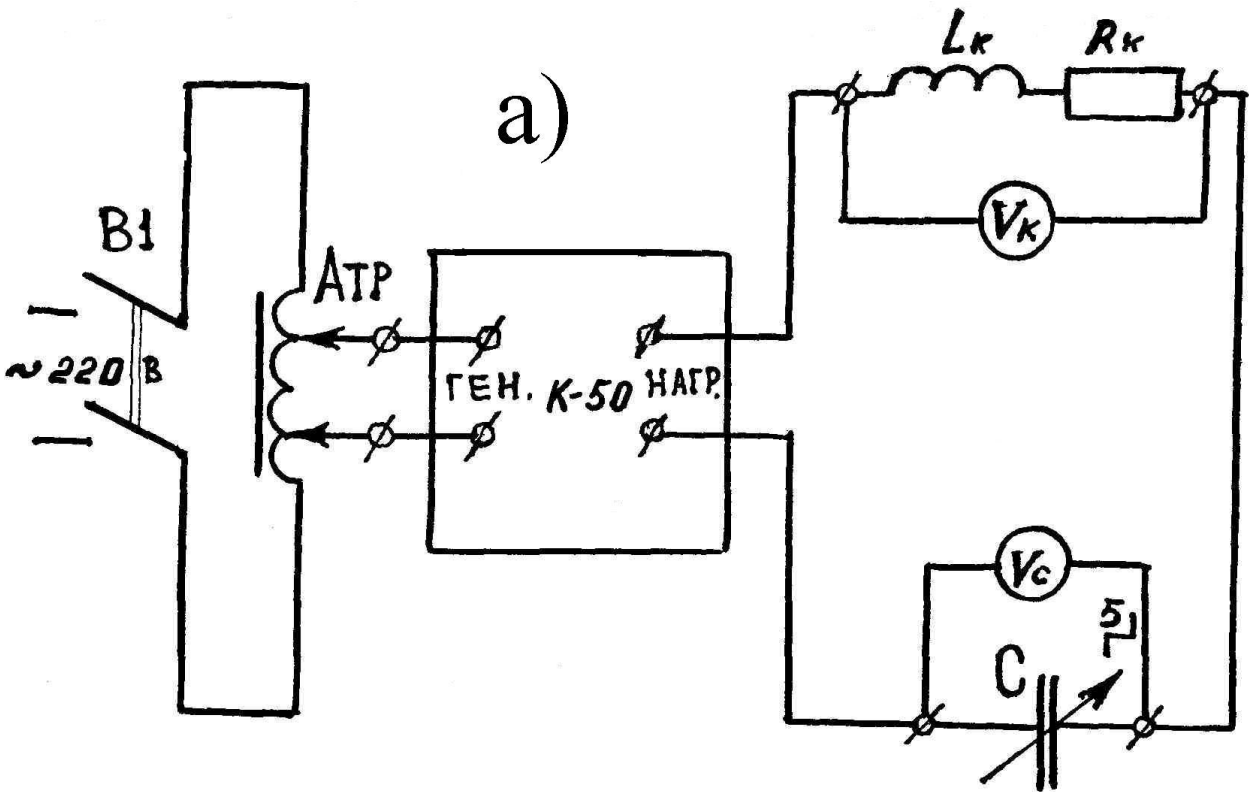
Операция		Измерено					Вычислено			
Приборы		–	комплект К-50			$V_K$	$V_C$	–	–	–
			V	A	W					
Параметры		C	U	I	P	$U_K$	$U_C$	Z	R	$\phi$
Единицы измерения		мкФ	B	A	Вт	B	B	Ом	Ом	град
$C_0$	1.									
$C > C_0$	2.									
	3.									
	4.									
$C < C_0$	5.									
	6.									
	7.									

**Резонанс токов**

Таблица 2

Операция		Измерено					Вычислено			
Приборы		–	комплект К-50			$A_K$	$A_C$	–	–	–
			V	A	W					
Параметры		C	U	I	P	$I_K$	$I_C$	y	g	$\phi$
Единицы измерения		мкФ	B	A	Вт	A	A	См	См	град
$C_0$	1.									
$C > C_0$	2.									
	3.									
	4.									
$C < C_0$	5.									
	6.									
	7.									

Принципиальная электрическая схема к лабораторной работе № 3  
«Резонансные явления в простейших электрических цепях»



## Лабораторная работа № 4а

### Исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении нагрузки звездой

#### Стенд №2

#### I. Цель работы

Исследование работы трехфазной цепи при соединении нагрузки звездой и звездой с нулевым проводом.

#### II. Особенности стенда

Оборудование лабораторной работы установлено на типовом стенде. Все элементы схемы выведены на коммутационную панель и соединяются согласно принципиальной электрической схеме.

В состав стенда входят:

$B_1, S_1, S_2, S_3, S_4$  – выключатели;

АТР – автотрансформатор;

$A_0, A_A, A_B, A_C$  – амперметры;

$W_A, W_B, W_C$  – ваттметры;

$V, V_0$  – вольтметры;

$R_A, R_B, R_C$  – сопротивления нагрузки.

В качестве нагрузки используются регулируемые активные сопротивления (реостаты). Маховики реостатов выведены с левой стороны стенда. Изменение сопротивления производится маховика рукоятки реостата, причем увеличение тока нагрузки происходит при вращении маховика против часовой стрелки. Регулирование напряжения, подводимого к исследуемой цепи, производится посредством автотрансформатора АТР.

#### III. Техника безопасности при работе на стенде

*Правило 1.* Обязательное выполнение требований по ТБ при работе в лаборатории.

*Правило 2.* Сборку схемы и все переключения в схеме производить при выключенном выключателе  $B_1$ .

#### IV. Содержание работы

1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальную электрическую схему.

2. Исследовать трехфазную цепь с «нулевым» проводом и нагрузкой, соединенной «звездой»:

– при **неравномерной** нагрузке;

– при **равномерной** нагрузке;

– при **обрыве одной** линии;

– при **обрыве двух** линий.

3. Исследовать трехфазную цепь **без «нулевого» провода** и с нагрузкой, соединенной «звездой»:

- при **равномерной** нагрузке;
  - при **коротком замыкании** нагрузки в фазе А;
  - при **обрыве одной** линии;
  - при **обрыве двух** линий;
  - при **неравномерной** нагрузке.
4. Произвести необходимые вычисления.  
5. Выполнить графические построения.  
6. Оформить отчет.

## V. Программа работы

**1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальную электрическую схему:**

- а) записать паспортные данные приборов;
- б) изучить принципиальную электрическую схему (**схема собрана**), обязательно разобраться с назначением всех элементов стенда и тем, что измеряют приборы  $A_A$ ,  $A_B$ ,  $A_C$ ,  $A_0$ ,  $W_A$ ,  $W_B$ ,  $W_C$ ,  $V_0$  и **вольтметр  $V$**  со щупами, **особо обратить внимание** на назначение выключателей **S1, S2, S3, S4** и их положение на коммутационном поле стенда.

**2. Исследовать трехфазную цепь с «нулевым» проводом:**

- а) привести схему в исходное состояние:
  - выключатель **B1** выключен (ручка в нижнем положении);
  - выключатель **S1** (линия **A**) **включён** (ручка в верхнем положении), выключатель **S2** (линия **B**) **включён** (ручка в верхнем положении), выключатель **S3** (нагрузка в фазе **A**) **выключен** (ручка в нижнем положении), выключатель **S4** в **верхнем положении** (3-х фазная цепь с «нулевым» проводом, ток в котором измеряется амперметром  $A_0$ );
  - установить автотрансформатор **АТР** в исходное положение вращением маховика **АТР** до упора по часовой стрелке;
- б) включить выключатель **B1**;
- в) вращая маховик **АТР** против часовой стрелки, установить линейные напряжения  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  (они автоматически всегда будут равны) в пределах **210÷220В**, контролируя их посредством **вольтметра  $V$**  со щупами по  $U_{AB}$  непосредственно **на клеммах АТР**;
- г) вращением маховиков реостатов нагрузки  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$  установить **неравномерную нагрузку в пределах  $1÷3A$** , что имеет место при линейных токах  $I_A \neq I_B \neq I_C$  (амперметры  $A_A$ ,  $A_B$ ,  $A_C$  должны показывать разные токи);
- д) **посредством щупов вольтметра  $V$**  измерить **линейные** (непосредственно на клеммах **АТР**) и **фазные** (непосредственно на клеммах нагрузки) напряжения, записать полученные показания и показания **остальных** приборов (**A, W**) в таблицу;

е) вращением маховиков реостатов  $R_A, R_B, R_C$  установить **равномерную нагрузку в пределах  $2 \div 3A$** , что имеет место при  $I_A = I_B = I_C$  (показания амперметров  $A_A, A_B, A_C$  равны);

ж) повторить пункт 2д;

з) перевести выключатель **S1** в нижнее положение (**обрыв линии А**) и повторить пункт 2д;

и) перевести выключатель **S2** в нижнее положение (**обрыв линии В**) и повторить пункт 2д;

к) восстановить положение выключателей **S1, S2** (в **верхнее положение**), снизить нагрузку (реостатами  $R_A, R_B, R_C$ ) и установить **равномерную нагрузку  $I_A = I_B = I_C = 1,6A$** ;

**3. Исследовать трёхфазную цепь без «нулевого» провода:**

а) перевести выключатель **S4** в нижнее положение (3-х фазная цепь **без «нулевого» провода**, вместо которого подключён вольтметр  $V_0$  с большим внутренним сопротивлением) и повторить пункт 2д;

б) перевести выключатель **S3** в верхнее положение (**короткое замыкание нагрузки в фазе А**) и повторить пункт 2д;

в) перевести выключатель **S1** в нижнее положение (**обрыв линии А**) и повторить пункт 2д;

г) перевести тумблер **S2** в нижнее положение (**обрыв линии В**) и повторить пункт 2д;

д) **восстановить** положение выключателей **S1, S2** (в **верхнее положение**) и выключателя **S3** (в **нижнее положение**), что должно привести к восстановлению равномерной нагрузки ( $I_A = I_B = I_C = 1,6A$ );

е) повторить пункт 2г (**неравномерная нагрузка в пределах  $2 \div 3A$** ) для цепи **без «нулевого» провода**, а затем пункт 2д;

ж) выключить выключатель **B1**, схема должна соответствовать **исходному состоянию** (пункт 2а).

**4. Произвести необходимые вычисления:**

трёхфазная мощность, потребляемая от сети  $P_{\Sigma} = P_A + P_B + P_C$  (метод 3-х ваттметров).

**5. Выполнить графические построения:**

по данным таблицы построить **векторные диаграммы в масштабе** для всех исследованных режимов (**9 режимов**).

## VI. Содержание отчета

**Отчет должен содержать:**

а) паспортные данные приборов согласно п. 1а;

б) принципиальную схему к лабораторной работе, **обязательно** выполненную с помощью чертёжных приспособлений;

в) таблицу с экспериментальными и расчётными данными;

г) **векторные диаграммы** согласно п. 5;

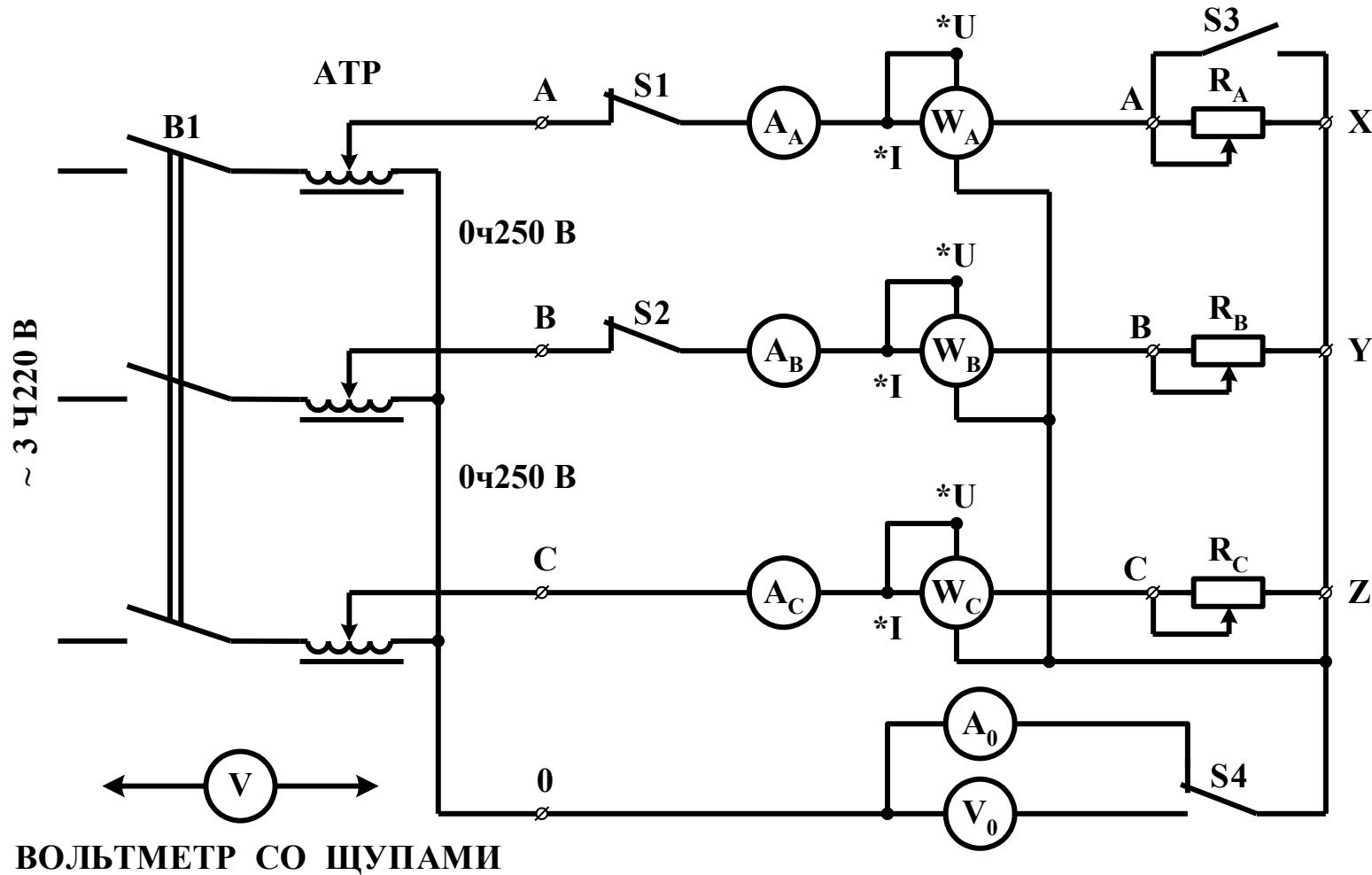
д) **подписанный** преподавателем **протокол** с опытными данными.



Таблица

Операция	Измерено												Вычислено
Приборы	<b>V</b>				<b>A<sub>A</sub></b>	<b>A<sub>B</sub></b>	<b>A<sub>C</sub></b>	<b>A<sub>0</sub></b>	<b>V<sub>0</sub></b>	<b>W<sub>A</sub></b>	<b>W<sub>B</sub></b>	<b>W<sub>C</sub></b>	–
Параметры	<b>U<sub>AB</sub></b> , <b>U<sub>BC</sub></b> , <b>U<sub>CA</sub></b>	<b>U<sub>A</sub></b>	<b>U<sub>B</sub></b>	<b>U<sub>C</sub></b>	<b>I<sub>A</sub></b>	<b>I<sub>B</sub></b>	<b>I<sub>C</sub></b>	<b>I<sub>0</sub></b>	<b>U<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>A</sub></b>	<b>P<sub>B</sub></b>	<b>P<sub>C</sub></b>	<b>P<sub>Σ</sub></b>
Единицы измерения	<b>В</b>	<b>В</b>	<b>В</b>	<b>В</b>	<b>А</b>	<b>А</b>	<b>А</b>	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>Вт</b>	<b>Вт</b>	<b>Вт</b>	<b>Вт</b>
<b>Режим</b>	<b>3-х фазная цепь с «нулевым» проводом</b>												
неравномерная нагрузка									–				
равномерная нагрузка									–				
обрыв линии А									–				
обрыв линии А и В									–				
<b>Режим</b>	<b>3-х фазная цепь без «нулевого» провода</b>												
равномерная нагрузка								–					
КЗ в фазе R <sub>A</sub>								–					
обрыв линии А								–					
обрыв линии А и В								–					
неравномерная нагрузка								–					

Принципиальная электрическая схема к лабораторной работе № 4а  
«Исследование режимов работы трехфазной цепи  
при соединении нагрузки звездой»



## Лабораторная работа № 46

### Исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении нагрузки треугольником

#### Стенд №3

#### I. Цель работы

Исследование работы трехфазной цепи при соединении нагрузки треугольником.

#### II. Особенности стенда

Оборудование лабораторной работы установлено на типовом стенде. Все элементы схемы выведены на коммутационную панель и соединяются согласно принципиальной электрической схеме.

В состав стенда входят:

$B_1, S_1, S_2, S_3$  – выключатели;

АТР – автотрансформатор;

$A_A, A_B, A_C, A_{AB}, A_{BC}, A_{CA}$  – амперметры;

$W_A, W_C$  – ваттметры;

$V$  – вольтметр;

$R_A, R_B, R_C$  – сопротивления нагрузки.

В качестве нагрузки используются регулируемые активные сопротивления (реостаты). Маховики реостатов выведены с правой стороны стенда. Изменение сопротивления производится вращением маховика реостата, причем увеличение тока нагрузки происходит при вращении маховика против часовой стрелке. Регулирование напряжения, подводимого к исследуемой цепи, производится посредством автотрансформатора АТР.

#### III. Техника безопасности при работе на стенде

*Правило 1.* Обязательное выполнение требований по ТБ при работе в лаборатории.

*Правило 2.* Сборку схемы и все переключения в схеме производить при выключенном выключателе  $B_1$ .

#### IV. Содержание работы

1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальную электрическую схему.

2. Исследовать трехфазную цепь с нагрузкой, соединенной «треугольником»:

- при **неравномерной** нагрузке;
- при **равномерной** нагрузке;
- при **обрыве одной** линии;
- при **обрыве одной** фазы нагрузки;
- при **обрыве двух** фаз нагрузки.

3. Произвести необходимые вычисления.

4. Выполнить графические построения.
5. Оформить отчет.

## V. Программа работы

### 1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальную электрическую схему:

- а) записать паспортные данные приборов и автотрансформатора;
- б) изучить принципиальную электрическую схему (**схема собрана**), обязательно разобраться с назначением всех элементов стенда и тем, что измеряют приборы  $A_A$ ,  $A_B$ ,  $A_C$ ,  $A_{AB}$ ,  $A_{BC}$ ,  $A_{CA}$ ,  $W_A$ ,  $W_C$ , и **вольтметр  $V$**  со щупами, **особо обратить внимание** на назначение выключателей **S1**, **S2**, **S3** и их положение на коммутационном поле стенда.
- в) привести схему в исходное состояние;
  - выключатель **B1** выключен (ручка в нижнем положении);
  - выключатель **S1** (линия **A**) **включён** (ручка в верхнем положении), выключатель **S2** (нагрузка **R<sub>AB</sub>**) **включён** (ручка в верхнем положении), выключатель **S3** (нагрузка **R<sub>BC</sub>**) **включён** (ручка в верхнем положении);
  - установить автотрансформатор **АТР** в исходное положение вращением маховика АТР до упора по часовой стрелке;
- г) включить выключатель **B1**;
- д) вращая маховик **АТР** против часовой стрелки, установить линейные напряжения  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  (они автоматически **всегда будут равны**) в пределах **200÷220В**, контролируя их посредством **вольтметра  $V$**  со щупами по  $U_{AB}$  непосредственно на клеммах АТР; вращением маховиков (которые находятся с правой стороны стенда) реостатов нагрузки **R<sub>AB</sub>**, **R<sub>BC</sub>**, **R<sub>CA</sub>** установить **неравномерную нагрузку в пределах 2÷3А**, что имеет место при токах  $I_{AB} \neq I_{BC} \neq I_{CA}$  (амперметры, соответственно,  $A_{AB}$ ,  $A_{BC}$ ,  $A_{CA}$  должны показывать разные токи);
- е) **посредством щупов вольтметра  $V$**  измерить непосредственно напряжения на клеммах АТР и клеммах нагрузки **R<sub>AB</sub>**, **R<sub>BC</sub>**, **R<sub>CA</sub>**, записать полученные показания и показания **остальных** приборов (**A**, **W**) в таблицу;
- ж) вращением маховиков реостатов нагрузки **R<sub>AB</sub>**, **R<sub>BC</sub>**, **R<sub>CA</sub>** установить **равномерную нагрузку в пределах 2÷3А**, что имеет место при  $I_{AB} = I_{BC} = I_{CA}$  (показания амперметров  $A_{AB}$ ,  $A_{BC}$ ,  $A_{CA}$  равны);
- з) повторить пункт 1е;
- и) перевести выключатель **S1** (**обрыв линии A**) в нижнее положение и повторить пункт 1е;
- к) восстановить положение выключателя **S1** (**в верхнее положение**), что должно привести к восстановлению равномерной нагрузки ( $I_{AB} = I_{BC} = I_{CA}$ );
- л) перевести выключатель **S2** в нижнее положение (**обрыв фазы нагрузки R<sub>AB</sub>**) и повторить пункт 1е;
- м) перевести выключатель **S3** в нижнее положение (**обрыв фазы нагрузки R<sub>BC</sub>**) и повторить пункт 1е;
- н) привести схему в исходное состояние согласно п. 1в.

## **2. Произвести необходимые вычисления:**

трёхфазная мощность, потребляемая от сети  $P_{\Sigma} = P_A + P_C$  (метод 2-х ваттметров).

## **3. Выполнить графические построения:**

по данным таблицы построить **векторные** диаграммы **в масштабе** для всех исследованных режимов (**5 режимов**).

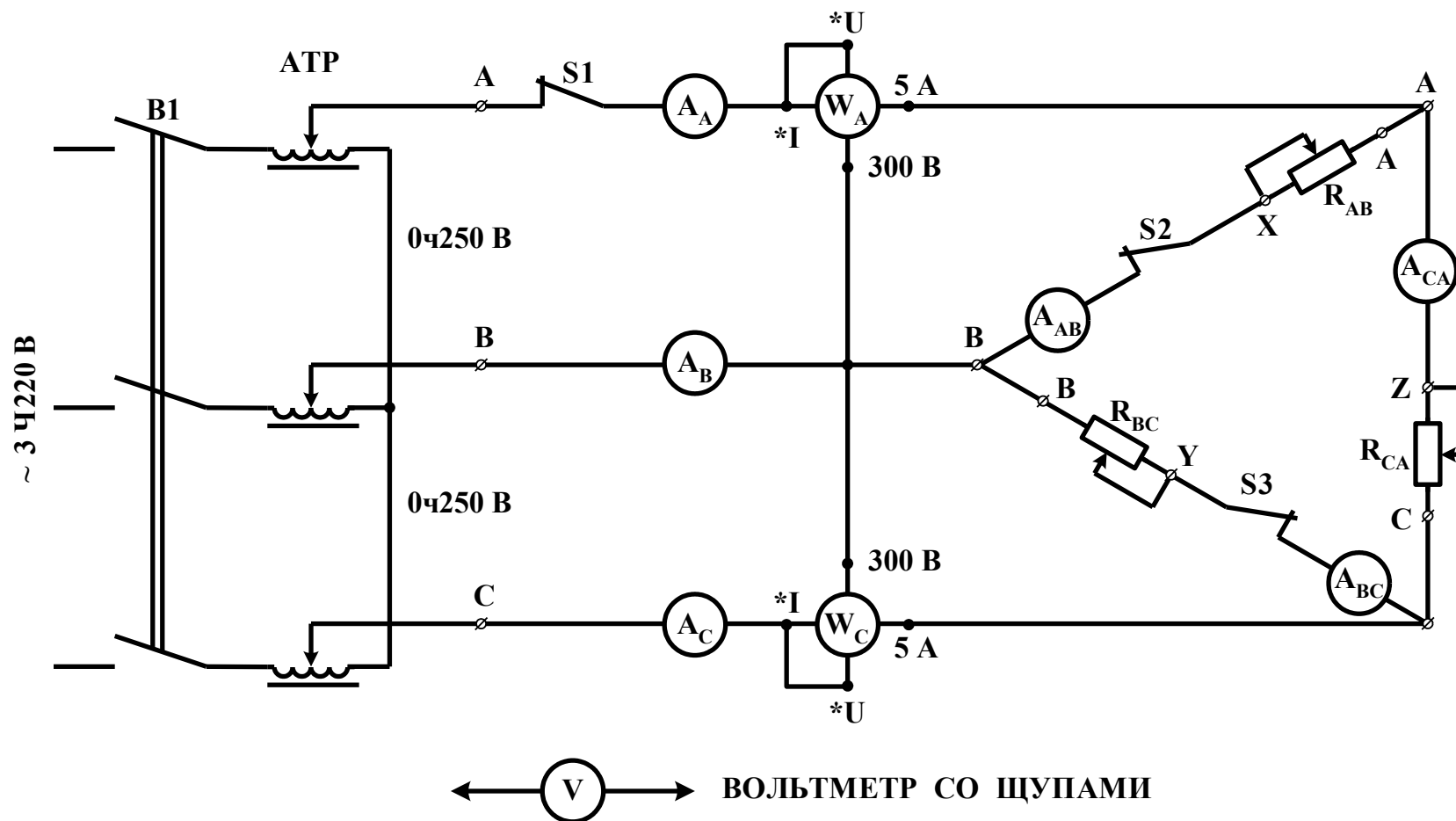
## **VI. Содержание отчета**

### **Отчет должен содержать:**

- а) паспортные данные приборов согласно п. 1а;
- б) принципиальную схему к лабораторной работе, **обязательно** выполненную с помощью чертёжных приспособлений;
- в) таблицу с экспериментальными и расчётными данными;
- г) векторные диаграммы согласно п. 3;
- д) **подписанный** преподавателем **протокол** с опытными данными.



**Принципиальная электрическая схема к лабораторной работе № 46  
«Исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении нагрузки треугольником»**



## Лабораторная работа № 5

### Исследование двигателя постоянного тока (ДПТ) с параллельным возбуждением

#### Стенд №12

#### I. Цель работы

Исследование основных эксплуатационных характеристик ДПТ с параллельным возбуждением.

#### II. Особенности стенда

Оборудование лабораторной работы установлено на типовом стенде. Все элементы схемы выведены на коммутационную панель и соединяются согласно принципиальной электрической схеме.

В состав стенда входят:

$B_1, B_2$  – выключатели;

$A_1, A_2, A_3$  – амперметры;

$R_B$  – реостат возбуждения;

$R_P$  – регулировочный реостат нагрузки;

$R_{II}$  – пусковой реостат;

ШО – параллельная (шунтовая) обмотка возбуждения двигателя;

Я – двигатель с обмоткой якоря;

Т – тормоз,

ТГ – тахогенератор,

ИГ – указатель частоты вращения.

В качестве исследуемого ДПТ выбран типовой электродвигатель серии П.

В качестве нагрузочного устройства установлен электромагнитный тормоз Панасенкова. Изменение тормозного момента осуществляется регулировочным реостатом РР. Схема измерения частоты вращения ДПТ представляет собой тахогенератор постоянного тока ТГ, механически соединенный с валом ДПТ, и индикатор частоты вращения ИО - вольтметр магнитоэлектрической системы, градуированный в об/мин.

#### III. Техника безопасности

*Правило 1.* Обязательное выполнение требований по ТБ при работе в лаборатории.

*Правило 2.* Помнить о том, что стенд в рабочем состоянии находится под напряжениями 110 и 220 В постоянного тока, опасными для жизни.

#### IV. Содержание работы

1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальную электрическую схему.



2. Исследовать механическую характеристику  $n = f(M)$  (частоту вращения якоря  $n$  от момента  $M$  на валу) двигателя постоянного тока:
  - для номинального (естественного) режима ( $I_B = I_{B \text{ ном.}}$ );
  - для искусственного режима ( $I_B = 0,6 I_{B \text{ ном.}}$ ).
3. Произвести необходимые вычисления.
4. Выполнить графические построения.
5. Оформить отчет.

## V. Программа работы

### 1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальную электрическую схему:

- а) записать паспортные (номинальные) данные непосредственно с исследуемого ДПТ и приборов;
- б) изучить принципиальную электрическую схему (**схема собрана**) стенда, обязательно разобраться с назначением всех элементов стенда и тем, что измеряют приборы **A1, A2, V1, A3, ИТ**, назначением и шкалой электромагнитного тормоза **T**;
- в) привести схему в исходное состояние:
  - выключатели **B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>** выключены (в нижнем положении);
  - выключатель «**ТОК ВОЗБУЖД.**» в положении  $I_B = I_{B \text{ ном.}}$  (в верхнем положении);
  - реостат **R<sub>p</sub>** введен (ползунок в крайнем верхнем положении).

### 2. Исследовать механические характеристики ДПТ:

- а) запустить ДПТ в режиме холостого при  $I_B = I_{B \text{ ном.}}$  включением **B<sub>1</sub>**;
- б) проверить ток возбуждения (амперметр **A2**),  $I_{B \text{ ном.}}$  в пределах **0,5А**;
- в) показания приборов для холостого хода ( $M = 0$ ) и естественной характеристики записать в таблицу;
- г) выключателем **B<sub>2</sub>** подключить электромагнитный тормоз **T** к сети **110В** (от сопротивления реостата **R<sub>p</sub>** зависит ток в цепи тормоза **T** (амперметр **A3**), что позволяет изменять тормозной момент на валу ДПТ; отсчёт момента для двух грузов производить по верхней шкале);
- д) изменять реостатом **R<sub>p</sub>** тормозной момент так, чтобы ток якоря изменялся от  $I_{я} = I_{я \text{ min.}}$  до  $I_{я} = 1,2 I_{я \text{ ном.}}$  (**9,6А**), при этом обязательно пройти точку  $I_{я \text{ ном.}}$ , записать показания приборов и тормоза соответственно для 4÷5 значений тока якоря  $I_{я}$  в таблицу, измерение момента производить по верхней шкале тормоза;
- е) вернуть реостат **R<sub>p</sub>** в верхнее положение и выключить **B<sub>2</sub>**;
- ж) перевести выключатель «**ТОК ВОЗБУЖД.**» в нижнее положение ( $I_B = 0,6 I_{B \text{ ном.}}$ );
- з) проверить ток возбуждения (амперметр **A2**),  $I_B$  в пределах **0,3А**;
- и) показания приборов для холостого хода ( $M = 0$ ) и искусственной характеристики записать во вторую часть таблицы;

к) повторить п. 2(г, д) для искусственной характеристики, записать показания приборов для 4÷5 точек в таблицу;

л) привести схему в исходное состояние п. 1в.

**3. Записать в протоколе с опытными данными вариант изменения направления вращения ДПТ, опираясь на теоретические сведения и принципиальную схему стенда.**

**4. Произвести необходимые вычисления:**

а) мощность, потребляемая от сети,  $P_1 = U_c (I_a + I_b)$ ;

б) мощность на валу ДПТ  $P_2 = 1,028 M \cdot n$ ;

в) коэффициент полезного действия  $\eta = P_2/P_1 \cdot 100\%$ .

**5. Построить характеристики ДПТ:**

по данным таблицы в одних координатных осях построить рабочие характеристики ДПТ:  $n = f(M)$ ,  $P_1 = f(M)$ ,  $P_2 = f(M)$ ,  $\eta = f(M)$  отдельно для естественного ( $I_b = I_{b \text{ ном.}}$ ) и для искусственного ( $I_b = 0,6 I_{b \text{ ном.}}$ ) режимов, каждую характеристику **обязательно** обозначить и проставить на характеристиках номинальные точки  $n_{\text{ном.}}$ ,  $M_{\text{ном.}}$ ,  $P_{1\text{ном.}}$ ,  $P_{2\text{ном.}}$ ,  $\eta_{\text{ном.}}$ .

## VI. Содержание отчета

**Отчет должен содержать:**

а) паспортные данные оборудования согласно п. 1а;

б) принципиальную схему к лабораторной работе, **обязательно** выполненную с помощью чертёжных приспособлений;

в) табл. 1 с экспериментальными и расчетными данными;

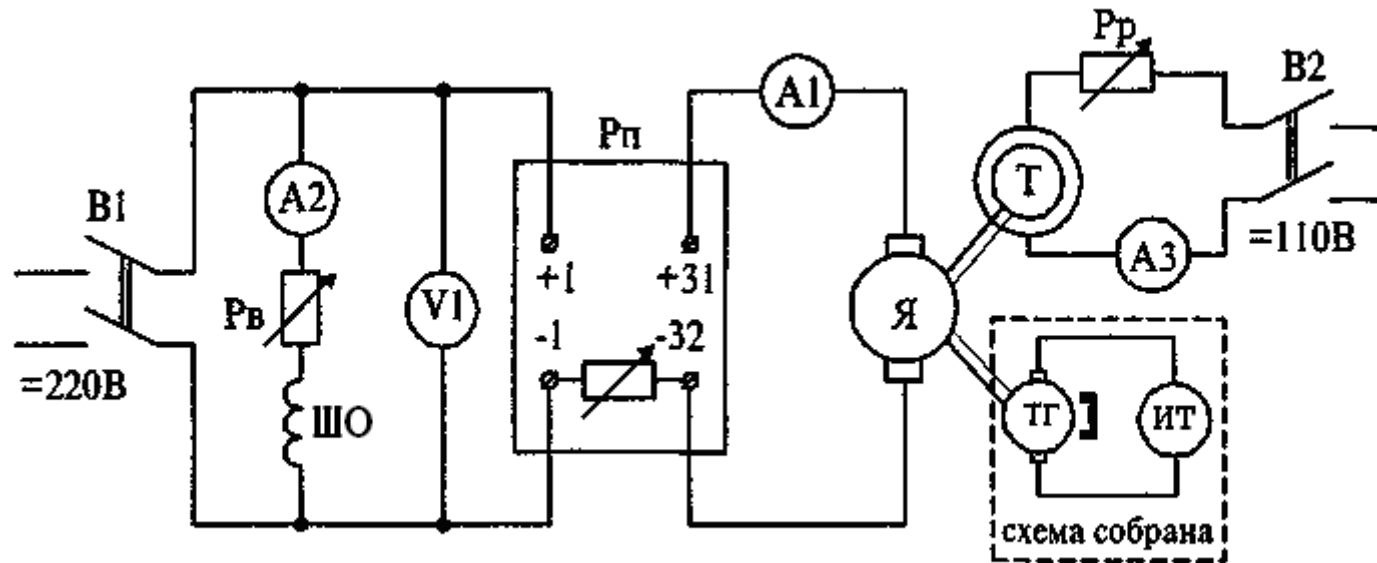
г) характеристики ДПТ согласно п. 5;

д) **подписанный** преподавателем **протокол** с опытными данными.

Таблица

Операция	Измерено					Вычислено		
	$A_1$	$A_2$	$V_I$	$ИТ$	$T$	–	–	–
Приборы	$I_a$	$I_b$	$U_c$	$n$	$M$	$P_1$	$P_2$	$\eta$
Ед. изм.	А	А	В	об/мин	кГм	Вт	Вт	%
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								

Принципиальная электрическая схема к лабораторной работе № 5  
«Исследование двигателя постоянного тока (ДПТ)  
с параллельным возбуждением»



## Лабораторная работа № 6

### Изучение конструкций электрических машин постоянного тока (МПТ)

#### Стенды с макетами машин постоянного тока и плакаты

##### I. Цель работы

Изучение устройства, конструктивов МПТ и материалов, применяемых в электрических машинах.

##### II. Особенности стенда

Работа поставлена на макетах, предназначенных для изучения конструкций электрических машин постоянного тока. Макеты – это разрезанные серийные машины малой мощности и микромашины. В изучаемый объём также входят плакаты по курсу «Электротехника».

Данная лабораторная работа должна выполняться с обязательным использованием литературы.

##### III. Техника безопасности при работе на стенде

*Правило 1.* Обязательное выполнение требований по ТБ при работе в лаборатории.

##### IV. Содержание работы

- 4.1. Изучить общее устройство МПТ и их отдельные элементы на макетах, сделать эскиз.
- 4.2. Дать полную характеристику активных, изоляционных и конструкционных материалов на эскизе.
- 4.3. Сделать классификационное описание паспортных данных.
- 4.4. Оформить отчёт.

##### V. Программа работы

- 5.1. Изучить макеты двигателя постоянного тока с электромагнитным возбуждением (серии П) и тахогенератора с постоянными магнитами, обратить внимание на все пазы, отверстия, выступы, шлицы.
- 5.2. Каждому студенту или курсанту сделать подробный эскиз (можно разрез) одной машины непосредственно с макета, обратить внимание на фиксирование полюсов в станине, на крепление обмоток в пазах и лобовых частях, на конструкцию вентилятора и формирование путей охлаждающего воздуха.
- 5.3. Дать на эскизе перечень (на выноске) всех деталей и элементов машины с обязательной расшифровкой материалов, из которых они изготовлены.
- 5.4. В свободной форме каждому студенту или курсанту записать и расшифровать записанные паспортные данные машины серии П.
- 5.5. Изучить имеющиеся плакаты по ДПТ по курсу «Электротехника».

## VI. Оформление отчёта

Отчёт должен содержать:

- 6.1. Эскиз или разрез с названием деталей и элементов двигателя и используемых материалов.
- 6.2. Паспортные данные МПТ серии П с расшифровкой каждого параметра машины.
- 6.3. Дать в письменной форме описание принципа действия МПТ.
- 6.4. Отчёт выполняется каждым студентом или курсантом в бригаде.

## **Лабораторная работа №7**

### **Изучение конструкции трансформаторов и электрических машин переменного тока**

#### **Стенды с макетами трансформаторов, машин переменного тока и плакаты**

##### **I. Цель работы**

Изучение устройства, конструктивов трансформаторов, асинхронных двигателей (АД) с короткозамкнутым (КЗ) ротором и АД с фазным ротором (ФР) и материалов, применяемых в трансформаторах и машинах переменного тока.

##### **II. Особенности стенда**

Работа поставлена на макетах, предназначенных для изучения конструкций трансформаторов, АДс КЗ и АДс ФР. В изучаемый объём также входят плакаты по курсу «Электротехника». Макеты – это типовой трансформатор напряжения типа НТС-0,5 и разрезанные серийные асинхронные двигатели малой мощности.

Данная лабораторная работа должна выполняться с обязательным использованием литературы.

##### **III. Техника безопасности при работе на стенде**

*Правило 1.* Обязательное выполнение требований по ТБ при работе в лаборатории.

##### **IV. Содержание работы**

- 4.1. Изучить общее устройство трансформаторов, АД с КЗ, АД с ФР и их отдельные элементы на макетах, сделать эскиз.
- 4.2. Дать полную характеристику активных, изоляционных и конструкционных материалов на эскизе.
- 4.3. Сделать классификационное описание паспортных данных.
- 4.4. Оформить отчёт.

##### **V. Программа работы**

- 5.1. Изучить макеты трансформатора (типа НТС-0,5), АД с КЗ (типа А02), АД с ФР (типа АК51), обратить внимание на шихтованные сердечники, конструкцию катушек, пазов, охлаждения.
- 5.2. Каждому студенту или курсанту сделать подробный эскиз (можно разрез) одной машины непосредственно с макета, обратить внимание на фиксирование полюсов в станине, на крепление обмоток в пазах и лобовых частях, на конструкцию вентилятора и формирование путей охлаждающего воздуха.

5.3. Дать на эскизе перечень (с указанием стрелкой) всех деталей и элементов машины с обязательной расшифровкой материалов, из которых они изготовлены.

5.4. В свободной форме каждому студенту или курсанту записать и расшифровать записанные паспортные данные трансформатора (типа НТС) и АД с ФР (типа АК51).

5.5. Изучить имеющиеся плакаты по ДПТ по курсу «Электротехника».

## **VI. Оформление отчёта**

Отчёт должен содержать:

6.1. Эскиз или разрез с описанием деталей и элементов двигателя и используемых материалов.

6.2. Паспортные данные АД с ФР типа АК51 с расшифровкой каждого параметра машины.

6.3. Дать в письменной форме описание принципа действия однофазного трансформатора и трёхфазного АД с ФР.

6.4. Отчёт выполняется каждым студентом или курсантом в бригаде.



## Лабораторная работа № 8

### Исследование однофазного трансформатора

#### Стенд №11

#### I. Цель работы

Исследование основных эксплуатационных характеристик однофазного трансформатора.

#### II. Особенности стенда

Оборудование лабораторной работы установлено на типовом стенде. Все элементы схемы выведены на коммутационную панель и соединяются согласно принципиальной электрической схеме.

В состав стенда входят:

$V_1$  – выключатель;

АТР – автотрансформатор;

$A_0, A_1, A_2$  – амперметры;

$V_K, V_1, V_2$  – вольтметры;

$W_1, W_2$  – ваттметры;

ТР – исследуемый трансформатор;

П – переключатель;

$R_H$  – реостат нагрузки.

В качестве исследуемого трансформатора ТР используется однофазный трансформатор водозащищенного исполнения типа ОСВ (однофазный сухой водозащищённый). Регулирование напряжения, подводимого к исследуемому трансформатору, производится посредством автотрансформатора АТР. Измерение малых токов в первичной обмотке (в опыте холостого хода) производится амперметром  $A_0$ . В рабочем режиме измерение тока первичной обмотки производится амперметром  $A_1$ . Измерение малых первичных напряжений в опыте короткого замыкания производится вольтметром  $V_K$ . В рабочем режиме напряжение первичной обмотки измеряется вольтметром  $V_1$ .

Выбор режима работы (ХХ., КЗ., нагрузка  $R_H$ ) производится переключателем П.

Регулирование нагрузки производится реостатом нагрузки  $R_H$ .

Измерение мощности в первичной и вторичной цепях трансформатора производится ваттметрами  $W_1$  и  $W_2$ .

#### III. Техника безопасности

*Правило 1.* Обязательное выполнение требований по ТБ при работе в лаборатории.

*Правило 2.* Установку переключателя П в положение КЗ (короткое замыкание) производить при минимальном напряжении.

#### IV. Содержание работы

1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальную электрическую схему.
2. Исследовать характеристику холостого хода (**XX**)  $I_{10} = f(U_{10})$  (зависимость тока первичной обмотки  $I_{10}$  от напряжения на первичной обмотке  $U_{10}$  без нагрузки) трансформатора.
3. Исследовать внешнюю характеристику  $U_2 = f(I_2)$  (зависимость напряжения на вторичной обмотке  $U_2$  от тока нагрузки  $I_2$ ) трансформатора при номинальном напряжении на первичной обмотке  $U_1 = U_{1ном.}$
4. Исследовать характеристику короткого замыкания (**КЗ**)  $I_{1к} = f(U_{1к})$  (зависимость тока короткого замыкания первичной обмотки  $I_{1к}$  от напряжения на первичной обмотке  $U_{1к}$ ) трансформатора.
5. Произвести необходимые вычисления.
6. Выполнить графические построения.
7. Оформить отчёт.

#### V. Программа работы

##### 1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальную электрическую схему:

- а) записать паспортные (номинальные) данные с исследуемого трансформатора и приборов;
- б) изучить принципиальную электрическую схему (**схема собрана**) стенда, обязательно разобраться с назначением переключателя нагрузки «П» и тем, что измеряют приборы  $A_0, A_1, A_2, V_1, V_k, V_2, W_1, W_2$  (помнить о том, что в зависимости от положения переключателя «П» кнопки **Кн1** и **Кн2** переключаются **автоматически**);
- в) привести схему в исходное состояние:
  - выключатель  $V_1$  выключен (ручка выключателя в горизонтальном положении);
  - установить **АТР** в исходное положение (первичное напряжение  $U_1 = 0$ ) вращением маховика автотрансформатора **АТР** до упора по часовой стрелке;
  - переключатель «П» в положении «**холостой ход (XX)**»;
  - ползунок реостата  $R_n$  в крайнем верхнем положении.

##### 2. Исследовать характеристику холостого хода трансформатора:

- а) включить выключатель  $V_1$ ;
- б) вращая маховик автотрансформатора **АТР** против часовой стрелки, изменять напряжение  $U_1$  (вольтметр  $V_1$ ) от **0** до **250В** (обязательно пройдя точку  $U_1 = U_{1ном.} = 220В$ ), записывая показания приборов для 5÷6 точек характеристики **XX** в табл. 1;
- в) привести схему в исходное состояние (п. 1в).

##### 3. Исследовать внешнюю характеристику трансформатора:

- а) перевести переключатель «П» в положение «**нагрузка  $R_n$** »;

- б) проверить минимальную нагрузку (движок реостата  $P_n$  в крайнем верхнем положении);
- в) включить выключатель  $B_1$ ;
- г) вращая маховик автотрансформатора АТР против часовой стрелки, установить напряжение  $U_1 = U_{1ном.} = 220В$  (вольтметр  $V_1$ );
- д) изменять нагрузку (ток  $I_2$  от минимума до  $I_2 = 1,2 I_{2ном.} (2,5А)$ , амперметр  $A_2$ ) реостатом  $P_n$  (обязательно пройдя точку  $I_2 = I_{2ном.}$ ), записывая показания приборов для 5-ти точек внешней характеристики в табл. 2. **Помнить**, что с изменением тока нагрузки  $I_2$  напряжение  $U_2$  **изменяется мало**, поэтому требуется более **внимательно и точнее** снимать показания с вольтметра  $V_2$ ;
- е) привести схему в исходное состояние (п. 1в).

#### 4. Исследовать характеристику короткого замыкания трансформатора:

- а) перевести переключатель «П» в положение «**короткое замыкание (КЗ)**»;
- б) **вычислить** номинальное напряжение КЗ  $U_{1К} = u_k (\%) \cdot U_{1н}/100\%$  через паспортные данные;
- в) включить выключатель  $B_1$ ;
- г) вращая маховик автотрансформатора АТР против часовой стрелки, изменять напряжение  $U_1$  (вольтметр  $V_k$ ) от 0 до  $1,2 U_{1К}$  (обязательно пройдя точку  $I_{1ном.}$ ), записывая показания приборов для 5-ти точек характеристики КЗ в табл. 3;
- д) привести схему в исходное состояние (п. 1в).

#### 5. Произвести необходимые вычисления:

- а) вычислить коэффициент трансформации по напряжению  $k_u = E_{10}/E_{20} \sim U_{10}/U_{20}$  по данным табл. 1;
- б) вычислить к.п.д. трансформатора  $\eta = P_2/P_1 \cdot 100\%$  по данным табл. 2;
- в) вычислить коэффициент трансформации по току  $k_i = I_{2К}/I_{1К}$  по данным табл. 3.

#### 6. Построить характеристики трансформатора:

- а) по данным табл. 1 и 3 в одних координатных осях и соответствующих масштабах построить характеристики ХХ  $I_{10} = f(U_{10})$  и КЗ  $I_{1К} = f(U_{1К})$  трансформатора, характеристики обязательно обозначить и проставить на них номинальные точки  $U_{1ном.}, I_{10}, U_{1К}, I_{1ном.}$ ;
- б) по данным табл. 2 построить внешнюю характеристику  $U_2 = f(I_2)$  и характеристику к.п.д.  $\eta = f(I_2)$  трансформатора, характеристики обязательно обозначить и проставить на них номинальные точки  $U_{2ном.}, I_{2ном.}, \eta_{ном.}$ .

## VI. Содержание отчёта

### Отчёт должен содержать:

- а) паспортные данные оборудования согласно п. 1а;
- б) принципиальную схему к лабораторной работе, **обязательно** выполненную с помощью чертёжных инструментов;

- в) табл. 1-3 с экспериментальными и расчётными данными;  
 г) характеристики трансформатора согласно п. 5;  
 д) **подписанный** преподавателем **протокол** с опытными данными.

Таблица 1

Операция	Измерено				Вычислено
Приборы	$A_0$	$V_1$	$W_1$	$V_2$	–
Параметр	$I_{10}$	$U_{10}$	$P_0$	$U_{20}$	$k_u$
Ед. измер.	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Bт</b>	<b>B</b>	–
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					

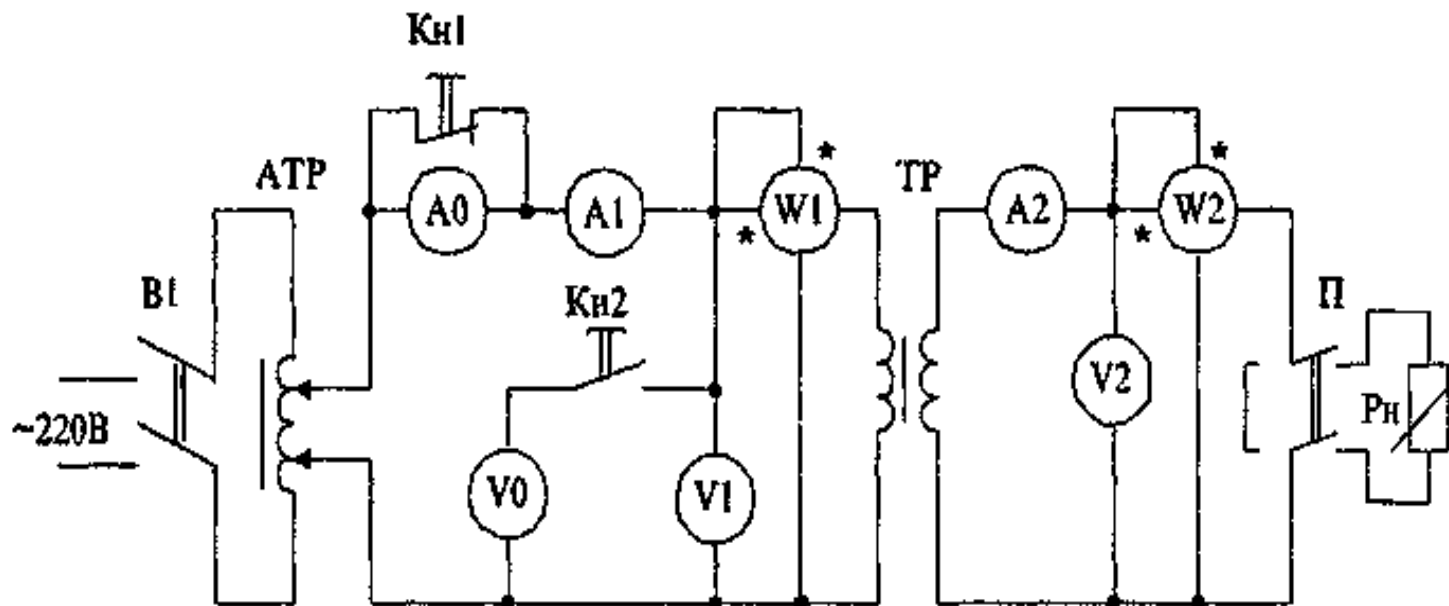
Таблица 2

Операция	Измерено						Вычислено
Приборы	$A_1$	$V_1$	$W_1$	$A_2$	$V_2$	$W_2$	–
Параметр	$I_1$	$U_1$	$P_1$	$I_2$	$U_2$	$P_2$	$\eta$
Ед. измер.	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Bт</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Bт</b>	<b>%</b>
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

Таблица 3

Операция	Измерено				Вычислено
Приборы	$A_1$	$V_K$	$W_1$	$A_2$	–
Параметр	$I_{1K}$	$U_{1K}$	$P_K$	$I_{2K}$	$k_i$
Ед. измер.	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Bт</b>	<b>A</b>	–
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Принципиальная электрическая схема к лабораторной работе № 8  
«Исследование однофазного трансформатора»



## Лабораторная работа № 9

### Исследование асинхронного трехфазного двигателя с фазным ротором (АД с ФР)

#### Стенд №9

#### I. Цель работы

Исследование основных эксплуатационных характеристик АД с фазным ротором.

#### II. Особенности стенда

Оборудование лабораторной работы установлено на типовом стенде. Все элементы схемы выведены на коммутационную панель и соединяются согласно принципиальной электрической схеме.

В состав стенда входят:

$B_1, B_2$  – выключатели;

$A_1, A_2, A_3$  – амперметры;

$V_1$  – вольтметр;

$kW$  – киловаттметр;

$D$  – асинхронный двигатель;

$T$  – тормоз;

$ИС$  – указатель частоты вращения;

$R_p$  – регулировочный реостат;

$R_{II}$  – добавочный реостат.

В качестве исследуемого двигателя установлен типовой трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором. Изменение сопротивления ротора производится включением добавочных сопротивлений  $R_{II}$  посредством контроллера, расположенного слева у стенда.

В качестве нагрузочного устройства выбран электромагнитный тормоз Панасенкова. Изменение момента нагрузки осуществляется регулировочным реостатом  $R_p$ , расположенным на левой стенке стенда.

#### III. Техника безопасности

*Правило 1.* Обязательное выполнение требований по ТБ при работе в лаборатории.

*Правило 2.* Помнить о том, что стенд в рабочем состоянии находится под напряжениями 380 и 220 В, опасными для жизни.

#### IV. Содержание работы

1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальную электрическую схему.

2. Исследовать механическую характеристику  $n_2 = f(M)$  (частоту вращения ротора  $n_2$  от момента  $M$  на валу) асинхронного двигателя с фазным ротором (АД с ФР):

– для номинального (естественного) режима (сопротивление пускового реостата  $R_n$  равно нулю);

– для искусственного режима (сопротивление  $R_n$  не равно нулю).

3. Произвести необходимые вычисления.

4. Выполнить графические построения.

5. Оформить отчет.

## V. Программа работы

**1. Ознакомиться с оборудованием стенда, изучить принципиальную электрическую схему:**

а) записать номинальные паспортные данные непосредственно с исследуемого АД с ФР и приборов;

б) изучить принципиальную электрическую схему (**схема собрана**) стенда, обязательно разобраться с назначением всех элементов стенда и тем, что измеряют приборы  $V_1$ ,  $A1$ ,  $W$ ,  $A2$ ,  $A3$ ,  $ИС$ , назначением и шкалой электромагнитного тормоза  $T$  и схемой соединения обмоток статора АД с ФР (обмотки ротора соединены «звездой»);

в) привести схему в исходное состояние:

– выключатели  $B_1$ ,  $B_2$  выключены (ручки выключателей в горизонтальном положении);

– реостат  $R_n$  установлен в положение «**О**»; помнить о том, что реостатом  $R_n$  АД с ФР отключается от сети, если стрелка указывает на «**О**» и при вращении маховика реостата  $R_n$  по часовой стрелке его сопротивление (вводимое в цепь ротора) изменяется от 3,2 Ом (положение «**1**») до короткого замыкания (положение «**5**»);

– реостат  $R_p$  введен (ползунок в крайнем верхнем положении).

**2. Исследовать механические характеристики АД с ФР:**

а) запустить АД в режиме холостого хода включением  $B_1$  и последующим вращением маховика реостата  $R_n$  по часовой стрелке до упора (положение «**5**»); показания приборов для холостого хода ( $M=0$ ) и естественной характеристики записать в таблицу;

б) выключателем  $B_2$  подключить электромагнитный тормоз  $T$  к сети 110В (**от сопротивления** реостата  $R_p$  зависит ток в цепи тормоза  $T$  (амперметр  $A3$ ), что **позволяет изменять тормозной момент** на валу АД с ФР; отсчет момента для двух грузов производить по **верхней шкале**);

в) изменяя реостатом  $R_p$  тормозной момент так, чтобы ток статора АД изменялся от **6А** до **10А** (амперметр  $A1$ ), записать показания приборов и тормоза соответственно для **4÷5** значений тока статора в таблицу, измерение момента производить по **верхней шкале** тормоза;

- г) вернуть реостат  $R_p$  в верхнее положение и выключить  $B_2$ ; перевести пусковой реостат из положения «5» в положение «3» для снятия искусственной механической характеристики (сопротивление  $R_n$  равно 2,1 Ом);
- д) показания приборов для холостого хода ( $M=0$ ) и искусственной характеристики записать во вторую часть таблицы;
- е) повторить п. 2(б, в) для искусственной характеристики, но для тока статора в пределах 6÷9А, записать показания приборов для 4÷5 точек во вторую часть таблицы;
- ж) привести схему в исходное состояние (п. 1в).

**3. Записать в протоколе с опытными данными вариант изменения направления вращения АД с ФР, опираясь на теоретические сведения и принципиальную схему стенда.**

**4. Произвести необходимые вычисления:**

- а) мощность на валу АД  $P_2 = 1,028 M n_2$ ;
- б) полная мощность, потребляемая от сети,  $S_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1$ ;
- в) коэффициент мощности, потребляемой АД,  $\cos \varphi_1 = P_1/S_1$ ;
- г) коэффициент полезного действия  $\eta = P_2/P_1 \times 100\%$ ;
- д) скольжение ротора  $s = (n_1 - n_2)/n_1$  ( $n_1$  определить через число пар полюсов АД с ФР путём анализа номинальной (паспортной) частоты вращения ротора АД  $n_{2ном.}$ );
- е) частоту тока ротора  $f_2 = f_1 \cdot s$ , где  $f_1$  – частота 3<sup>x</sup>-фазной сети (50 Гц).

**5. Построить характеристики АД с ФР:**

по данным таблицы в одних координатных осях построить рабочие характеристики АД:  $n_2 = f(M)$ ,  $s = f(M)$ ,  $I_2 = f(M)$ ,  $P_2 = f(M)$ ,  $\cos \varphi_1 = f(M)$ ,  $\eta = f(M)$  отдельно для естественного (сопротивление  $R_n$  равно нулю) и для искусственного (сопротивление  $R_n$  равно 2,1 Ом) режимов, каждую характеристику **обязательно** обозначить. Из-за ограниченных возможностей стенда не получается исследовать механические характеристики до требуемых значений момента нагрузки  $M$  на валу АД (до  $1,2 M_{ном.} = 1,2 \cdot P_{2ном.}/1,028 \cdot n_{2ном.} = 1,2 \cdot 2,0$  кГм), или тоже до тока  $I_1$  (до  $1,2 I_{1ном.} = 1,2 \cdot 11,5$ А), поэтому **обязательно** все характеристики, построенные по данным таблицы необходимо продолжить штрих-пунктирными линиями до значений  $1,2 M_{ном.}$ , сохраняя характер изменения уже построенных зависимостей по данным таблицы. После этого необходимо **проставить** на характеристиках номинальные точки  $n_{2ном.}$ ,  $S_{ном.}$ ,  $M_{ном.}$ ,  $P_{2ном.}$ ,  $I_{1ном.}$ ,  $\cos \varphi_{1ном.}$ ,  $\eta_{ном.}$ .

## VI. Содержание отчета

**Отчет должен содержать:**

- а) паспортные данные оборудования согласно п. 1а;
- б) принципиальную схему к лабораторной работе, **обязательно** выполненную с помощью чертёжных приспособлений;

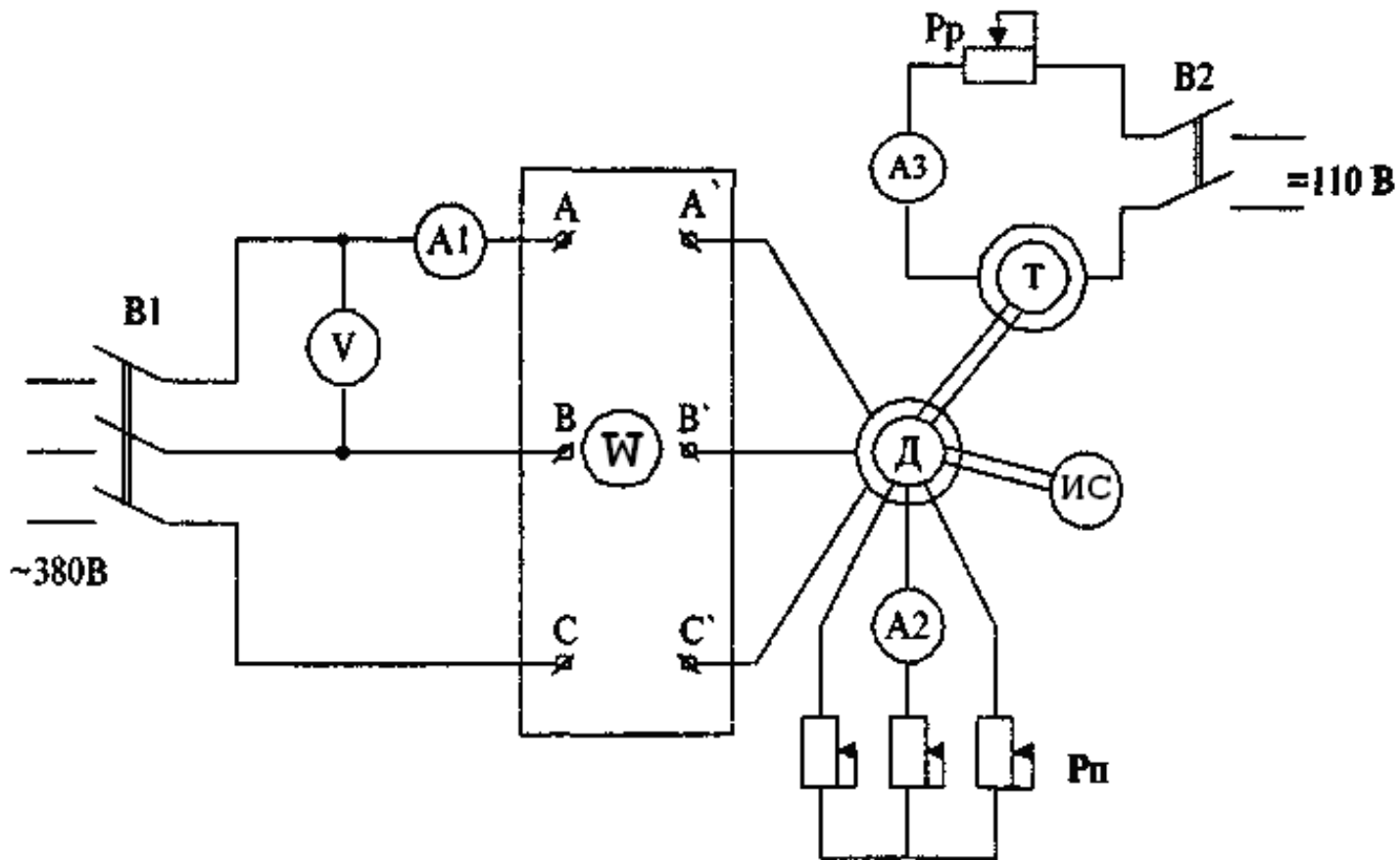


- в) таблицу с экспериментальными и расчетными данными;  
 г) характеристики АД с ФР согласно п. 5;  
 д) **подписанный** преподавателем **протокол** с опытными данными.

Таблица

Операция	Измерено					Вычислено					
	$V_1$	$A_1$	$kW$	$T$	$ИС$	–	–	–	–	–	–
Приборы	$U_1$	$I_1$	$P_1$	$M$	$n_2$	$P_2$	$S_1$	$\cos \varphi_1$	$\eta$	$s$	$f_2$
Ед. изм.	В	А	Вт	кГм	об/мин	Вт	ВА	–	%	–	Гц
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											

Принципиальная электрическая схема к лабораторной работе № 9  
«Исследование асинхронного трехфазного двигателя  
с фазным ротором (АД с ФР)»



## Форма представления отчёта по лабораторной работе

МГУ имени адм. Г. И. Невельского кафедра ТОЭ		
<b>Факультет, институт</b>	<b>Лабораторная работа № ____</b>	<b>Курсант, студент</b>
	название работы	
<b>Группа</b>	по курсу _____ название курса	<b>Преподаватель</b>
1. Цель работы.....		
2. Схемы соединений.....		
3. Приборы, машины, аппараты.....		
4. Результаты измерений и вычислений.....		
5. Результаты построений.....		

## Памятка для оформления лабораторных работ

### Паспортные данные (пример):

Вольтметры: Э378  $\sim$   $\text{⊗}$   $\text{☆}$   $\text{⊥}$  1,5 0 ÷ 250 В;

Э533  $\approx$   $\text{⊗}$   $\text{☆}$   $\text{⊥}$  75; 150; 300; 450; 600 В.

Амперметры: Э514  $\approx$   $\text{⊗}$   $\text{☆}$   $\text{⊥}$  1; 2 А;

Э525  $\approx$   $\text{⊗}$   $\text{☆}$   $\text{⊥}$  0,5; 1А.

Ваттметр: Д539  $\approx$   $\text{⊗}$   $\text{☆}$   $\text{⊥}$  2,5; 5 А; 75; 150; 300; 600 В.

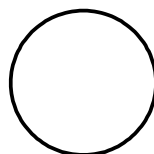
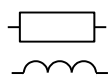
### При построении электрической схемы использовать стандартные размеры:

Резистор: 10×4 мм

Катушка:  $R = 1,5 \div 4$  мм

Конденсатор: 8×1,5 мм

Диаметр приборов  $D = 10$  мм

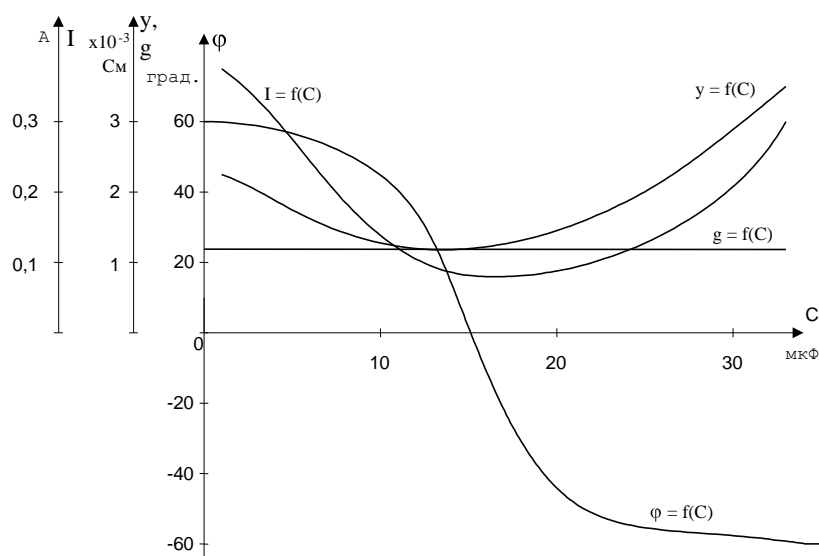


Диаметр Эл. машин  $D = 20$  мм

**Масштаб** должен выражаться числами:

$1 \cdot 10^n$ ,  $2 \cdot 10^n$ ,  $2,5 \cdot 10^n$ ,  $4 \cdot 10^n$  и  $5 \cdot 10^n$ , где  $n$  - целое положительное или отрицательное число

### Пример графиков:



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев. Д.С. Введение в электротехнику [Текст]: учеб. пособие / Д.С. Николаев. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2007. – 75 с.
2. Электротехника и электроника: Учебное пособие для вузов / В.В. Кононенко [и др.]. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 752 с.: илл. – (Высшее образование).

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Инструкция ТБ-2 по технике безопасности при работах в лаборатории "Общая электротехника" .....	3
Общие указания к выполнению лабораторных работ .....	4
Лабораторная работа № 1	
Потенциальная диаграмма цепи постоянного тока .....	7
Лабораторная работа № 2	
Исследование простейших электрических цепей переменного тока .....	12
Лабораторная работа № 3	
Резонансные явления в простейших электрических цепях .....	17
Лабораторная работа № 4а	
Исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении нагрузки звездой .....	22
Лабораторная работа № 4б	
Исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении нагрузки треугольником .....	27
Лабораторная работа № 5	
Исследование двигателя постоянного тока (ДТП) с параллельным возбуждением .....	32
Лабораторная работа № 6	
Исследование конструкций электрических машин постоянного тока (МПТ) .....	37
Лабораторная работа № 7	
Изучение конструкций трансформаторов и электрических машин переменного тока .....	39
Лабораторная работа № 8	
Исследование однофазного трансформатора .....	41
Лабораторная работа № 9	
Исследование асинхронного трехфазного двигателя с фазным ротором (АД с ФР) .....	46
Форма представления отчёта по лабораторной работе .....	51
Памятка для оформления лабораторных работ .....	52
Список литературы .....	53