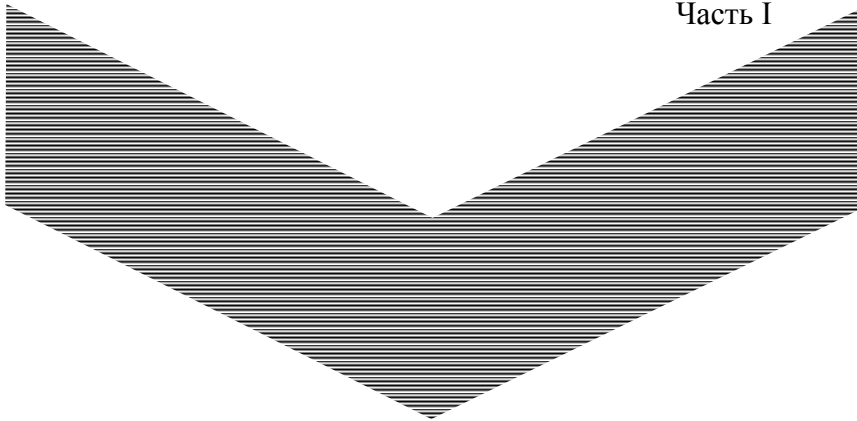


Н.Г. ЧЕРНЫШОВ

# ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Часть I



Издательство ТГТУ

**Н.Г. ЧЕРНЫШОВ**

**ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**

**Часть I**

*Рекомендуется УМО по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации для межвузовского использования для студентов, обучающихся по направлению 551100 и специальностям 200800 и 220500*

Тамбов  
Издательство ТГТУ  
2004

УДК 621.3  
ББК 32я73-5  
Ч49

Рецензент  
Кандидат технических наук, доцент  
*Е.А. Смирнов*

Ч49 **Чернышов Н.Г.** Общая электротехника и электроника: Лаб. работы. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. Ч. 1. 36 с.

Приведены описания лабораторных работ по исследованию электрических цепей и свойств элементов в составе этих цепей, даны методики измерений важнейших параметров электрических цепей и элементов входящих в них.

Издание предназначено для студентов дневного и заочного отделений специальности 200800.

УДК 621.3

ББК з2я73-5

© Н.Г. Чернышов, 2004

© Тамбовский государственный  
технический университет (ТГТУ),  
2004

Учебное издание

ЧЕРНЫШОВ Николай Генрихович

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Лабораторные работы

Редактор З.Г. Чернова

Компьютерное макетирование М.А. Филатовой

Подписано к печати 27.05.2004

Формат 60 × 84/16. Гарнитура Times. Бумага офсетная. Печать офсетная

Объем: 2,09 усл. печ. л.; 2,0 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. С. 370<sup>М</sup>

Издательско-полиграфический центр

Тамбовского государственного технического университета

392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Подготовка к лабораторным работам

*Предварительно ознакомиться с графиком выполнения лабораторных работ. Лабораторная работа, пропущенная студентом по неуважительной причине, отрабатывается по разрешению заведующего кафедрой по отдельному расписанию.*

Ознакомиться с описанием соответствующей лабораторной работы и установить, в чем состоит ее основная цель и задача.

Изучить теоретический материал, относящийся к данной лабораторной работе, по лекционному курсу и соответствующим литературным источникам.

До проведения лабораторных работ выполнить подготовку, содержащую: схемы, таблицы измерений и расчетные формулы, порядок выполнения.

### Требования к выполнению лабораторных работ

1 К выполнению лабораторной работы допускаются только подготовившиеся к этой работе студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

2 Перед сборкой схемы ознакомиться с электрическим оборудованием и измерительными приборами, предназначенными для проведения лабораторной работы.

3 Приступая к сборке схемы, необходимо прежде всего убедиться в том, что напряжение на стенде отключено.

4 При сборке схемы строго руководствоваться порядком выполнения лабораторной работы.

5 При сборке схемы необходимо обеспечивать достаточную плотность и надежность контактов.

6 После окончания сборки схема должна быть предъявлена для проверки. Схема включается под напряжение только с разрешения преподавателя, ведущего занятия, или дежурного лаборанта.

7 Запись показаний приборов в процессе выполнения лабораторной работы следует проводить по возможности одновременно и быстро, строго соблюдая при этом правила эксплуатации измерительных средств.

8 Результаты измерений заносятся каждым студентом в отчет.

9 После выполнения лабораторной работы результаты предъявляются для проверки преподавателю до разборки схемы.

10 После окончания работы в лаборатории рабочее место должно быть приведено в надлежащий порядок.

11 В течение всего времени занятий в лаборатории студенты обязаны находиться на своих рабочих местах. Выходить из помещения лаборатории во время занятий студенты могут только с разрешения преподавателя.

### Требования к отчетам по лабораторным работам

При составлении отчета по лабораторной работе необходимо руководствоваться следующими положениями:

1 В отчете должны быть указаны порядковый номер и название лабораторной работы, а также кратко сформулирована цель работы.

2 Схемы и графики должны быть вычерчены карандашом с помощью чертежных инструментов с соблюдением буквенных и графических условных обозначений или выполнены на персональном компьютере.

3 Студенты, не предъявившие в начале лабораторного занятия оформленного отчета по предыдущей работе, к выполнению следующей не допускаются.

4 Если при выполнении лабораторной работы применяется персональный компьютер и соответствующие программные средства, то в отчет должна вклеиваться распечатка результатов.

# ИЗМЕРЕНИЕ ТОКОВ, НАПРЯЖЕНИЙ И СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРИБОРАМИ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ОТСЧЕТА В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Цель работы:** Ознакомиться с измерительными приборами непосредственного отсчета, методикой измерения токов, напряжений и сопротивлений в электрических цепях. Получить навыки применения законов Кирхгофа, закона Ома и методов эквивалентного преобразования электрической цепи.

## Задание

- 1 Измерить напряжения источников питания и сопротивления постоянных резисторов лабораторного стенда.
- 2 Собрать схемы для измерения сопротивлений по методу вольтметра и амперметра.
- 3 Произвести расчеты с использованием законов Кирхгофа, закона Ома и метода эквивалентного преобразования электрической цепи.

## Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с измерительными приборами и элементами лабораторного стенда.
- 2 Измерить основные параметры элементов лабораторного стенда:
  - а) включить питание и измерить напряжение источников питания  $E_1$  и  $E_2$ , установив регулятор напряжения источника  $E_1$  в крайнее правое положение;
  - б) выключить питание и измерить значения сопротивлений  $R_1, R_2, R_3, R_4$ ;
  - в) занести полученные результаты в табл. 1.1.

ТАБЛИЦА 1.1

Измерения							Вычисления
$E_1, \text{В}$	$E_2, \text{В}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R_3, \text{Ом}$	$R_4, \text{Ом}$	$R_{\text{экв}}, \text{Ом}$	$R_{\text{экв}}, \text{Ом}$

- 3 Используя метод эквивалентного преобразования:
  - а) рассчитать сопротивление электрической цепи, показанной на рис. 1.1;
  - б) собрать электрическую цепь, показанную на рис. 1.1, и экспериментально подтвердить правильность проведенных в п. 3(а) расчетов;
  - в) разобрать схему, занести полученные результаты в табл. 1.1
- 4 Произвести измерение сопротивления резистивной цепи методом амперметра и вольтметра:
  - а) собрать схему, показанную на рис. 1.2, включить питание и установить напряжение источника  $E_1 = 12 \text{ В}$ ;
  - б) используя показания амперметра и вольтметра, определить значение сопротивления  $R_{\text{н1}}$ ;
  - в) выключить питание, результаты занести в табл. 1.2, разобрать схему;
  - г) определить мощность, потребляемую нагрузкой  $R_{\text{н1}}$ , результат занести в табл. 1.2.
- 5 Экспериментально установить возможность применения законов Ома и первого закона Кирхго-

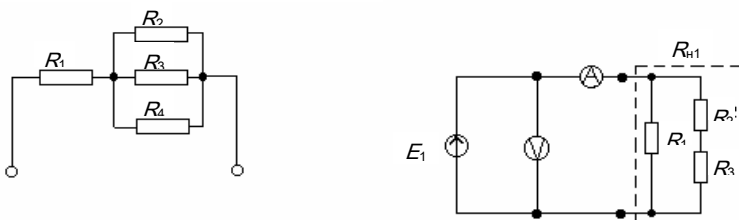


Рис. 1.2

фа для расчета разветвленной электрической цепи, для чего:

а) собрать схему, показанную на рис. 1.3;

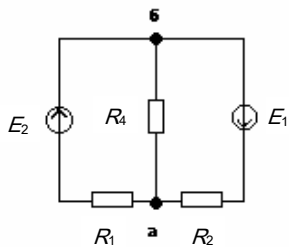


Рис. 1.3

- б) включить питание и установить напряжение источника  $E_1 = 10$  В;  
 в) измерить падения напряжений на резисторах, выключить питание, разобрать схему и занести полученные данные в табл. 1.3;  
 г) используя данные, полученные в п. 2 (б), и закон Ома, рассчитать токи протекающие через резисторы  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_4$ ; результаты занести в табл. 1.3;

д) записать уравнение первому закону Кирхгофа любого узла схемы и, подставив в него

полученные токи, подтвердить возможность применения первого закона Кирхгофа для расчета разветвленной электрической цепи.

Таблица 1.2

по  
для

Измерения		Вычисления	
$U$ , В	$I$ , мА	$R_{н1}$	$P$ , Вт

Таблица 1.3

Измерения			Вычисления		
$U_1$ , В	$U_2$ , В	$U_4$ , В	$I_1$ , мА	$I_2$ , мА	$I_3$ , мА

Таблица 1.4

Измерения	Вычисления				
	$I$ , мА	$U_1$ , В	$U_2$ , В	$U_3$ , В	$U_4$ , В

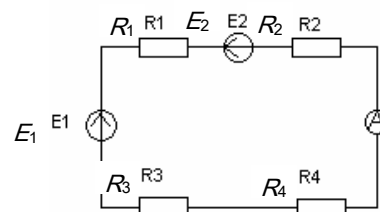


Рис. 1.4

6 Экспериментально установить возможность применения второго закона Кирхгофа для расчета неразветвленной электрической цепи, для чего:

- а) собрать схему, показанную на рис. 1.4;  
 б) включить питание и установить напряжение источника  $E_1 = 12$  В;  
 в) измерить величину тока, протекающего в схеме, выключить питание и разобрать схему;  
 г) используя результаты, полученные в п. 2(б), определить падения напряжений на резисторах схемы;  
 д) полученные результаты занести в табл. 1.4, разобрать схему;  
 е) записать для данной схемы уравнение по второму закону Кирхгофа и, подставив в него полученные значения, подтвердить правильность полученных результатов.

### Контрольные вопросы

- 1 Сформулируйте первый и второй законы Кирхгофа.
- 2 Сформулируйте закон Ома для цепи, содержащей источники эдс.
- 3 Поясните метод эквивалентного преобразования электрической цепи.
- 4 Поясните метод эквивалентного преобразования "треугольник-звезда".
- 5 Какие существуют способы измерения тока в электрической цепи?
- 6 Поясните принцип работы идеального и реального источника эдс.
- 7 Поясните принцип работы идеального и реального источника тока.
- 8 Каким образом изменится работа схемы на рис. 1.4, если в разрыв контура включить источник тока по направлению и величине, совпадающим с током в данной цепи?

9 В чем заключается принцип работы четырехплечего моста, и какие области применения его вы можете назвать?

10 Возможно ли, используя метод эквивалентного преобразования, упростить электрическую цепь на рис. 1.3?

## Лабораторная работа 2

### ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Цель работы:** Получить навыки экспериментального и расчетного определения токов и напряжений в разветвленной электрической цепи постоянного тока.

#### Задание

- 1 Измерить с помощью цифрового мультиметра основные параметры элементов электрической цепи.
- 2 Измерить токи в ветвях электрической цепи и падения напряжения на резистивных элементах цепи.
- 3 По экспериментальным данным рассчитать токи в ветвях методами непосредственного применения законов Кирхгофа, контурных токов, междузвонного напряжения и эквивалентного активного двухполюсника.

#### Порядок выполнения

- 1 Ознакомиться с измерительными приборами и элементами лабораторного стенда.
- 2 Измерить основные параметры элементов лабораторного стенда:
  - а) включить питание и измерить напряжение источников питания  $E_1$  и  $E_2$ , установив регулятор напряжения источника  $E_1$  в крайне правое положение;
  - б) выключить питание и измерить значения сопротивлений  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ ;
  - в) занести полученные результаты в табл. 2.1.

Таблица 2.1

$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$R_3$ , Ом	$R_4$ , Ом	$E_1$ , В	$E_2$ , В	$U(R_1)$ , В	$U(R_2)$ , В	$U(R_3)$ , В	$U(R_4)$ , В

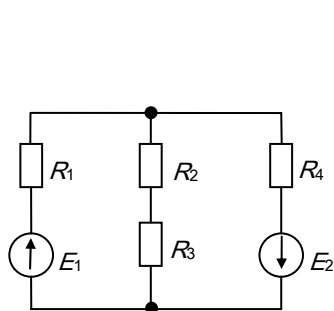


Рис. 2.1

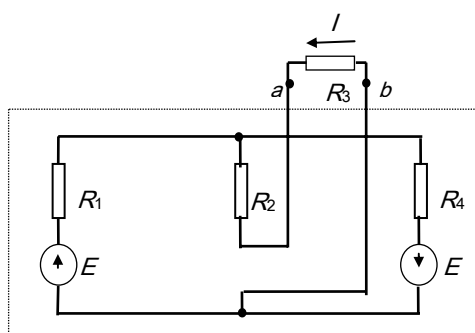


Рис. 2.2

- 3 Собрать схему, показанную на рис. 2.1; включить питание и произвести следующие измерения:
- измерить падения напряжения на резисторах  $R_1, R_2, R_3, R_4$ , данные занести в табл. 2.1;
  - измерить токи в ветвях цепи, данные занести в табл. 2.2;
  - выключить питание, разобрать схему.
- 4 По экспериментальным данным п. 2 определить:
- токи в ветвях методом непосредственного применения законов Кирхгофа;
  - токи в ветвях методом контурных токов;
  - токи в ветвях методом наложения;
  - токи в ветвях методом межузлового напряжения;
  - ток, протекающий через резистор  $R_3$ , методом эквивалентного активного двухполюсника (см. рис. 2.2);
  - результаты вычислений занести в табл. 2.2.

Таблица 2.2

	$I_1$ , мА	$I_2$ , мА	$I_3$ , мА
Измерено			
Вычислено по методу:			
а) непосредственного применения законов Кирхгофа			
б) методом контурных токов			
в) методом наложения			
г) методом межузлового напряжения			
д) эквивалентного активного двухполюсника	—		—

### Контрольные вопросы

- Для исследуемой электрической цепи запишите уравнения по первому и второму законам Кирхгофа.
- Сформулируйте сущность метода наложения.
- Сформулируйте сущность метода межузлового напряжения.
- Сформулируйте сущность метода контурных токов.
- Сформулируйте сущность метода эквивалентного активного двухполюсника.
- Каким образом влияет на напряжение холостого хода эквивалентного двухполюсника (рис. 2.2) резистор  $R_2$ ?
- Назовите основные режимы работы активного двухполюсника.
- Какими способами можно измерить токи в ветвях схемы на рис. 2.1?
- Изменится ли ток  $I_2$  на рис. 2.2 в случае замены источника эдс  $E_2$  на источник тока, со значением тока равного току в данной ветви до замены источника эдс?
- На основании данных полученных в п. 5(д) укажите, при каких номиналах резистора  $R_2$  активный двухполюсник на рис. 2.2 будет работать в согласованном и номинальном режимах?

Лабораторная работа 3

## НЕРАЗВЕТВЛЕННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА С АКТИВНО-РЕАКТИВНЫМИ СОПРОТИВЛЕНИЯМИ. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА НАПРЯЖЕНИЙ

**Цель работы:** Получить навыки экспериментального и расчетного определения явления резонанса напряжений в электрической цепи.

### ЗАДАНИЕ



- 1 Измерить с помощью цифрового мультиметра основные параметры элементов электрической цепи.
- 2 Определить резонансную частоту цепи.
- 3 По полученным данным провести расчеты.

### Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с измерительными приборами и элементами лабораторного стенда.
- 2 Измерить основные параметры элементов лабораторного стенда:
  - а) включить питание генератора;
  - б) установить минимальное сопротивление цепочки  $R = R_1 + R_2$ ;
  - в) измерить активное сопротивление катушки индуктивности и емкость конденсатора;
  - г) установить частоту генератора 250 Гц и измерить амплитуду напряжения  $E$  на его выходе, полученные результаты занести в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Измерения							Вычисления		
$R$ , Ом	$R_L$ , Ом	$E$ , В	$C$ , мкФ	$U_{\text{Срез}}$ , В	$f_{\text{рез}}$ , Гц	$U_{L\text{рез}}$ , В	$L$ , Гн	$\rho$ , Ом	$D$

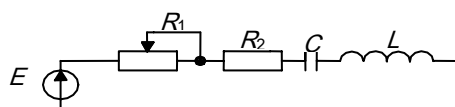


Рис. 3.1

- 3 Исследовать явление резонанса напряжений в цепи, для чего:
  - а) собрать схему, показанную на рис. 3.1, установить минимальное сопротивление цепочки  $R_1 + R_2$ ;
  - б) перестраивая частоту генератора от 150 до 500 Гц с шагом 50 Гц, для получения резонансных кривых измерить падения напряжений на цепочке  $R = R_1 + R_2$ , конденсаторе  $C$  и катушке индуктивности  $L$ ; результаты занести в табл. 3.2;

ТАБЛИЦА 3.2

Измерения				Вычисления					
$f$ , Гц	$U_R$ , В	$U_C$ , В	$U_L$ , В	$I$ , мА	$X_L$ , Ом	$X_C$ , Ом	$X$ , Ом	$Z$ , Ом	$R$ , Ом
150									
—									
—									
—									
500									

- в) полученные значения резонансной частоты, резонансных напряжений на конденсаторе  $C$  и катушке индуктивности  $L$  занести в табл. 3.1; разобрать схему;

- 4 Провести обработку полученных экспериментальных данных:

- а) определить характеристическое сопротивление и значение добротности при сопротивлении цепочки  $R = R_1 + R_2 = 10$  кОм, результаты занести в табл. 3.1;

- б) по результатам п. 3(б) рассчитать ток, потребляемый цепью при перестройке частоты, используя значения падения напряжения в цепочке  $R_1 + R_2$ ; результаты занести в табл. 3.2;
- в) рассчитать значение сопротивлений  $X_L$ ,  $X_C$ ,  $X = X_L - X_C$ ,  $R = R_1 + R_2 + R_L$ ,  $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$  при перестройке частоты генератора; результаты занести в табл. 3.2;
- г) на единой координатной плоскости построить резонансные зависимости для  $U_L$ ,  $U_C$ ,  $U_R$ ,  $I$  от частоты;
- д) на единой координатной плоскости изобразить частотные характеристики цепи – зависимости  $X_L$ ,  $X_C$ ,  $X$ ,  $R$ ,  $Z$  от частоты;
- е) определить индуктивность катушки, результат занести в табл. 3.1.

### Контрольные вопросы

- 1 *Приведите основные способы представления синусоидальных электрических величин.*
- 2 Опишите электрические процессы, происходящие в цепи переменного тока с идеализированным резистивным элементом.
- 3 Опишите электрические процессы, происходящие в цепи переменного тока с идеализированным емкостным элементом.
- 4 Опишите электрические процессы, происходящие в цепи переменного тока с идеализированным индуктивным элементом.
- 5 Опишите электрические процессы, происходящие в электрической цепи с последовательно включенными  $R$  и  $L$  элементами.
- 6 Опишите электрические процессы, происходящие в электрической цепи с последовательно включенными  $R$  и  $C$  элементами.
- 7 Опишите электрические и энергетические процессы, происходящие в цепи с последовательно включенными  $R$ ,  $L$ ,  $C$  элементами.
- 8 Что представляет собой резонанс напряжений, и какие условия необходимы для его возникновения?
- 9 Каким образом активное сопротивление цепи влияет на величину резонансного напряжения на  $L$  и  $C$  элементах?
- 10 Сформулируйте понятие добротности контура.

### Лабораторная работа 4

#### РАЗВЕТВЛЕННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА С АКТИВНО-РЕАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА ТОКОВ

**Цель работы:** Получить навыки экспериментального и расчетного определения явления резонанса токов в электрической цепи.

#### ЗАДАНИЕ

- 1 Измерить с помощью цифрового мультиметра основные параметры элементов электрической цепи.
- 2 Определить резонансную частоту цепи.
- 3 По полученным данным провести расчеты.

#### Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с измерительными приборами и элементами лабораторного стенда.
- 2 Измерить основные параметры элементов лабораторного стенда:
  - а) включить питание генератора;
  - б) измерить сопротивление резисторов  $R_3$  и  $R_4$ ;
  - в) измерить активное сопротивление катушки индуктивности и емкость конденсатора;

г) установить частоту генератора 250 Гц и измерить амплитуду  $E$  напряжения на его выходе, полученные результаты занести в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Измерения								
$R_3$ , Ом	$R_4$ , Ом	$R_L$ , Ом	$C$ , мкФ	$E$ , В	$f_{1рез}$ , Гц	$U_{1рез}$ , В	$f_{2рез}$ , Гц	$U_{2рез}$ , В

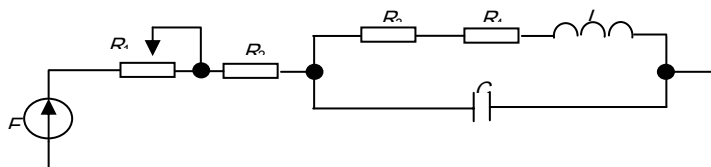


Рис. 4.1

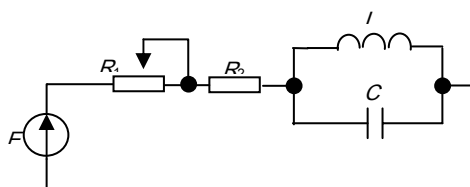


Рис. 4.2

3 Исследовать явление резонанса токов в цепи, для чего:

- установить сопротивление  $R_1 + R_2 = 9 \text{ кОм}$ ; собрать схему, показанную на рис. 4.1;
- перестраивая частоту генератора от 150 до 500 Гц с шагом 50 Гц для получения резонансной кривой измерить падение напряжения  $U_1$  на резисторе  $R = R_1 + R_2$ , результаты занести в табл. 4.2, разобрать схему;
- занести значение резонансной частоты  $f_{1рез}$  и падение напряжения при резонансе на цепочке  $R = R_1 + R_2$  в табл. 4.1.
- установить сопротивление цепочки  $R = R_1 + R_2 = 9 \text{ кОм}$ ; собрать схему, показанную на рис. 4.2.;
- перестраивая частоту генератора от 150 до 500 Гц с шагом 50 Гц для получения резонансной кривой, измерить падение напряжения  $U_2$  на резисторе  $R = R_1 + R_2$ ; результаты занести в табл. 4.2; разобрать схему;

Таблица 4.2

Измерения			Вычисления	
$F$ , Гц	$U_1$ , В	$U_2$ , В	$I_1$ , мА	$I_2$ , мА
150				
—				
—				
—				
500				

е) занести значение резонансной частоты  $f_{2рез}$  и падение напряжения при резонансе на цепочке  $R = R_1 + R_2$  в табл. 4.1.

4 Провести обработку полученных экспериментальных данных:

- по результатам пп. 3(б) и 3(г) рассчитать ток потребляемый цепью при перестройке частоты, используя значения падения напряжения на цепочке  $R = R_1 + R_2$ ;

б) полученные результаты занести в табл. 4.2.

### Контрольные вопросы

- 1 Сформулируйте понятие активной, реактивной и полной мощности электрической цепи.
- 2 Сформулируйте на примере понятие эквивалентной комплексной проводимости цепи, содержащей  $R$ ,  $L$  и  $C$  элементы.
- 3 Что представляет собой резонанс токов, и какие условия необходимы для его возникновения?
- 4 Опишите в сравнении, какие энергетические процессы происходят в цепи при резонансе токов и резонансе напряжений.
- 5 Дайте определение коэффициента мощности и назовите основные факторы, оказывающие влияние на его величину.
- 6 Сформулируйте способы повышения значения коэффициента мощности.
- 7 Возможно ли одновременное возникновение и резонанса токов и резонанса напряжений в цепи со смешанным (последовательно направленным) соединением нагрузок?
- 8 Сформулируйте, каким образом определяется проводимость ветвей разветвленной цепи с активно-реактивными элементами.
- 9 Опишите на примере правило построения векторной диаграммы для неразветвленной цепи.
- 10 Опишите на примере правило построения векторной диаграммы для разветвленной цепи.

### Лабораторная работа 5

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ С АКТИВНО-РЕАКТИВНЫМИ СОПРОТИВЛЕНИЯМИ

**Цель работы:** Получить навыки экспериментального и расчетного определения токов и напряжений в сложной электрической цепи переменного тока.

### Задание

- 1 Измерить основные параметры элементов электрической цепи.
- 2 Измерить токи в ветвях электрической цепи и падения напряжения на элементах цепи.
- 3 По экспериментальным данным рассчитать токи в ветвях и падения напряжения на элементах цепи.

### Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с измерительными приборами и элементами лабораторного стенда.
- 2 Измерить основные параметры элементов лабораторного стенда:
  - а) измерить сопротивления резисторов  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , индуктивность катушек  $L_1$ ,  $L_2$  и емкость конденсаторов  $C_1$ ,  $C_2$ ; данные занести в табл. 1;
  - б) включить питание и измерить напряжение источников  $E_1$  и  $E_2$ , данные занести в табл. 5.1;
  - в) выключить питание.
- 3 Измерить падения напряжения и токи в ветвях цепи, для чего:
  - а) собрать схему, показанную на рис. 5.1, включить питание;
  - б) измерить падения напряжения на всех элементах цепи, данные занести в табл. 5.2;
  - в) измерить токи в ветвях цепи и межузловое напряжение  $U_{ab}$ , данные занести в табл. 5.3;
  - г) выключить питание и разобрать схему.
- 4 По полученным экспериментальным данным определить:
  - а) используя данные, полученные в п. 2 рассчитать токи в ветвях схемы методом межузлового напряжения; данные занести в табл. 5.3;

б) используя рассчитанные в предыдущем пункте токи в ветвях схемы, а также данные п. 2, рассчитать падения напряжения на всех элементах цепи; результаты занести в табл. 5.2.

Таблица 5.1

Измерения								
$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$R_3$ , Ом	$L_2$ , Гн	$L_3$ , Гн	$C_1$ , мкФ	$C_2$ , мкФ	$E_1$ , В	$E_2$ , В

Таблица 5.2

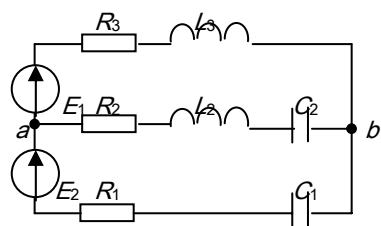


Рис. 5.1

Таблица 5.3

Элемент	Падение напряжения, В	
	Измерения	Вычисления
$R_1$		
$R_2$		
$R_3$		
$L_2$		
$L_3$		
$C_1$		
$C_2$		

Ток	Измерения	Вычисления
$I_1$ , мА		
$I_2$ , мА		
$I_3$ , мА		

### Контрольные вопросы

- 1 Поясните, в чем заключаются особенности расчета сложных электрических цепей переменного тока.
- 2 Применимы ли методы анализа и расчета электрических цепей постоянного тока к электрическим цепям переменного тока?
- 3 Возможно ли при определенных условиях возникновение резонанса напряжений в схеме на рис. 5.1?
- 4 Возможно ли при определенных условиях возникновение резонанса токов в схеме на рис. 5.1?
- 5 Возможно ли при определенных условиях одновременное возникновение резонанса токов и напряжений в схеме на рис. 5.1?
- 6 Каким образом рассчитываются падения напряжений на активных и реактивных элементах электрической цепи переменного тока?
- 7 Дайте определение линейного четырехполюсника и опишите его работу системой линейных уравнений.
- 8 Опишите Т-образную схему замещения четырехполюсника.
- 9 Опишите П-образную схему замещения четырехполюсника.
- 10 Опишите основные параметры, характеризующие симметричный четырехполюсник.

**Цель работы:** Получить навыки снятия вольтамперных характеристик (ВАХ) линейных и нелинейных элементов цепи и определения их рабочих режимов.

### Задание

- 1 Снять ВАХ линейной и нелинейной электрических цепей постоянного тока.
- 2 Используя метод пересечения характеристик, определить рабочую точку нелинейного элемента.
- 3 **Используя полученные ВАХ, произвести графоаналитическим методом расчет последовательной и параллельной нелинейных цепей постоянного тока.**

### Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с измерительными приборами и оборудованием стенда.
- 2 Снять ВАХ линейного элемента:
  - а) **собрать схему, показанную на рис. 6.1;**
  - б) изменяя напряжение на резисторе  $R_1$  от 0,05 до 0,7 В с шагом 0,05 В, снять его ВАХ;
  - в) разобрать схему, полученные результаты занести в табл. 6.1.

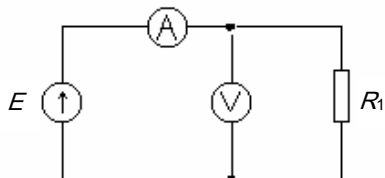


Рис. 6.1

- 3 Снять ВАХ нелинейного элемента:
  - а) собрать схему, показанную на рис. 6.2;

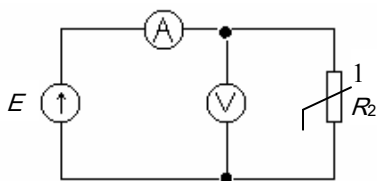


Рис. 6.2

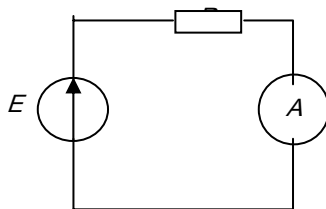


Рис. 6.3

- б) изменяя напряжение на нелинейном резисторе  $R_2$  от 0,05 до 0,7 В с шагом 0,05 В, снять его ВАХ;
- в) разобрать схему, полученные результаты занести в табл. 6.1.

4 Используя метод пересечения характеристик, определить рабочую точку нелинейного элемента:

- а) установить регулятор напряжения

на стенде в крайнее правое положение;

- б) определить напряжение холостого хода источника  $E$ ;
- в) собрать схему, показанную на рис. 6.3, и определить ток короткого замыкания  $I_K$ ;
- г) разобрать схему, построить нагрузочную прямую на графике ВАХ нелинейного элемента;
- д) определить рабочую точку нелинейного элемента;

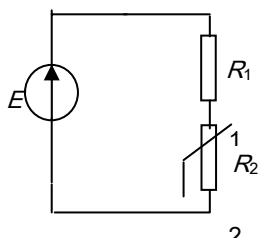


Рис. 6.4

- е) полученные результаты занести в табл. 6.2.

5 По полученным данным пп. 2 и 3 построить на единой координатной плоскости ВАХ  $R_1$  и  $R_2$ .

6 Используя ВАХ, полученные в пп. 2 и 3, произвести графоаналитическим методом расчеты:

- а) результирующей ВАХ последовательной цепи, показанной на рис. 6.4;
- б) результирующей ВАХ параллельной цепи, показанной на рис. 6.5.

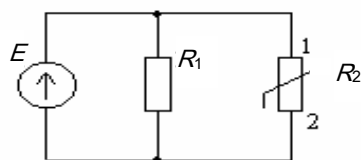


Таблица 6.2

Измерения		Вычисления	
$E_x, \text{В}$	$I_k, \text{А}$	Рабочая точка	
		$U_p, \text{В}$	$I_p, \text{мА}$

### Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение линейной и нелинейной электрических цепей.
- 2 Каким образом, возможно приблизить к линейному виду ВАХ нелинейного элемента?
- 3 Поясните метод кусочно-линейной аппроксимации нелинейной характеристики элемента.
- 4 Сформулируйте метод эквивалентных преобразований для анализа и расчета нелинейной электрической цепи.
- 5 **Сформулируйте метод пересечения характеристик для анализа и расчета нелинейной электрической цепи.**
- 6 Нарисуйте схему для снятия ВАХ нелинейных элементов.
- 7 Поясните особенности инерционных и безинерционных нелинейных элементов.
- 8 Будет ли оказывать влияние величина внутреннего сопротивления источника  $E$  (рис. 6.3) на положение рабочей точки нелинейного элемента?
- 9 Объяснить, каким образом будет определяться результирующая ВАХ электрической цепи, состоящей из двух параллельно и одного последовательно включенных нелинейных элементов.
- 10 Если в схеме на рис. 6.5 источник эдс  $E$  заменить на источник тока, а в качестве нелинейного элемента  $R_2$  использовать терморезистор, то будет ли меняться от температуры ток в ветви резистора  $R_1$ ?

### Лабораторная работа 7

#### ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

**Цель работы:** Получить навыки исследования переходных процессов в линейных электрических цепях при наличии одного и двух накопителей энергии. Установить влияние параметров исследуемой цепи на характер переходного процесса. Приобрести навыки применения электронного осциллографа для исследования и измерения быстропротекающих периодических несинусоидальных электрических величин.

#### ЗАДАНИЕ

- 1 Исследовать переходные процессы в  $R-C$ ,  $R-L$  и  $R-L-C$  цепях при подключении к генератору прямоугольных импульсов.
- 2 По экспериментальным данным определить параметры, характеризующие переходные процессы в исследуемых цепях, и сравнить их с соответствующими параметрами, полученными расчетным путем.

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Ознакомиться с измерительными приборами и элементами лабораторного стенда. При зарисовке осциллограмм в отчете необходимо указывать на них период сигнала, его амплитуду, амплитуду переходных процессов и их продолжительность.





---

Примечание. Все значения  $\tau$  выражены в микросекундах (мкс)

---

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Дайте определение установившегося и переходного процессов в электрической цепи.
- 2 Дайте определение постоянной времени электрической цепи.
- 3 Поясните, в течение какого промежутка времени переходный процесс в электрической цепи считается практически законченным.
- 4 Определите постоянную времени электрической цепи по экспериментальным зависимостям тока и напряжения переходного процесса.
- 5 Укажите, от каких параметров зависит постоянная времени неразветвленных  $R-C$ - и  $R-L$ -цепей.
- 6 Как определить емкость конденсатора или сопротивление резистора, на который разряжается конденсатор, по кривой его разрядки на экране осциллографа?
- 7 Напишите выражение для переходного напряжения на конденсаторе при включении  $R-C$ -цепи под постоянное напряжение.
- 8 Напишите выражение для переходного тока при включении электрической  $R-C$ -цепи под постоянное напряжение.
- 9 Назовите устройства, использующие явления, возникающие при переходных процессах в электрических цепях.
- 10 Дайте определение законов коммутации.

## Лабораторная работа 8

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

**Цель работы:** Исследовать режимы работы симметричного и несимметричного потребителей электрической энергии в трехфазной электрической цепи.

#### Задание

- 1 Исследовать трехпроводную и четырехпроводную трехфазные цепи при соединении потребителей электроэнергии звездой и установить соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями при симметричном и несимметричном режимах работы.
- 2 Исследовать трехфазную цепь при соединении потребителей треугольником и установить соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями.
- 3 Провести обработку полученных результатов.

#### Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с измерительными приборами и элементами лабораторного стенда.
- 2 Исследовать трехфазную цепь при соединении потребителей электрической энергии звездой по трехпроводной схеме, для чего:
  - а) установить симметричную нагрузку ( $R_a = R_b = R_c = 100 \text{ Ом}$ );
  - б) собрать схему, показанную на рис. 8.1, включить питание;

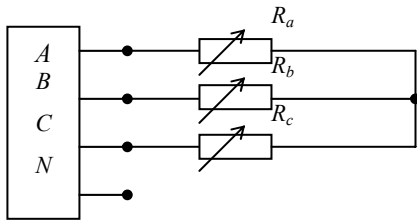


Рис. 8.1

- в) измерить фазные и линейные напряжения в цепи, данные занести в табл. 8.1;
- г) измерить фазные и линейные токи, данные занести в табл. 8.1;
- д) выключить питание, установить несимметричную нагрузку ( $R_a = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_b = 150 \text{ Ом}$ ,  $R_c = 200 \text{ Ом}$ ), включить питание;
- е) произвести измерения, описанные в пунктах (в) и (г); данные занести в табл. 8.1; выключить питание.

3 Исследовать трехфазную цепь при соединении потребителей электрической энергии звездой по четырехпроводной схеме, для чего:

- а) добавить к исследуемой цепи нейтральный провод (см. рис. 8.2);
- б) повторить измерения, проведенные в пунктах 2 (б – е); данные занести в табл. 8.1;
- в) выключить питание, разобрать схему.

4 Исследовать трехфазную цепь при соединении потребителей электрической энергии треугольником, для чего:

- а) установить симметричную нагрузку ( $R_a = R_b = R_c = 100 \text{ Ом}$ );
- б) собрать схему, показанную на рис. 8.3; включить питание;

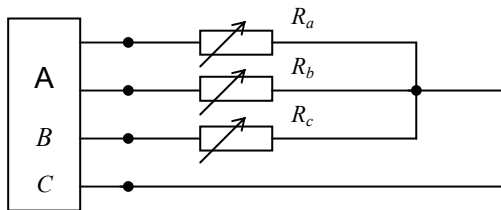


Рис. 8.2

- в) измерить линейные напряжения в цепи, данные занести в табл. 8.2;
- г) измерить линейные и фазные токи в цепи, данные занести в табл. 8.2, выключить питание;

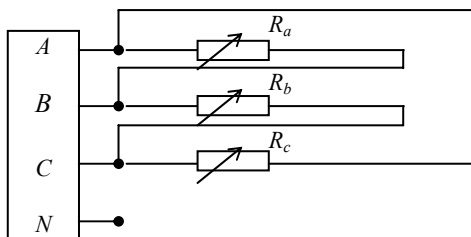


Рис. 8.3

- д) установить несимметричную нагрузку ( $R_a = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_b = 150 \text{ Ом}$ ,  $R_c = 200 \text{ Ом}$ ), включить питание;
  - е) произвести измерения, описанные в пунктах (в) и (г), данные занести в табл. 8.2;
  - ж) выключить питание, разобрать схему.
- 5 Провести обработку полученных экспериментальных данных:

а) по результатам пп. 2 и 3 рассчитать мощность, потребляемую каждой фазой и суммарную мощность потребителя; данные занести в табл. 8.1;

б) по результатам пп. 2 и 3 рассчитать отношение линейного напряжения к фазному, данные занести в табл. 8.1;

в) по результатам п. 4 рассчитать мощность, потребляемую каждой фазой и суммарную мощность потребителя; данные занести в табл. 8.2;

г) по результатам п. 4 рассчитать отношение линейного тока к фазному, данные занести в табл. 8.2;

д) по результатам п. 2 построить векторные диаграммы токов и напряжений для симметричной и несимметричной нагрузок.

Таблица 8.1

Схе- ма цепи	Измерения										Вычисления				
	$I_a,$ м А	$I_b,$ м А	$I_c,$ м А	$I_N,$ м А	$U_a,$ , В	$U_b,$ , В	$U_c,$ , В	$U_a,$ $U_b,$ $U_c,$ В	$U_b,$ $U_c,$ В	$U_a,$ $U_b,$ $U_c,$ В	$P_a,$ , Вт	$P_b,$ , Вт	$P_c,$ , Вт	$P,$ Вт	$\frac{U_{\text{л}}}{U_{\text{ф}}}$
Соединение звездой без нейтрального провода															
Сим- метри чная															
Не- сим- метри чная															
Соединение звездой с нейтральным проводом															
Сим- мет- рич- ная															
Не- сим- мет- рич- ная															

Таблица 8.2

Схема цепи	Измерения									Вычисления			
	$I_a,$ мА	$I_b,$ мА	$I_c,$ мА	$U_a,$ $U_b,$ В	$U_{cb},$ , В	$U_{ac},$ , В	$I_{ab},$ мА	$I_{cb},$ мА	$I_{ac},$ мА	$P_a,$ Вт	$P_b,$ Вт	$P_c,$ Вт	$P,$ Вт
Симмет ричная													
Несим- мет- ричная													

### Контрольные вопросы

- 1 Дайте определения трехфазной системы синусоидального тока.
- 2 Укажите способы соединения потребителей в трехфазной системе.

3 Объясните назначение нейтрального провода и поясните, почему в этот провод не включаются разъединители и предохранители.

4 Каково соотношение между фазными и линейными напряжениями и токами при соединении потребителей электроэнергии звездой и треугольником?

5 Укажите условия симметрии трехфазного потребителя электроэнергии.

6 Как изменятся напряжения и токи потребителя электроэнергии в четырехпроводной трехфазной симметричной системе при отключении нейтрального провода?

7 Чем может быть вызвано смещение нейтрали в нагрузке, подключенной по четырехпроводной схеме?

8 Изобразите схемы соединения обмоток трехфазного генератора звездой и треугольником и поясните их работу.

9 Запишите расчетные соотношения для полной, активной и реактивной мощностей в симметричной и несимметричной трехфазных цепях.

10 Изобразите векторные диаграммы напряжений и токов для симметричной нагрузки при включении ее по схеме звезды и треугольника.

## Лабораторная работа 9

### ИССЛЕДОВАНИЕ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ С МАГНИТОПРОВОДОМ

**Цель работы:** Получить навыки экспериментального и расчетного определения параметров катушки индуктивности с сердечником в цепи переменного тока.

#### Задание

- 1 Измерить основные параметры катушки индуктивности с сердечником.
- 2 Исследовать катушку индуктивности с сердечником в цепи переменного тока.
- 3 Провести обработку результатов измерений.

Основные характеристики исследуемой катушки индуктивности

Катушка выполнена на кольцевом ленточном магнитопроводе с площадью поперечного сечения  $S = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  и содержит  $w = 742$  витка, номинальное рабочее напряжение катушки 40 В.

#### Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с измерительными приборами и элементами лабораторного стенда. Занести в отчет по лабораторной работе технические данные исследуемой катушки индуктивности.

2 Измерить основные параметры элементов лабораторного стенда:

а) измерить индуктивность и активное сопротивление катушки, результат занести в табл. 9.1;

б) включить питание и измерить значение напряжения источника  $E$ , результат занести в табл. 9.1;

в) выключить питание.

3 Исследовать работу катушки индуктивности в цепи переменного тока, для чего:

а) установить максимальное значение цепочки  $R + R_{\text{доп}}$ ;

б) собрать схему, показанную на рис. 9.1, и включить питание;

в) снять ВАХ катушки, изменяя с помощью резистора  $R_{\text{доп}}$  ток в цепи от 5 до 30 мА с шагом 5 мА; данные занести в табл. 9.2;

г) выключить питание и разобрать схему.

4 Исследовать форму кривой тока в цепи с катушкой индуктивности, для чего:

- а) установить минимальное значение цепи  $R + R_{\text{доп}}$ ;
- б) собрать схему, показанную на рис. 9.2, и включить питание;
- в) подключить осциллограф параллельно цепи  $R + R_{\text{доп}}$ , снять осциллограмму кривой тока и занести ее в отчет;
- г) выключить питание и разобрать схему.

5 Провести обработку экспериментальных данных:

а) используя данные, полученные в п. 3 рассчитать мощность потерь энергии катушки для каждого значения тока, результаты занести в табл. 9.2;

б) используя данные, полученные в пп. 2 и 3 рассчитать мощность потерь энергии, обусловленную активным сопротивлением катушки для каждого значения тока; результаты занести в табл. 9.2;

в) на основании результатов предыдущих двух пунктов рассчитать мощность потерь энергии в стали на перемагничивание и вихревые токи для каждого значения тока; результаты занести в табл. 9.2;

г) используя результаты предыдущих трех пунктов рассчитать для каждого значения тока величину магнитного сопротивления, результаты занести в табл. 9.2;

д) на основании данных табл. 9.2 построить графические зависимости  $U(I)$ ,  $P(I)$ ,  $P_{\text{э}}(I)$ ,  $P_{\text{ст}}(I)$ ,  $R_0(I)$ .

Таблица 9.1

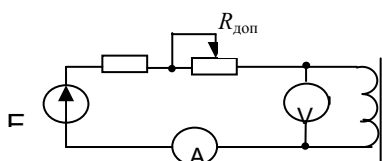


Рис. 9.1

Измерения		
$L$ , Гн	$R$ , Ом	$E$ , В

Таблица 9.2

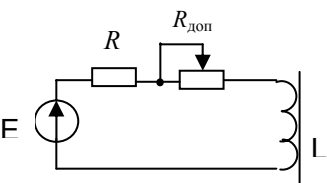


Рис. 9.2

Измерения		Вычисления			
$I$ , мА	$U$ , В	$P$ , Вт	$P_{\text{эл}}$ , Вт	$P_{\text{ст}}$ , Вт	$R_0$ , Ом
5					

–					
–					
–					
30					

### Контрольные вопросы

- 1 Что такое магнитная цепь и каковы назначение и области применения магнитных цепей?
- 2 Сформулируйте закон полного тока для магнитной цепи.
- 3 По каким признакам классифицируют магнитные цепи?
- 4 Поясните применение закона полного тока для расчета магнитных цепей.
- 5 Сформулируйте закон Ома для магнитной цепи.
- 6 Какая задача является прямой, а какая обратной при расчете неразветвленных магнитных цепей?
- 7 Какова методика расчета симметричных разветвленных магнитных цепей?
- 8 Чем объяснить влияние индуктивной катушки со стальным магнитопроводом, питаемой синусоидальным напряжением, на форму кривой тока?
- 9 Поясните схему замещения реальной катушки индуктивности со стальным магнитопроводом.
- 10 Что выражает кривая намагничивания и как ею пользоваться при расчетах магнитных цепей?

### Лабораторная работа 10

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

**Цель работы:** Ознакомиться с устройством и принципом работы однофазного трансформатора, получить навыки исследования работы однофазных трансформаторов.

#### Задание по работе

- 1 Провести опыт холостого хода исследуемого однофазного трансформатора.
- 2 Осуществить режим нагрузки однофазного трансформатора путем включения во вторичную цепь нагрузочных сопротивлений различных номиналов.
- 3 Провести опыт короткого замыкания однофазного трансформатора.
- 4 На основании полученных экспериментальных данных определить основные параметры трансформатора и построить его рабочую характеристику.

Основные характеристики исследуемого трансформатора

Трансформатор выполнен на кольцевом ленточном магнитопроводе с площадью поперечного сечения  $S = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ; первичная обмотка содержит  $w = 742$  витка, ее рабочее напряжение  $U_1 = 40 \text{ В}$ ; номинальный ток первичной обмотки  $I_{1\text{ном}} = 25 \text{ мА}$ , коэффициент мощности короткого замыкания  $\cos \varphi_k = 0,5$ , коэффициент мощности холостого хода  $\cos \varphi_x = 0,1$ .

#### Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с измерительными приборами и оборудованием лабораторного стенда, занести в отчет по лабораторной работе технические характеристики исследуемого трансформатора.
- 2 Провести опыт холостого хода трансформатора:
  - а) собрать схему, показанную на рис. 10.1;

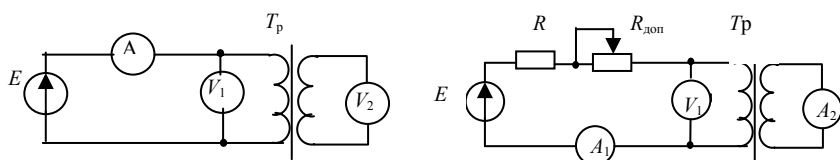


Рис. 10.1

Рис. 10.2

б) определить ток холостого хода в первичной обмотке  $I_{1x}$ , напряжение холостого хода  $U_{2x}$  на вторичной обмотке, напряжение холостого хода на первичной обмотке  $U_1$ , данные занести в табл. 10.1;

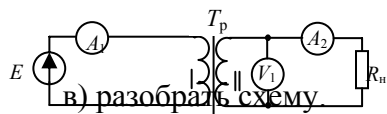


Таблица 10.1

3 Провести опыт короткого замыкания трансформатора:  
 а) собрать схему, показанную на рис. 10.2;  
 б) медленно вращая регулятор  $R_{доп}$  добиться того, чтобы амперметр  $A_1$  показывал ток равный номинальному току  $I_{1ном}$ ; снять показания амперметра  $A_2$  и вольтметра  $V_1$ ; данные занести в табл. 10.1;  
 в) разобрать схему.

4 Провести опыт нагрузки однофазного трансформатора:

а) измерить значения сопротивлений  $R_{н1}, R_{н2}, R_{н3}, R_{н4}, R_{н5}$ ;  
 б) собрать схему, показанную на рис. 10.3;

Таблица 10.2

Измерения					Вычисления		
Нагрузка	$R_n$ , Ом	$U_{2n}$ , В	$I_{1n}$ , мА	$I_{2n}$ , мА	$\beta$	$\eta$	$S$ , В·А
$R_{н1}$							
$R_{н2}$							
$R_{н3}$							
$R_{н4}$							
$R_{н5}$							

в) подключая к вторичной обмотке трансформатора поочередно нагрузочные резисторы  $R_{н1}, R_{н2}, R_{н3}, R_{н4}, R_{н5}$ , определить показания вольтметра  $V_2$  и амперметров  $A_1$  и  $A_2$ ; данные занести в табл. 10.2;  
 г) разобрать схему.

5 По результатам опыта холостого хода определить:

а) коэффициент трансформации и число витков вторичной обмотки;  
 б) активную мощность потерь холостого хода и магнитные потери мощности в магнитопроводе

$$P_1 = P_m = P_x = U_1 I_{1x} \cos \varphi_x;$$

в) амплитудные значения магнитного потока и магнитной индукции в сердечнике трансформатора

$$\Phi_m = U_{2x} / (4,44 f_1 w_2), \quad B_m = \Phi_m / S;$$

г) параметры намагничивающего контура (пренебрегая падением напряжений на  $R_1$  и  $X_1$  от  $I_0$ ):

$$R_0 = \frac{P_1}{I_{1x}^2}, \quad Z_0 = \frac{U_1}{I_{1x}}, \quad X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2};$$

д) полученные данные занести в табл. 10.3.

6 По результатам опыта короткого замыкания определить:

а) активную мощность потерь короткого замыкания и электрические потери мощности трансформатора

$$P_3 = P_k = U_{1к} I_{1к} \cos \varphi_k;$$

б) номинальный ток вторичной обмотки  $I_{2ном} = I_{2к}$ ;

в) параметры схемы замещения  $R_k = R_1 + R_2' = P_k / I_{1к}^2, \quad Z_k = U_{1к} / I_{1к},$

$$X_k = X_1 + X_2' = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2};$$

г) максимальный коэффициент нагрузки  $\beta_{\max} = \sqrt{\frac{P_x}{P_k}}$ ;

д) полученные данные занести в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Вычисления													
$n$	$w_2$	$P_M = P_x, \text{ Вт}$	$\Phi_m, \text{ Вб}$	$B_m, \text{ Тл}$	$R_0, \text{ Ом}$	$X_0, \text{ Ом}$	$Z_0, \text{ Ом}$	$P_k = P_\sigma, \text{ Вт}$	$I_{2\text{НОМ}} = I_{2k}, \text{ МА}$	$R_{k\sigma}, \text{ Ом}$	$X_{k\sigma}, \text{ Ом}$	$Z_{k\sigma}, \text{ Ом}$	$\beta_{\max}$

7 По результатам опыта нагрузки для каждого сопротивления  $R_n$  определить:

а) коэффициент нагрузки  $\beta = I_2 / I_{2\text{НОМ}}$ ;

б) полную мощность  $S = U_{2n} \cdot I_{2n}$ ;

в) КПД  $\eta = \frac{\beta S \cos \varphi_n}{\beta S \cos \varphi_n + \beta^2 P_k + P_x}$ ;

г) полученные данные занести в табл. 10.2.

8 По данным измерений и расчетов построить в единой координатной системе внешнюю  $U_2(I_2)$  и рабочие характеристики трансформатора  $I_1(I_2)$ ,  $\eta(I_2)$ , рис. 10.4.

$I_1, U_2$

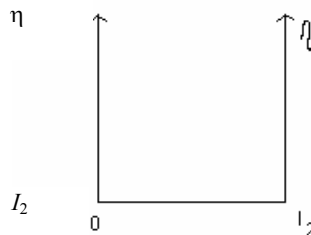


Рис. 10.4

### Контрольные вопросы

- 1 Опишите устройство и принцип работы трансформатора.
- 2 Какие параметры трансформатора определяются в опыте холостого хода?
- 3 Какие параметры трансформатора определяются в опыте короткого замыкания?
- 4 Какие потери энергии возникают в трансформаторе в процессе передачи электрической энергии из первичной обмотки во вторичную?
- 5 Опишите устройство и принцип работы трехфазного трансформатора.
- 6 Опишите устройство и принцип работы автотрансформатора.
- 7 В каких случаях применяется параллельная работа трансформаторов, и какие условия при этом должны быть соблюдены?
- 8 В чем заключаются особенности эксплуатации измерительных трансформаторов?
- 9 Каким образом ток нагрузки влияет на напряжение вторичной обмотки трансформатора?
- 10 Поясните работу нагруженного трансформатора на примере его схемы замещения.



**Цель работы:** Ознакомиться на примере микродвигателей с работой машины постоянного тока в режимах двигателя и генератора. Получить навыки практического использования двигателей и генераторов постоянного тока.

### Задание

- 1 Собрать схему исследования машины постоянного тока в режиме двигателя и определить ее основные характеристики.
- 2 Собрать схему исследования машины постоянного тока в режиме генератора и определить ее основные характеристики.
- 3 Провести обработку полученных экспериментальных данных.

### Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с измерительными приборами и оборудованием лабораторного стенда.
- 2 Измерить сопротивления якорей микродвигателей  $D_1$  и  $D_2$ , учитывая при этом погрешность, вносимую внутренним сопротивлением измерительного прибора; результаты измерений занести в табл. 11.1.
- 3 Исследовать работу машины постоянного тока на холостом ходу в режиме двигателя и генератора, для чего:
  - а) установить максимальное значение сопротивления  $R$ ;
  - б) собрать схему, показанную на рис. 11.1, включить питание стенда (5 вольт);
  - в) плавно уменьшать сопротивление  $R$ ; зафиксировать значения тока и напряжения, при котором двигатель начинает вращение, данные занести в табл. 11.1;
  - г) снять ВАХ двигателя  $D_1$  и напряжение на генераторе  $D_2$  при изменении с помощью резистора  $R$  тока в цепи от 50 до 170 мА с шагом 10 мА, полученные результаты занести в табл. 11.2.
  - д) выключить питание, разобрать схему;

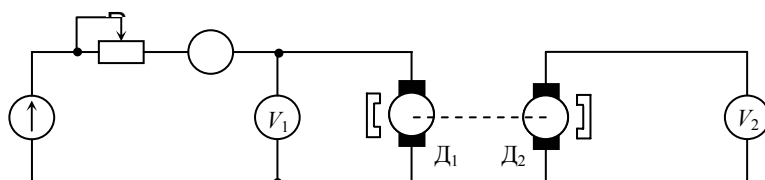


Рис. 11.1

- 4 Исследовать работу машины постоянного тока под нагрузкой в режиме двигателя и генератора, для чего:
  - а) установить максимальное значение сопротивления  $R$ ;
  - б) собрать схему, показанную на рис. 11.2, включить питание;
  - в) снять ВАХ генератора  $D_2$  и ток в цепи двигателя  $D_1$  при изменении с помощью резистора  $R$  тока в цепи от 50 до 170 мА с шагом 10 мА, полученные результаты занести в табл. 11.2;
  - г) выключить питание, разобрать схему.

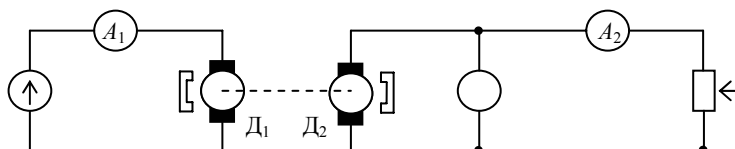


Рис. 11.2

- 5 По результатам работы произвести следующие расчеты:
  - а) по результатам пп. 2 и 3 (г), для значения тока якоря равного 100 мА определить эдс якоря, электрическую мощность, потребляемую двигателем  $D_1$  от источника, электромагнитную мощность и мощность электрических потерь в цепи якоря двигателя;

б) по результатам пп. 2 и 4 (в), для значения тока якоря равного 100 мА определить эдс генератора, мощность электромагнитную, мощность, потребляемую приемником и мощность электрических потерь в якоре;

в) полученные результаты занести в табл. 11.1;

г) по результатам пп. 3 (г) и 4 (в) построить графические зависимости (см. рис. 11.3, а и 11.3, б соответственно).

ТАБЛИЦА 11.1

Измерения				Вычисления							
$I_{вр},$ мА	$U_{вр},$ В	$R_{я1},$ Ом	$R_{я2},$ Ом	$E_1,$ В	$P_{эм1},$ Вт	$P_{э1},$ Вт	$\Delta P_{эя},$ 1, Вт	$E_2,$ В	$P_{эм2},$ Вт	$P_{э2},$ Вт	$\Delta P_{эя},$ 2, Вт

Таблица 11.2

Измерения				
$I,$ мА	$U_{д1},$ В	$U_{г2},$ В	$I_{д1},$ мА	$U'_{г2},$ В
50				
—				
—				
—				
170				

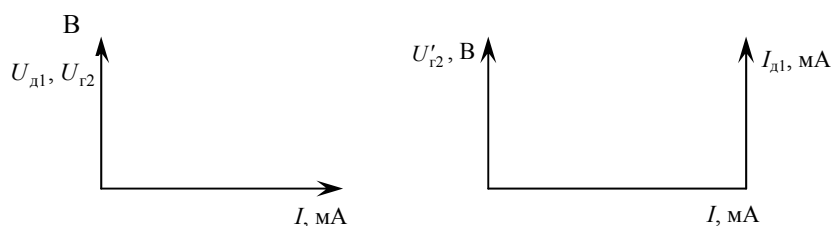


Рис. 11.3

### Контрольные вопросы

- 1 Опишите устройство и принцип работы машины постоянного тока.
- 2 Назовите способы возбуждения МПТ.
- 3 Объясните назначение дополнительных полюсов в МПТ.
- 4 Каким образом определяется кпд машины постоянного тока и какие мощности потерь оказывают на него влияние?
- 5 Опишите работу МПТ в режиме генератора.
- 6 Опишите работу МПТ в режиме двигателя.
- 7 Запишите уравнения электрического состояния цепи якоря генератора и баланса мощностей цепи якоря генератора и поясните их.
- 8 Запишите уравнение электрического состояния цепи якоря двигателя и баланса мощностей цепи якоря двигателя и поясните их.
- 9 Назовите, какими способами можно управлять частотой вращения двигателей постоянного тока и как производится реверс двигателя?
- 10 Поясните устройство и принцип работы универсального коллекторного двигателя.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Электротехника** и основы электроники / Под ред. О.П. Глудкина, Б.П. Соколова. М.: Высш. школа, 1993, 445 с.
- 2 **Касаткин А.С., Немцов Н.М.** Электротехника. М.: Высшая школа, 2002. 542 с.
- 3 **Панфилов Д.И.** и др. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на Electronics Workbench. М.: Додека, 1999. 304 с.
- 4 **Электротехника** / Под ред. В.С. Пантюшина. М.: Высш. шк., 1976. 560 с.