



СБОРНИК ЗАДАНИЙ  
И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ  
ПО УД ОП.02 «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

для специальностей

- 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений
- 21.02.11 Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (МПИ)

Сборник заданий и методические рекомендации по выполнению самостоятельных работ (СР) по учебной дисциплине ОП.02 «Электротехника» для специальностей 21.02.01 *Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений*; 21.02.11 *Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (МПИ)*

Рассмотрено на заседании ЦМК  
общеобразовательных дисциплин

Протокол № \_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Председатель ЦМК

\_\_\_\_\_ Л.В.Петлина

Одобрено и рекомендовано к  
использованию  
методическим советом техникума

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зам. директора по УМР

\_\_\_\_\_ Е.А.Метелькова

Разработал: Дементьева О.К., преподаватель ОГБПОУ «ТПТ»

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
Пояснительная записка	4
СР 1. Расчёт параметров электрического поля	5
СР2. Расчёт параметров конденсаторов	6
СР3. Составление уравнений по законам Кирхгофа	7
СР4. Определение эквивалентного сопротивления электрической цепи	8
СР5.Расчёт сложной цепи методом наложения	9
СР6.Построение вольт-амперных характеристик нелинейных элементов	10
СР7.Расчёт параметров магнитного поля провода и катушки	12
СР8.Определение электромагнитной силы	13
СР9.Расчёт ЭДС электромагнитной индукции	13
СР10.Построение волновых и векторных диаграмм	14
СР11.Расчет простейших цепей переменного тока с $R$ , $L$ , $C$	14
СР12. Расчёт электрической цепи с активным и реактивным элементом	15
СР13. Расчёт простейшей неразветвлённой цепи переменного тока	16
СР14. Расчет цепи с параллельным соединением $L$ и $C$	18
СР15. Расчёт параметров трёхфазного генератора и построение векторных диаграмм	18
СР16. Расчёт симметричной нагрузки, соединённой звездой и треугольником	18
СР17. Расчёт фазных напряжений на приёмнике, соединённом звездой без нейтрального провода	19
СР18. Расчёт линейных токов при несимметричной нагрузке трёхфазной цепи, соединённой треугольником	20
СР19. Таблица условных обозначений на шкалах приборов	21
СР20. Определение показаний и погрешностей измерения	22
СР21. Расчёт показаний приборов с расширенными пределами измерения	23
СР22. Схемы включения ваттметров	23
СР23. Схемы включения трёхфазных счётчиков электрической энергии	24
СР24. Тиристоры	24
СР25. Расчёт схем с выпрямителями	24
Используемые источники	25

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Сборник заданий и методические рекомендации по выполнению самостоятельных работ по УД ОП.02 «Электротехника» предназначены для студентов специальностей 21.02.01 *Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений*; 21.02.11 *Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (МПИ)*.

Выполнение самостоятельных работ (СР), содержащихся в сборнике, способствует формированию у студентов компетенций, предусмотренных ФГОС специальности 21.02.01; 21.02.11.

Сборник заданий выступает средством формирования у обучающихся умений:

- производить расчёты параметров электрических и магнитных цепей;
- знаний:
- основных законов электротехники;
- характеристик и параметров электрических и магнитных цепей;
- методов расчета основных параметров электрических и магнитных цепей.

Теоретическая подготовка к самостоятельным работам осуществляется по конспектам лекций и рекомендованным разделам и параграфам учебной литературы, указанным в каждой СР.

При оформлении СР необходимо соблюдать следующие требования:

- указать номер самостоятельной работы;
- тему работы;
- номер варианта;
- исходные данные записать в краткой форме;
- привести схему электрической (магнитной) цепи;
- все расчёты начинать с записи формул в общем виде;
- в расчётах использовать единицы измерения в системе СИ;
- графические построения (схемы, графики, векторные диаграммы) выполнять с применением чертёжных инструментов;
- оформить ответ.

Оценивание выполненных работ осуществляется в соответствии с критериями:

- а) методически правильно и в полном объёме выполненное задание – 6 баллов;
- б) приведение формул в общем виде – 1 балл;
- с) выполнение расчётов в системе СИ – 1 балл;
- д) правильное указание единиц измерения физических величин – 1 балл;
- е) правильность математических расчётов – 1 балл;

Максимальное количество баллов – 10

При оценке используется следующая шкала:

Процент результативности	Качественная оценка уровня подготовки	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90-100	5	отлично
80-89	4	хорошо
70-79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

# САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 1

2 часа

## РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ И ОДНОРОДНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

### Задание

Решить две задачи по заданию своего варианта (Номера задач в Таблице 1.1). Параметры диэлектрических материалов см. в Таблице 1.2.

1. Два заряда находятся в керосине на расстоянии  $r = 20$  см. Найти силу взаимодействия  $F$  между зарядами  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6}$  Кл,  $Q_2 = 4 \cdot 10^{-5}$  Кл. Как изменится сила взаимодействия зарядов при увеличении расстояния между зарядами в три раза? Как изменится сила взаимодействия зарядов, если заряды поместить в воду?

2. Определить напряжение между двумя точками электрического поля точечного заряда  $Q = 4 \cdot 10^{-9}$  Кл, если эти точки удалены на расстояние  $r_1 = 20$  см и  $r_2 = 20$  см. Заряд находится в воздухе.

3. Определить величину точечного заряда  $Q$ , создающего электрическое поле напряженностью  $E = 15 \cdot 10^5$  В/м на расстоянии  $r = 8$  см.

4. Определить, на каком расстоянии  $r$  от точечного заряда  $Q = 9,2 \cdot 10^{-9}$  Кл потенциал электрического поля  $\varphi = 100$  В. Заряд находится в трансформаторном масле.

5. Два точечных заряда  $Q_1 = 3 \cdot 10^{-11}$  Кл и  $Q_2 = 2,5 \cdot 10^{-11}$  Кл взаимодействуют с силой  $F = 7,5 \cdot 10^{-11}$  Н. Определить расстояние  $r$  между ними. Заряды находятся в воздухе. Как изменится сила взаимодействия зарядов, если расстояние между зарядами уменьшить в два раза?

6. Точечный заряд  $Q = 3,6 \cdot 10^{-8}$  Кл находится в воде. Определить напряженность электрического поля  $E$  и потенциал  $\varphi$  в точке, находящейся на расстоянии  $r = 10$  см.

7. Напряженность электрического поля у поверхности земли составляет в данной точке величину  $E = 130$  В/м. Определить напряжение  $U$  между головой человека и его ногами, если рост человека  $h = 1,7$  м.

8. Между двумя параллельными пластинами, находящимися на расстоянии  $r = 0,1$  м друг от друга, напряжение  $U = 100$  В. Какая сила  $F$  действует на заряд  $Q = 4 \cdot 10^{-8}$  Кл, помещённый между пластинами?

9. Определить работу  $A$ , совершаемую при перемещении заряда  $Q = 1 \cdot 10^{-7}$  Кл в однородном электрическом поле напряженностью  $E = 300$  В/м на расстояние  $r = 20$  см.

10. Определить напряженность электрического поля  $E$  плоского воздушного конденсатора, заряженного до напряжения  $U = 600$  В. Расстояние между пластинами  $r = 12$  мм. Определить, каким должно быть напряжение на конденсаторе, если расстояние между пластинами уменьшить вдвое, чтобы напряженность осталась неизменной.

11. Толщина электрокартона между пластинами плоского конденсатора  $h = 4$  мм. Определить напряжение  $U$ , при котором может быть пробит диэлектрик.

12. Определить, из какого материала изготовлена пластина толщиной  $h = 4$  мм между обкладками плоского конденсатора, если пробой произошёл при напряжении  $U_{пр.} = 100$  кВ.

\*13. Два положительных заряда  $Q_1$  и  $Q_2 = 4Q_1$  находятся на расстоянии  $r = 12$  см.

Определить, на каком расстоянии от  $Q_2$  находится точка, где напряжённость поля отсутствует.

Таблица 1.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Номера задач	1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1	6
	7	8	9	10	11	12	7	8	11	9	12	10

### Литература

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 1.3

Таблица 1.2

Наименование материала	Относительная диэлектрическая проницаемость, $\epsilon_r$	Электрическая прочность, МВ/м
Воздух	1	3,3
Бумага сухая	2,3-3,5	10
Бумага парафинированная	4,3	20
Вода	81	-
Картон электроизоляционный	4,8	15
Керосин	2,1	8
Масло минеральное	2,2	10
Мрамор	8-10	5
Парафин	2-2,3	40
Полиэтилен	2,4	40
Резина	3-6	20
Стекло	3,8 - 19	25
Слюда	6,9 - 11,5	100
Ткань лакированная	5	40
Фарфор	4,5-6	-
Эбонит	3-3,5	20

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 2

2 часа

**РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ КОНДЕНСАТОРА****Задание**

**Задача № 1.** Ёмкость плоского конденсатора 1450 пФ, рабочее напряжение 600 В и площадь каждой пластины 4 см<sup>2</sup>. Вычислить расстояние между пластинами и запас прочности конденсатора, если в качестве диэлектрика применяется слюда ( $\epsilon = 6$ ;  $E_{пр} = 88$  МВ/м).

**Задача № 2.** Плоский воздушный конденсатор ёмкостью  $C = 1$  мкФ заряжен от источника постоянного напряжения 27 В. Определить заряд и напряжённость электрического поля заряженного конденсатора при расстоянии между его пластинами  $d = 1,5$  мм. Определить также энергию электрического поля.

**Задача № 3.** Конденсатор заряжен от источника питания напряжением  $U = 100$  В. Энергия электрического поля конденсатора  $W = 6 \cdot 10^{-3}$  Дж. Определить его ёмкость.

**Задача № 4.** К последовательно соединённым конденсаторам ёмкостями  $C_1 = 4$  мкФ и  $C_2 = 1$  мкФ приложено напряжение  $U = 150$  В. Определить заряд, напряжение и энергию электрического поля каждого конденсатора.

**Задача № 5.** Два последовательно соединённых конденсатора  $C_1$  и  $C_2$  общей ёмкостью 4000 пФ подключены к источнику питания. Определить напряжение на каждом конденсаторе и напряжение источника питания, если энергия первого конденсатора  $W_1 = 86 \cdot 10^{-6}$  Дж, а его ёмкость  $C_1 = 5600$  пФ.

**Задача № 6.** Три конденсатора соединены последовательно  $C_1 = 6$  мкФ,  $C_2 = 4$  мкФ,  $C_3 = 12$  мкФ. Напряжение на втором конденсаторе  $U_2 = 30$  В. Определить заряд и напряжение всей батареи.

**Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 1.5-1.6, 3.5

# САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 3

2 часа

## СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ПО ЗАКОНАМ КИРХГОФА

1. Сделать анализ структуры электрической цепи, изображённой на рис. 3.1, выделив узлы, ветви, контуры. Схему адаптировать в соответствии с данным своим вариантом, которые взять из таблицы 3.1 (Наличие элемента отмечено знаком «+»). Выбрать *произвольно* направление токов в ветвях.

Составить уравнения по первому закону Кирхгофа для каждого узла.

Составить уравнения по второму закону Кирхгофа для каждого контура.

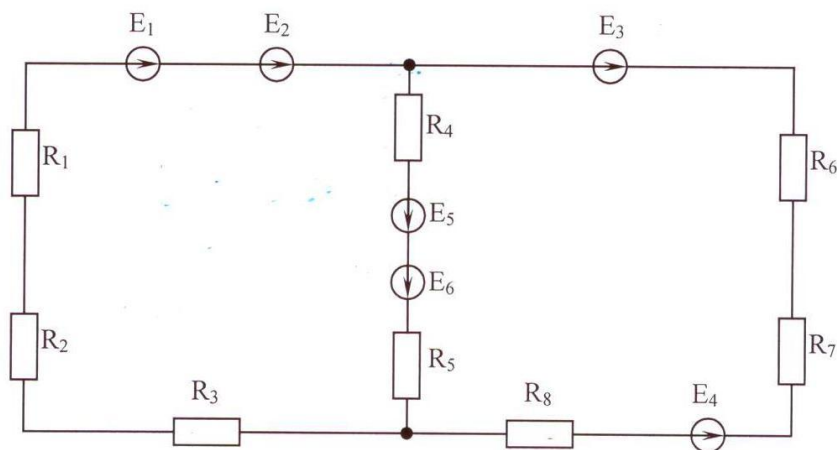


Рис. 3.1

Таблица 3.1

Вариант	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	$R_6$	$R_7$	$R_8$	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$	$E_6$
1	+		+		+	+		+	+		+	+	+	
2		+	+	+		+	+			+	+		+	+
3	+	+		+	+		+	+	+			+		+
4	+		+		+	+		+		+	+	+	+	
5		+	+	+			+	+	+			+	+	
6	+		+		+	+		+	+		+	+	+	

2. Составить уравнения по первому закону Кирхгофа для каждого узла схемы, изображённой на рис. 3.2, и уравнения по второму закону Кирхгофа для каждого контура.

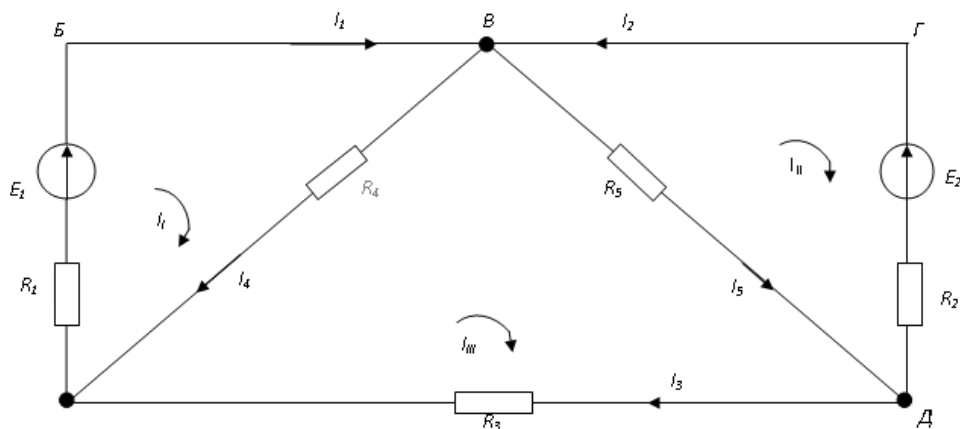


Рис. 3.2

## Литература

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 3.1

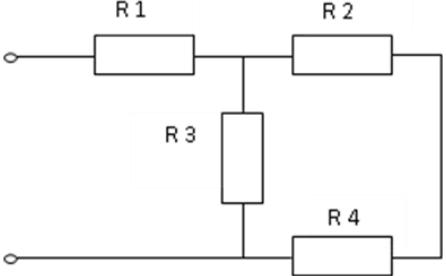
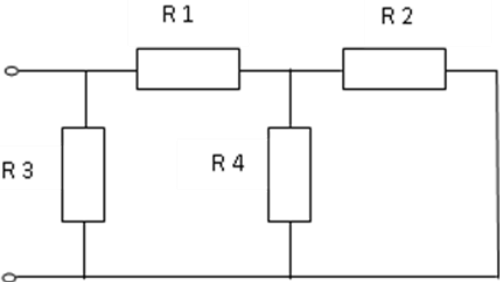
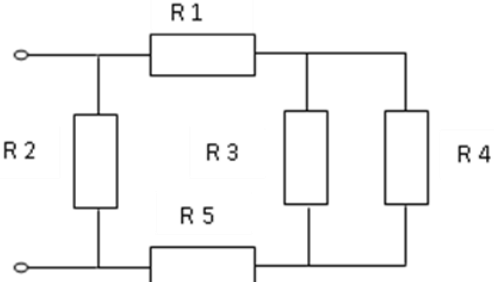
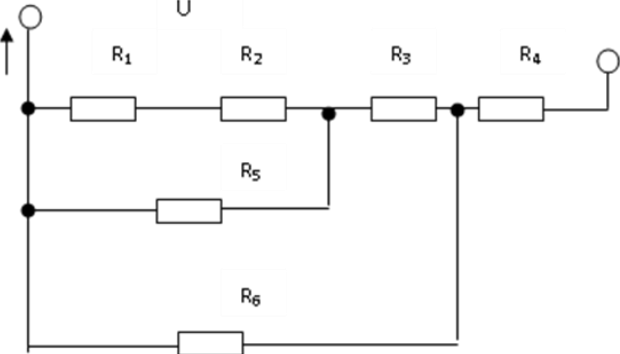
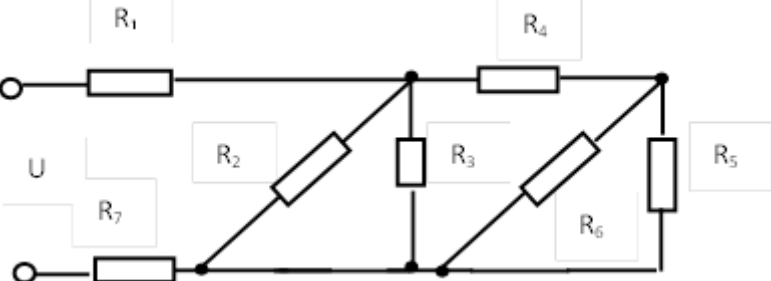
# САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 4

1 час

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

### Задание

1. Определить эквивалентное сопротивление электрической цепи на рис. 4.1-4.5.

<p>1.1. Дано:  <math>R_1=26 \text{ Ом}</math>,  <math>R_2=70 \text{ Ом}</math>,  <math>R_3=180 \text{ Ом}</math>,  <math>R_4=50 \text{ Ом}</math>,  <math>*U=24 \text{ В}</math>.</p>	 <p>Рисунок 4.1</p>
<p>1.2. Дано:  <math>R_1=50 \text{ Ом}</math>,  <math>R_2=100 \text{ Ом}</math>,  <math>R_3=75 \text{ Ом}</math>,  <math>R_4=150 \text{ Ом}</math>,  <math>*I_4=0,2 \text{ А}</math>.</p>	 <p>Рисунок 4.2</p>
<p>3. Дано:  <math>R_1=150 \text{ Ом}</math>,  <math>R_2=200 \text{ Ом}</math>,  <math>R_3=400 \text{ Ом}</math>,  <math>R_4=400 \text{ Ом}</math>,  <math>R_5=450 \text{ Ом}</math>,  <math>*U=80 \text{ В}</math>.</p>	 <p>Рисунок 4.3</p>
<p>4. Дано:  <math>R_1=30 \text{ Ом}</math>,  <math>R_2=50 \text{ Ом}</math>,  <math>R_3=24 \text{ Ом}</math>,  <math>R_4=10 \text{ Ом}</math>,  <math>R_5=20 \text{ Ом}</math>,  <math>R_6=120 \text{ Ом}</math>,  <math>*U=120 \text{ В}</math>.</p>	 <p>Рисунок 4.4</p>
<p>5. Дано:  <math>R_1=3 \text{ Ом}</math>,  <math>R_2=6 \text{ Ом}</math>,  <math>R_3=6 \text{ Ом}</math>,  <math>R_4=3 \text{ Ом}</math>,  <math>R_5=12 \text{ Ом}</math>,  <math>R_6=4 \text{ Ом}</math>,  <math>R_7=4 \text{ Ом}</math>,  <math>*U=45 \text{ В}</math>.</p>	 <p>Рисунок 4.5</p>



\*Определить ток и напряжение каждого участка.

2. Решить задачи в соответствии с заданиями по вариантам.

**Задача № 1.** Три резистора соединены последовательно  $R_1=80\text{ Ом}$ ,  $R_2=200\text{ Ом}$ ,  $R_3=320\text{ Ом}$ . Падение напряжения на втором  $U_2=40\text{ В}$ . Определить силу тока в цепи, напряжение на первом и третьем резисторах  $U_1$  и  $U_3$ , общее напряжение  $U$  и общую мощность нагрузки.

**Задача № 2.** Два резистора соединены последовательно  $R_1=400\text{ Ом}$ ,  $R_2=600\text{ Ом}$ . Мощность, потребляемая первым резистором  $P_1=64\text{ Вт}$ . Определить силу тока в цепи, напряжение на первом и втором резисторах  $U_1$  и  $U_2$  и общее напряжение  $U$ .

**Задача № 3.** К четырём резисторам, соединённым последовательно, подведено постоянное напряжение.  $R_1=60\text{ Ом}$ ,  $R_2=110\text{ Ом}$ ,  $R_3=70\text{ Ом}$ ,  $R_4=80\text{ Ом}$ . Нагрузка потребляет мощность  $P=5120\text{ Вт}$ . Определить силу тока в цепи, напряжение на каждом участке и общее напряжение.

**Задача № 4.** К трём резисторам, соединённым последовательно, подведено постоянное напряжение  $U=70\text{ В}$ .  $R_1=120\text{ Ом}$ ,  $R_2=150\text{ Ом}$ ,  $R_3=80\text{ Ом}$ . Определить силу тока в цепи, напряжение и мощность на каждом участке, общую мощность нагрузки.

**Задача № 5.** Определить напряжение потребителя при питании его четырьмя последовательно соединёнными батареями с ЭДС  $E=15\text{ В}$  и внутренними сопротивлениями  $r=0,5\text{ Ом}$  (каждая из батарей), если ток в цепи  $I=1\text{ А}$ .

**Задача № 6.** Переменный проволочный резистор сопротивлением от 0 до 1,5 кОм подключен к источнику постоянного напряжения  $U=42\text{ В}$ . Какой ток будет протекать через резистор, если

а) под напряжением все витки;

б) подвижный контакт посередине?

\***Задача № 7.** Определить ток и напряжение в линии при закорачивании нагрузки, находящейся на конце двухпроводной линии из медных проводов (удельное сопротивление  $0,0175\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ ) сечением  $S=12,5\text{ мм}^2$  и длиной 320 м, если на входе линии подключён источник с ЭДС  $E=120\text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r=1,5\text{ Ом}$ .

#### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 3.2

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 5**

3 часа

#### **РАСЧЁТ СЛОЖНОЙ ЭЛ. ЦЕПИ МЕТОДОМ НАЛОЖЕНИЯ**

##### **Задание**

Для схемы, номер которой указан в задании соответствующего варианта, определить токи в ветвях. Данные для расчетов (по вариантам) взять из таблицы 5.1. Правильность решения проверить по первому закону Кирхгофа и составлением баланса мощностей.

Направление ЭДС источника смотреть по таблице исходных данных 5.1.

Таблица 6.1

Вариант	№ схемы	$E_1$ , В	$E_2$ , В	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$R_3$ , Ом
1	6.1	40↑	120↓	20	30	40
2	6.2	180↓	90↓	15	30	45
3	6.3	210↓	120↑	60	20	40
4	6.1	60↑	100↑	30	40	50
5	6.2	150↓	60↑	50	50	25
6	6.3	30↑	120↑	45	30	15

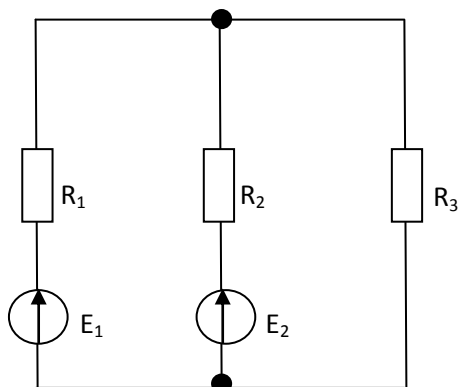


Рисунок 5.1

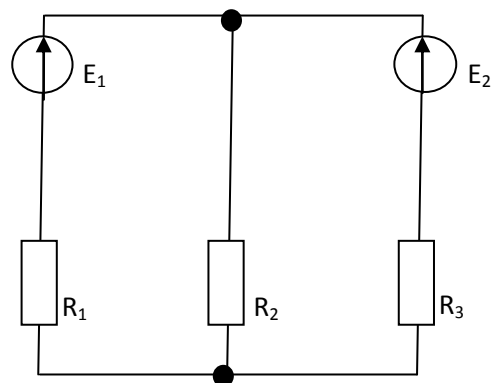


Рисунок 5.2

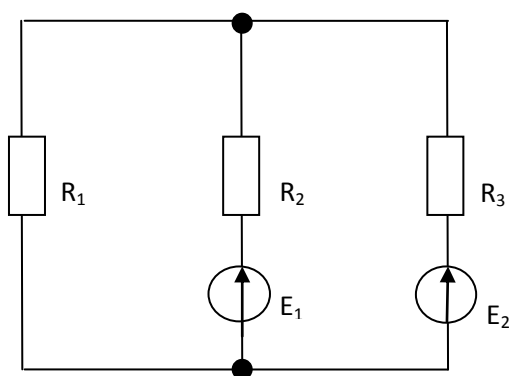


Рисунок 5.3

### Технология работы

1. Записать номер работы, тему, цель, данные своего варианта.
  2. Изобразить схему электрической цепи в соответствии с данными своего варианта. Направление ЭДС указывать в соответствии с заданием (Таблица 6.1)
  3. Изобразить схему электрической цепи с источником  $E_1$ ; указать направление частичных токов, создаваемых первым источником  $I_1'$ ,  $I_1'$ ,  $I_3'$ ; определить частичные токи от действия первого источника  $I_1'$ ,  $I_1'$ ,  $I_3'$ .
  4. Изобразить схему электрической цепи с источником  $E_2$ ; указать направление частичных токов, создаваемых вторым источником  $I_1''$ ,  $I_2''$ ,  $I_3''$ ; определить частичные токи от действия второго источника  $I_1''$ ,  $I_2''$ ,  $I_3''$ .
  5. Определить полные токи в ветвях как алгебраическую сумму частичных токов.
  6. Указать на исходной схеме действительные направления токов.
  7. Проверить правильность решения по первому закону Кирхгофа.
  8. Определить режим работы каждого источника ЭДС (генераторный или потребителя).
- Составить баланс мощностей.

### Литература

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 3.1-3.2

### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 6

3 часа

### ПОСТРОЕНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Задание 1.** Два нелинейных элемента  $HЭ1$  и  $HЭ2$  соединены последовательно. Вольт–амперные характеристики (ВАХ) нелинейных элементов и напряжение питания  $U$  заданы в таблице заданий по вариантам 6.7.

Определите ток  $I$  и падение напряжения на каждом элементе  $U_1, U_2$ .

Таблица 6.1

№ ВАХ	$U_{HЭ}, В$	20	40	80	120	160	200	U=250 В
1	$I_{HЭ}, мА$	3,5	9	28	56	84	112	
2	$I_{HЭ}, мА$	8	23	120				

Таблица 6.2

№ ВАХ	$U_{HЭ}, В$	50	100	150	200	250	U=200 В
1	$I_{HЭ}, мА$	0,2	0,6	1,4	2,6	5,6	
2	$I_{HЭ}, мА$	0,5	1,3	2,5	5,5		

Таблица 6.3

№ ВАХ	$U_{HЭ}, В$	10	20	30	40	50	60	70	80	U=100 В
1	$I_{HЭ}, мА$	5	8	13	23	38	55	84	120	
2	$I_{HЭ}, мА$	10	20	35	60	100				

**Задание 2.** Нелинейный элемент  $HЭ1$  соединен последовательно с резистором  $R$  и подключен к источнику постоянного напряжения  $U$ . Вольт–амперная характеристика нелинейного элемента, сопротивление резистора  $R$  и напряжение питания  $U$  заданы в таблице 6.7. Определите силу тока в цепи  $I$ , а также падение напряжения на нелинейном элементе  $U_{HЭ}$  и на резисторе  $U_R$ .

**Задание 3.** Два нелинейных элемента  $HЭ1$  и  $HЭ2$  соединены параллельно. Вольт–амперные характеристики нелинейных элементов и ток  $I$  в неразветвлённой части цепи заданы в таблице 6.7. Определите напряжение  $U$  и токи в ветвях  $I_1, I_2$ .

Таблица 6.4

№ ВАХ	$U_{HЭ}, В$	8	16	24	32	$I=400 мА$
1	$I_{HЭ}, мА$	200	270	300	310	
2	$I_{HЭ}, мА$	100	160	180	190	

Таблица 6.5

№ ВАХ	$U_{HЭ}, В$	50	100	150	200	250	300	$I=20 мА$
1	$I_{HЭ}, мА$	5	7	8	9	9,5	10	
2	$I_{HЭ}, мА$	10	15	17	17,5	17,7	18	

Таблица 6.6

№ ВАХ	$U_{HЭ}, В$	2	4	6	8	10	12	$I=40 мА$
1	$I_{HЭ}, мА$	5	17	25	27	28	29	
2	$I_{HЭ}, мА$	12	19	22	22,5	23	23	

Таблица 6.7

Вариант	№ первого задания	№ второго задания	№ таблицы с ВАХ1 и ВАХ2	Данные к заданию 2	
				R, кОм	U, В
1	41	2	6.1	4	200
2	3	2	6.4	0,1	30
3	1	2	6.2	30	300
4	3	2	6.5	12	240
5	1	2	6.3	2	200
6	3	2	6.6	3	120

### **Технология работы**

1. Выбрать из таблицы 6.7 номера заданий, соответствующие Вашему варианту.
2. Изобразить схему электрической цепи согласно первому заданию.
3. Построить графики  $ВАХ$  нелинейных элементов в масштабе.
4. Построить график суммарной  $ВАХ$ .
5. Определить графически параметры рабочего режима электрической цепи (при заданном значении напряжения  $U$ ).
6. Изобразить схему электрической цепи согласно второму заданию.
7. Рассчитать координаты двух точек для построения нагрузочной характеристики  $I_R=f(U_{HЭ})$  при  $U_{HЭ}=0$  и  $U_{HЭ}=U$ .
8. Выбрать масштаб и построить график  $ВАХ$  нелинейного элемента и нагрузочную характеристику.
9. Определить параметры рабочего режима:  $I$ ,  $U_{HЭ}$  и  $U_R$ .

### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 4.1-4.2

## **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 7**

З часа

### **РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОВОДА И КАТУШКИ**

**Задание 1.** По проводнику диаметром  $d_{пр}$  проходит ток  $I$ . Найти напряженность магнитного поля  $H$  в точках, удаленных от центра провода на расстояние  $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ . Данные своего варианта взять из таблицы 7.1. Построить в масштабе график  $H = f(r)$ .

**Задание 2.** Катушка с кольцевым сердечником круглого сечения изготовлена из электротехнической стали с относительной магнитной проницаемостью  $\mu$ . Внутренний радиус сердечника  $r_1$ , наружный радиус сердечника  $r_2$ . Обмотка катушки содержит  $\omega$  витков, по которым протекает ток  $I$ . Данные своего варианта взять из таблицы 7.1. Вычислить напряженность магнитного поля  $H$ , магнитную индукцию  $B$  и магнитный поток  $\Phi$  в сердечнике катушки.

Таблица 7.1

Вариант	Задание 1								Задание 2				
	$d_{пр},$ мм	$I, А$	$r_1,$ мм	$r_2,$ мм	$r_3,$ мм	$r_4,$ мм	$r_5,$ мм	$r_6,$ мм	$\mu$	$r_1,$ см	$r_2,$ см	$\omega$	$I, А$
1	20	200	0	10	20	30	40	50	2000	8	12	400	2,5
2	14	100	0	4	7	10	14	21	5000	10	18	1500	0,25
3	12	300	0	3	6	12	20	30	2800	11	15	1600	1,5
4	24	500	0	4	6	12	30	60	1500	12	18	1200	0,4
5	20	100	0	5	10	15	30	40	2500	11	19	800	1,2
6	16	200	0	5	8	16	32	40	4000	9	15	3200	0,2

### **Технология работы**

1. Порядок выполнения задания 1:
  - 1.1. Проанализировать расположение заданных точек: установить, находятся ли заданные точки внутри проводника или за его пределами.
  - 1.2. Определить напряженность магнитного поля  $H_i$  в точках, расположенных внутри проводника  $H_i = I \cdot r_i / 2\pi r_o^2$ .

1.3. Определить напряженность магнитного поля  $H_i$  в точках, расположенных за пределами проводника  $H_i = I / 2\pi r_i$ .

1.4. Построить график  $H = f(r)$ , выбрав предварительно масштаб по каждой из осей и произведя в выбранном масштабе разметку осей.

2. Порядок выполнения задания 2:

2.1. Определить радиус средней линии сердечника  $r_{cp}$  и длину средней линии сердечника  $l_{cp}$ .

2.2. Определить намагничивающую силу обмотки  $F = I \cdot \omega$ .

2.3. Найти напряженность магнитного поля  $H$  внутри сердечника (вдоль средней линии) и магнитную индукцию  $B$ .

2.4. Определить площадь поперечного сечения  $S_{сеч.}$  сердечника катушки.

2.5. Вычислить магнитный поток  $\Phi$ , замыкающийся по сердечнику.

#### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]

2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 5.2; 5.5-5.6

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 8**

2 часа

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИЛЫ**

##### **Задание**

1. Прямолинейный проводник с током  $I=200$  мА помещён в однородное магнитное поле с индукцией  $B=1,5$  Тл перпендикулярно линиям поля. Определить силу, действующую на проводник. Изобразить на рисунке направление действия электромагнитной силы.

2. Прямолинейный проводник длиной  $l=0,3$  м, по которому проходит ток  $I=12$  А, помещён в однородное магнитное поле с магнитной индукцией  $B=0,5$  Тл. Определить силу, действующую на проводник, если он расположен: а) перпендикулярно линиям поля; б) вдоль линий поля.

3. Однородное магнитное поле с магнитной индукцией  $B=1,0$  Тл действует на прямолинейный проводник с током с силой  $F=0,5$  Н. Длина проводника  $l=20$  см. Определить ток, проходящий по проводнику, расположенному перпендикулярно линиям магнитного поля.

4. В однородном магнитном поле находится прямолинейный проводник с током  $I=25$  А под углом  $30^\circ$  к вектору магнитной индукции. Длина проводника  $l=80$  см. Определить магнитную индукцию поля, если сила, действующая на проводник  $F=3,2$  Н.

\*5. Магнитный поток  $\Phi = 0,003$  Вб пронизывает рамку в форме равностороннего треугольника со стороной 30 см. Определить магнитную индукцию однородного магнитного поля, если

а) рамка расположена перпендикулярно к линиям магнитного поля;

б) рамка расположена под углом  $60^\circ$  к линиям магнитного поля.

#### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]

2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 5.4

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 9**

2 часа

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭДС ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ**

##### **Задание**

1. Прямолинейный провод длиной  $l=0,5$  м движется со скоростью  $v=12$  м/с в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,8$  Тл. Угол между направлением векторов  $B$  и  $v$  составляет  $45^\circ$ , а между направлением провода и магнитных линий  $90^\circ$ . Вычислить ЭДС, индуцируемую в

проводе. Определить ток в цепи, если к концам движущегося провода присоединить резистор сопротивлением  $R=1,7 \text{ Ом}$ .

2. Круглая рамка диаметром  $80 \text{ мм}^2$  расположена вдоль линий однородного магнитного поля с индукцией  $B=1,6 \text{ Тл}$ .

Определить величину и направление ЭДС электромагнитной индукции в рамке при повороте её на  $90^\circ$  за время  $t=0,2 \text{ с}$ .

3. Цилиндрическую катушку, имеющую 400 витков, вносят в магнитное поле с индукцией  $B=1 \text{ Тл}$  перпендикулярно линиям поля. Катушка имеет прямоугольное сечение  $4 \times 5 \text{ см}$ . Определить ЭДС электромагнитной индукции, наведённой в катушке.

4. Катушку с круглым сечением (радиус сечения  $4 \text{ см}$ ) выносят из магнитного поля. Определить ЭДС электромагнитной индукции, наведённой в катушке, если индукция магнитного поля  $B=0,8 \text{ Тл}$ , катушка имеет 200 витков.

\*5. Квадратную рамку со стороной  $10 \text{ см}$  из медной проволоки, площадь сечения которой  $S=10 \text{ мм}^2$ , вносят в однородное магнитное поле с магнитной индукцией  $B=1 \text{ Тл}$  с постоянной скоростью  $v=1 \text{ м/с}$ . Линии магнитной индукции направлены перпендикулярно плоскости рамки. Определить величину и направление индуцированных ЭДС и тока в рамке.

### ***Литература***

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 7.1-7.2

## **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 10**

З часа

### ***ПОСТРОЕНИЕ ВОЛНОВЫХ И ВЕКТОРНЫХ ДИАГРАММ***

#### ***Задание***

**Вариант 1.** Построить графики изменения напряжений для одного периода, если частота изменения напряжения для любого случая  $f = 100 \text{ Гц}$ :

1.  $u_1 = 100 \sin (\omega t - 120^\circ)$
2.  $u_2 = 40 \sin (\omega t - 90^\circ)$  ;
3.  $u_3 = 120 \sin \omega t$
4.  $u_4 = 75 \sin (\omega t - 135^\circ)$

В масштабе построить векторы действующих значений этих же напряжений для  $t = 0$ .

**Вариант 2.** Построить графики изменения токов для одного периода, если частота изменения токов для любого случая  $f = 250 \text{ Гц}$ :

1.  $i_1 = 3 \sin (\omega t + 60^\circ)$
2.  $i_2 = 0,5 \sin (\omega t - 45^\circ)$
3.  $i_3 = 1,4 \sin (\omega t - 15^\circ)$
4.  $i_4 = 2,2 \sin \omega t$

В масштабе построить векторы действующих значений этих же токов для  $t = 0$ .

### ***Литература***

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 8.1-8.3

## **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 11**

З часа

## **РАСЧЕТ ПРОСТЕЙШИХ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА сR, L, C**

### **Задание**

#### **Вариант 1**

1. Конденсатор ёмкостью  $C = 40$  мкФ включён в цепь переменного тока с угловой частотой  $\omega = 500$  рад/с. Определить реактивное сопротивление  $X_C$ .

2. Через реактивное индуктивное сопротивление  $X_L = 1,4$  кОм протекает переменный ток  $i = 0,7 \sin(1570t - 135^\circ)$ . Определить действующие значения тока и напряжения, потребляемую мощность. Записать формулу мгновенных значений напряжения. Построить в масштабе векторную диаграмму.

3. К активному сопротивлению  $R = 2$  кОм подведено напряжение  $u = 280 \sin(314t + 75^\circ)$ . Определить действующие значения напряжения и тока, потребляемую мощность. Записать формулу мгновенных значений напряжения. Построить в масштабе векторную диаграмму.

#### **Вариант 2**

1. Катушка индуктивности  $L = 40$  мГн включена в цепь переменного тока с частотой  $f = 200$  Гц. Определить реактивное сопротивление  $X_L$ .

2. Переменный ток  $i = 5,6 \sin(500t + 15^\circ)$  протекает через реактивное ёмкостное сопротивление  $X_C = 80$  Ом. Определить действующие значения тока и напряжения, потребляемую мощность. Записать формулу мгновенных значений напряжения. Построить в масштабе векторную диаграмму.

3. К активному сопротивлению  $R = 2$  кОм подведено напряжение  $u = 280 \sin(314t + 75^\circ)$ . Определить действующие значения напряжения и тока, потребляемую мощность. Записать формулу мгновенных значений напряжения. Построить в масштабе векторную диаграмму.

### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 9.2-9.3

## **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 12**

Зача

### **РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ С АКТИВНЫМ И РЕАКТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ**

#### **Задание**

##### **Активно-индуктивное сопротивление**

1. К электрической цепи, содержащей  $R = 14,9$  Ом и  $X_L = 41,4$  Ом, приложено напряжение  $u = 154 \sin(628t + 45^\circ)$ . Определить  $I$ ,  $U_a$ ,  $U_L$ ,  $\cos \varphi$ ,  $\varphi$ ,  $P$ ,  $Q_L$ ,  $S$ ,  $L$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей, векторную диаграмму.

2. К электрической цепи, содержащей  $R = 38,4$  Ом и  $X_L = 21,5$  Ом, приложено напряжение  $u = 246,4 \sin(628t + 30^\circ)$ . Определить  $I$ ,  $U_a$ ,  $U_L$ ,  $\cos \varphi$ ,  $\varphi$ ,  $P$ ,  $Q_L$ ,  $S$ ,  $L$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей, векторную диаграмму.

3. К электрической цепи, содержащей  $R = 17,2$  Ом и  $X_L = 40,5$  Ом, приложено напряжение  $u = 184,8 \sin(314t + 10^\circ)$ . Определить  $I$ ,  $U_a$ ,  $U_L$ ,  $\cos \varphi$ ,  $\varphi$ ,  $P$ ,  $Q_L$ ,  $S$ ,  $L$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей, векторную диаграмму.

4. К электрической цепи, содержащей  $R = 48$  Ом и  $X_L = 14$  Ом, приложено напряжение  $u = 140 \sin(314t + 45^\circ)$ . Определить  $I$ ,  $U_a$ ,  $U_L$ ,  $\cos \varphi$ ,  $\varphi$ ,  $P$ ,  $Q_L$ ,  $S$ ,  $L$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей, векторную диаграмму.

5. К электрической цепи, содержащей  $R=33\text{ Ом}$  и  $X_L=44\text{ Ом}$ , приложено напряжение  $u=154\sin(628t+30^\circ)$ . Определить  $I, U_a, U_L, \cos\varphi, \varphi, P, Q_L, S, L$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей, векторную диаграмму.

6. К электрической цепи, содержащей  $R=48\text{ Ом}$  и  $X_L=64\text{ Ом}$ , приложено напряжение  $u=224\sin(314t+30^\circ)$ . Определить  $I, U_a, U_L, \cos\varphi, \varphi, P, Q_L, S, L$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей, векторную диаграмму.

#### **Активно-ёмкостное сопротивление**

1. К реальному конденсатору с сопротивлениями  $R=20,5\text{ Ом}$  и  $X_C=8\text{ Ом}$  приложено напряжение  $u=154\sin(314t+20^\circ)$ . Определить  $I, U_a, U_C, \cos\varphi, \varphi, P, Q_C, S$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей, векторную диаграмму напряжений.

2. К реальному конденсатору с сопротивлениями  $R=42\text{ Ом}$  и  $X_C=13,1\text{ Ом}$  приложено напряжение  $u=308\sin(942t+45^\circ)$ . Определить  $I, U_a, U_C, \cos\varphi, \varphi, P, Q_C, S$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей.

3. К реальному конденсатору с сопротивлениями  $R=2,8\text{ Ом}$  и  $X_C=9,6\text{ Ом}$  приложено напряжение  $u=84\sin(942t+15^\circ)$ . Определить  $I, U_a, U_C, \cos\varphi, \varphi, P, Q_C, S, C$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей.

4. К реальному конденсатору с сопротивлениями  $R=18,5\text{ Ом}$  и  $X_C=7,6\text{ Ом}$  приложено напряжение  $u=140\sin(628t+20^\circ)$ . Определить  $I, U_a, U_C, \cos\varphi, \varphi, P, Q_C, S, C$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей.

5. К реальному конденсатору с сопротивлениями  $R=24\text{ Ом}$  и  $X_C=49,5\text{ Ом}$  приложено напряжение  $u=231\sin(628t+60^\circ)$ . Определить  $I, U_a, U_C, \cos\varphi, \varphi, P, Q_C, S, C$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей.

6. К реальному конденсатору с сопротивлениями  $R=17,9\text{ Ом}$  и  $X_C=12,8\text{ Ом}$  приложено напряжение  $u=92,4\sin(314t+20^\circ)$ . Определить  $I, U_a, U_C, \cos\varphi, \varphi, P, Q_C, S, C$ . Записать уравнение мгновенных значений тока  $i$ . Построить треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей.

\*7. Для контроля исправности сети ( $U = 380\text{ В}$ ,  $f = 50\text{ Гц}$ ) к ней присоединили через конденсатор  $C$  осветительную лампу, рассчитанную на напряжение  $220\text{ В}$  и мощность  $150\text{ Вт}$ . При каких емкости и напряжении на конденсаторе обеспечивается номинальный режим горения лампы? Каким активным сопротивлением можно заменить емкость, сохранив прежний режим для лампы?

\*8. Схема, содержащая катушку и воздушный конденсатор, подключена к источнику переменного тока промышленной частоты. Сопротивление обмотки катушки  $50\text{ Ом}$ . Ёмкость конденсатора  $80\text{ мкФ}$ . Показание ваттметра  $2\text{ Вт}$ , показание вольтметра  $26\text{ В}$ . Определить действующие значения тока в цепи, входного напряжения и напряжения на конденсаторе. Найти индуктивность катушки. Записать формулы мгновенных значений тока, напряжения на катушке, напряжения на конденсаторе и входного напряжения. Построить векторную диаграмму.

#### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 9.4-9.5

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 13**

Зачаса

#### **РАСЧЁТ ПРОСТЕЙШЕЙ НЕРАЗВЕТВЛЁННОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

1. К электрической цепи, содержащей последовательно соединенные элементы  $R=100\text{ Ом}$  и  $X_L=25\text{ Ом}$ ,  $X_C=75\text{ Ом}$ , подключено напряжение  $u=560\sin(628t+20^\circ)$ . Рассчитать:  $Z, I, U_a, U_L, U_C, \varphi, P, Q, S$ . Записать уравнение мгновенных значений тока ( $i=$ ). Построить в масштабе треугольники напряжений, сопротивлений, мощностей, векторную диаграмму.



12. К электрической цепи, содержащей последовательно соединенные элементы  $R=20$  Ом и  $X_L=36$  Ом,  $X_C=30$  Ом, подключено напряжение  $u=280\sin(200t+60^\circ)$ . Рассчитать:  $Z$ ,  $I$ ,  $U_a$ ,  $U_L$ ,  $U_C$ ,  $\varphi$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $S$ . Записать уравнение мгновенных значений тока ( $i=$ ). Построить в масштабе треугольники напряжений, сопротивлений, мощностей, векторную диаграмму.

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 9.6

#### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 14

3 часа

### **РАСЧЕТ ЦЕПИ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И КОНДЕНСАТОРА**

Цепь переменного тока состоит из двух параллельных ветвей, каждая из которых содержит активное  $R$  и реактивное  $X$  сопротивления, величины которых и действующее значение входного напряжения  $U$  (по вариантам) заданы в таблице 14.1.

Изобразить схему электрической цепи. Определить токи в параллельных ветвях  $I_1$ ,  $I_2$  и ток в неразветвленной части цепи  $I$ .

Таблица 14.1

Вариант	$U, В$	$Z_1$		$Z_2$	
		$R_1, Ом$	$X_1, Ом$	$R_2, Ом$	$X_2, Ом$
1	36	2,8	9,6	5,2	-10,8
2	110	20,5	-8	3	21,8
3	48	5,2	10,8	14,66	-6,4
4	220	24	-49,5	33	44
5	100	15	20	48	-14
6	220	17,2	-40,5	42	13,1

#### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 9.8

#### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 15

2 часа

### **РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ТРЁХФАЗНОГО ГЕНЕРАТОРА И ПОСТРОЕНИЕ ВЕКТОРНЫХ ДИАГРАММ**

#### **Задание**

1. Обмотки трёхфазного генератора соединены звездой  $E_\phi=200 В$ . Изобразить схему соединения обмоток генератора. Определить фазное и линейное напряжение генератора. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений.

2. В трёхфазной цепи, соединённой звездой, линейное напряжение  $U_L=380 В$ . Изобразить схему соединения обмоток генератора. Определить значение фазной ЭДС. Построить векторную диаграмму ЭДС.

3. Обмотки трёхфазного генератора соединены треугольником  $E_\phi=200 В$ . Изобразить схему соединения обмоток генератора. Определить фазное и линейное напряжение генератора. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений.

#### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 11.1

#### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 16

4 часа

### **РАСЧЁТ СИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКИ, СОЕДИНЁННОЙ ЗВЕЗДОЙ И ТРЕУГОЛЬНИКОМ**

**Задание 1.** Трёхфазная нагрузка соединена звездой. Данные по вариантам в таблице 16.1.

- По условию задания начертить расчетную схему;
  - Определить фазное напряжение  $U_\phi$ , фазный ток  $I_\phi$ , коэффициент мощности  $\cos\varphi$  и сдвиг фаз между напряжением и током  $\varphi$ .
  - Определить линейный ток  $I_L$ .
  - Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов;
  - Определить мощности, потребляемые нагрузкой:  $S$ ,  $P$  и  $Q$ .
- \* Записать уравнения мгновенных значений фазных напряжений и фазных токов в приемниках энергии при условии, что начальная фаза напряжения в фазе «А»  $\psi_A = 90^\circ$ .

Таблица 16.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$U_L$	380	380	220	190	173	346	380	380	220	190	660	346
$R_\phi$	14,	14	17,2	30	20	14,1	41,4	48	10,2	8	160	60
$X_\phi$	41,4	-48	10,2	-40	15	-14,1	14,9	-14	17,2	-20,5	120	-80

**Задание 2.** Трёхфазный приёмник энергии соединён треугольником. Данные своего варианта взять из таблицы 16.2.

- По условию задания вычертить расчетную схему;
  - Определить фазное напряжение  $U_\phi$ , фазный ток  $I_\phi$ , коэффициент мощности  $\cos\varphi$  и сдвиг фаз между напряжением и током  $\varphi$ .
  - Определить линейный ток  $I_L$ .
  - Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов;
  - Определить мощности, потребляемые нагрузкой:  $S$ ,  $P$  и  $Q$ .
- \* Записать уравнения мгновенных значений фазных напряжений и фазных токов в приемниках энергии при условии, что начальная фаза напряжения в фазе «АВ»  $\psi_{AB} = -40^\circ$ .

Таблица 16.2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$U_L$	220	190	660	346	346	220	380	380	220	190	173	346
$R_\phi$	8	160	60	41,4	80	17,2	14	17,2	30	20	14,9	41,4
$X_\phi$	-20,5	120	-80	14,9	-60	10,2	-48	10,2	-40	15	-41,4	14,9

### Литература

- Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
- Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 11.2

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 17

2 часа

### РАСЧЁТ ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРИЁМНИКЕ, СОЕДИНЁННОМ ЗВЕЗДОЙ БЕЗ НЕЙТРАЛЬНОГО ПРОВОДА

Трёхфазная нагрузка соединена звездой по трёхпроводной схеме. Действующие значения линейного напряжения  $U_L$ , напряжения смещения нейтрали  $U_N$ . Начальная фаза напряжения смещения нейтрали  $\psi_N$ . Данные своего варианта взять из таблицы 17.1

Изобразить электрическую схему. Вычислить фазное напряжение генератора. Построить в масштабе векторную диаграмму фазных напряжений генератора  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  и  $U_N$ . Определить графически напряжения на фазах приёмника  $U'_A$ ,  $U'_B$ ,  $U'_C$ .

Записать формулы мгновенных значений фазных напряжений  $u'_A$ ,  $u'_B$ ,  $u'_C$ .

Таблица 17.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

$U_L$	173	207,6	242,2	138,4	259,5	346	657,4	519	173	225
$U_N$	60	80	100	40	50	100	95	100	50	70
$\psi_N$	-90°	30°	-40°	120°	-60°	45°	-100°	180°	-150°	135°

### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 11.2

## **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 18**

2 часа

### **РАСЧЁТ ЛИНЕЙНЫХ ТОКОВ ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ ТРЁХФАЗНОЙ ЦЕПИ, СОЕДИНЕННОЙ ТРЕУГОЛЬНИКОМ**

#### **Задание**

Несимметричная трехфазная нагрузка соединена треугольником. Данные своего варианта взять из таблицы 18.1.

Определить фазные токи  $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$  и линейные токи  $I_A, I_B, I_C$ . Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

Таблица 18.1

Вариант	$U_{\phi}$	$R_{AB}$	$R_{BC}$	$R_{CA}$	$X_{AB}$	$X_{BC}$	$X_{CA}$
	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
1	150	17,9	44	49,5	-12,8	33	-24
2	180	36	30	24	-34,7	40	43,9
3	200	13	24	30	15,2	-32	40
4	160	15,2	12	20	-13	-16	15
5	250	40	70,7	80	-30	70,7	-60
6	220	32	30,4	20	24	39,7	-15

### **Технология работы**

1. Изобразить схему трёхфазной нагрузки, соединенной треугольником, в соответствии с данными своего варианта.

2. Определить полные сопротивления фаз  $Z_{AB}, Z_{BC}, Z_{CA}$ .

3. Вычислить по закону Ома фазные токи  $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$ .

4. Определить сдвиг фаз между напряжением и током для каждой фазы.

5. Выбрать масштаб по напряжению. Построить векторную диаграмму фазных напряжений  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ . Выбрать масштаб по току. Построить векторную диаграмму фазных токов  $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$ .

6. Графически определить по первому закону Кирхгофа линейные токи  $I_A, I_B, I_C$ .

### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. Л.И.Фуфаева «Электротехника», §§ 11.2-11.3

## **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 19**

1 час

### **ТАБЛИЦА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ НА ШКАЛАХ ПРИБОРОВ**

#### **Задание**

Составить таблицу условных обозначений, которые применяются на шкалах приборов, и расшифровку этих обозначений.

### Литература

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 20

2 часа

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ И ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

#### Задание

**Вариант 1.** На рисунке 20.1 представлены шкалы двух измерительных приборов.

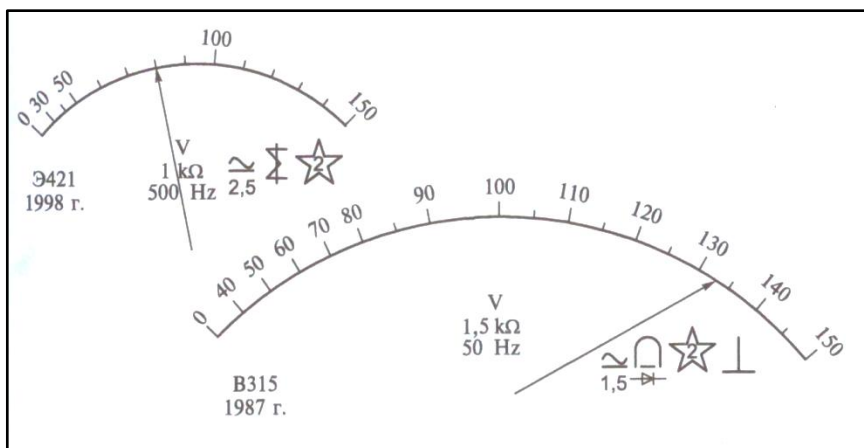


Рисунок 20.1

1. Определить параметры этих приборов и заполнить таблицу 20.1;
2. Расшифровать все символы, нанесённые на шкале каждого прибора;
3. Определить значения измеряемых величин, соответствующих положениям стрелок на шкалах приборов;
4. Рассчитать относительную погрешность измерения напряжения 80 В обоими приборами.

Таблица 20.1

Система измерит. механизма	Марка прибора	Измеряемая величина	Предел измерения	Класс точности	Цена деления	Область применения	Рабочее положение
	Э421						
	В315						

**Вариант 2.** На рисунке 20.2 представлены шкалы двух измерительных приборов.

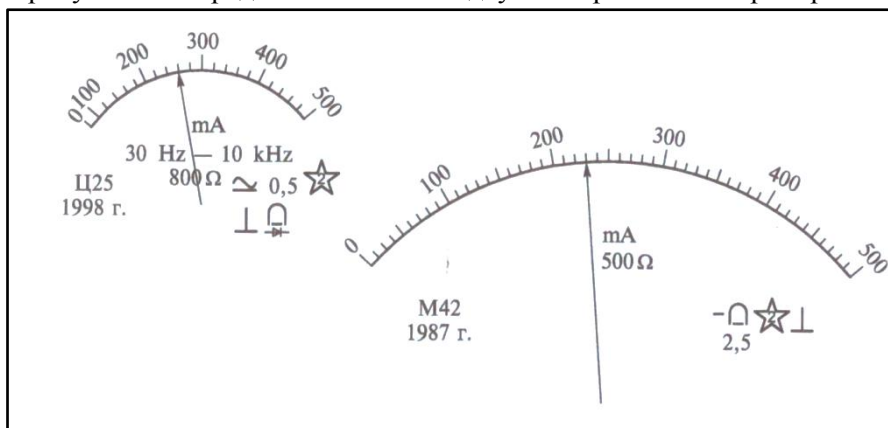


Рисунок 20.2

1. Определить параметры этих приборов и заполнить таблицу 20.2;
2. Расшифровать все символы, нанесённые на шкале каждого прибора;

- Определить значения измеряемых величин, соответствующих положениям стрелок на шкалах приборов;
  - Рассчитать относительную погрешность измерения тока 250 мА обоими приборами.
- Таблица 20.2

Система измерит.механизма	Марка прибора	Измеряемая величина	Предел измерения	Класс точности	Цена деления	Область применения	Рабочее положение
	Ц25						
	М42						

**Вариант 3.** На рисунке 20.3 представлены шкалы двух измерительных приборов.

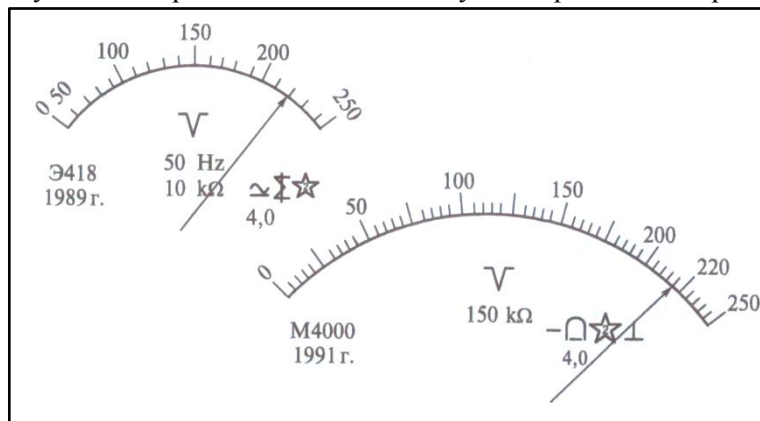


Рисунок 20.3

- Определить параметры этих приборов и заполнить таблицу 20.3;
- Расшифровать все символы, нанесённые на шкале каждого прибора;
- Определить значения измеряемых величин, соответствующих положениям стрелок на шкалах приборов;
- Рассчитать относительную погрешность измерения напряжения 220 В обоими приборами.

Таблица 20.3

Система измерит.механизма	Марка прибора	Измеряемая величина	Предел измерения	Класс точности	Цена деления	Область применения	Рабочее положение
	Э418						
	М4000						

**Вариант 4.** На рисунке 20.4 представлены шкалы двух измерительных приборов.

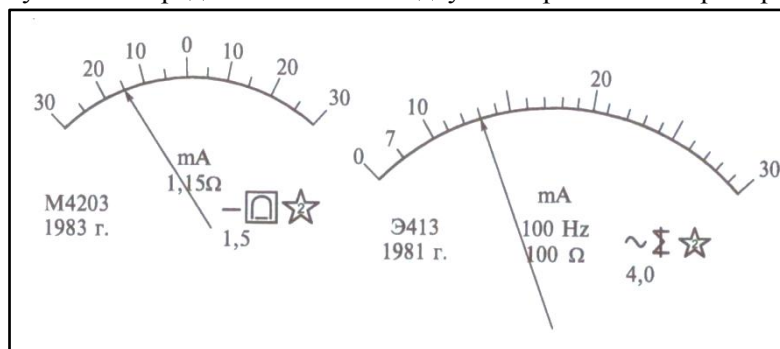


Рисунок 20.4

- Определить параметры этих приборов и заполнить таблицу 20.4;
- Расшифровать все символы, нанесённые на шкале каждого прибора;
- Определить значения измеряемых величин, соответствующих положениям стрелок на шкалах приборов;
- Рассчитать относительную погрешность измерения тока 15 мА обоими приборами.

Таблица 20.4

Система измерит.механизма	Марка прибора	Измеряемая величина	Предел измерения	Класс точности	Цена деления	Область применения	Рабочее положение
---------------------------	---------------	---------------------	------------------	----------------	--------------	--------------------	-------------------

	М4203						
	Э413						

### *Литература*

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. В.М.Прошин «Электротехника», §§ 5.1.2

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 21

4 часа

### **РАСЧЁТ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ С РАСШИРЕННЫМИ ПРЕДЕЛАМИ ИЗМЕРЕНИЯ**

#### **Вариант 1**

1. Амперметр включён через измерительный трансформатор тока ТТ 80/5. Определить ток в нагрузке, если показание прибора 3,6 А. Нарисовать схему включения прибора.
2. Вольтметр включён через измерительный трансформатор напряжения ТН 4000/100. Определить напряжение на нагрузке, если показание прибора 75 В. Нарисовать схему включения прибора.
3. Амперметром с пределом измерения  $I_A=50$  мА и внутренним сопротивлением  $R_A=1$  Ом следует измерить ток в 100 и 1000 раз больше его номинального значения. Найти сопротивления шунтов для выполнения указанных измерений.
4. Номинальное напряжение вольтметра  $U_V=10$  В, внутреннее сопротивление  $R_V=5$  кОм. Какое допустимое напряжение может быть в измеряемой цепи, если к вольтметру подключён добавочный резистор  $R_0=150$  кОм? Нарисовать схему включения прибора с добавочным резистором.

#### **Вариант 2**

1. Амперметр включён через измерительный трансформатор тока ТТ 120/5. Определить ток в нагрузке, если показание прибора 4,2 А. Нарисовать схему включения прибора.
2. Вольтметр включён через измерительный трансформатор напряжения ТН 30000/100. Определить напряжение на нагрузке, если показание прибора 60 В. Нарисовать схему включения прибора.
3. Амперметр, имеющий внутреннее сопротивление  $R_A=0,2$  Ом и предел измерения 10 А, необходимо использовать для измерения тока до 500 А. Определить сопротивление шунта прибора и падение напряжения на амперметре и шунте. Нарисовать схему включения прибора с шунтом.
4. Вольтметром с внутренним сопротивлением  $R_V=10$  кОм требуется измерить напряжение в 10 и 100 раз больше его номинального значения. Найти сопротивления добавочных резисторов для выполнения указанных условий.

### *Литература*

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. В.М.Прошин «Электротехника», §§ 5.1.2, 5.4.1-5.4.2

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 22

2 часа

### **СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ВАТТМЕТРОВ**

**Вариант 1.** Электрическая цепь состоит из трёх последовательно включённых приёмников  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ . Нарисовать схему включения ваттметров для измерения мощности  $P_1$ , потребляемой одним первым резистором, и мощности  $P_{2,3}$ , потребляемой вторым и третьим резисторами вместе. Определить результаты измерения, если показания приборов соответственно  $n_1=52$  дел.,  $n_{2,3}=60$  дел. Номинальные параметры ваттметров  $U_n=150$  В,  $I_n=2$  А,  $n_n=100$  дел.

**Вариант 2.** Электрическая цепь состоит из двух параллельно включённых приёмников  $R_1$ ,  $R_2$ . Нарисовать схему включения ваттметров для измерения мощности  $P_1$ , потребляемой одним первым резистором, и мощности  $P$ , потребляемой всей нагрузкой. Определить результаты измерения, если показания приборов соответственно  $n_1=18$  дел.,  $n=44$  дел. Номинальные параметры ваттметров  $U_n=300$  В,  $I_n=5$  А,  $n_n=50$  дел.

#### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. В.М.Прошин «Электротехника», §§ 5.4.3

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 23**

2 часа

#### **СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ТРЁХФАЗНЫХ СЧЁТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

##### **Задание**

1. Нарисовать схему прямого включения трёхфазного счётчика электрической энергии СА3У-И672 для измерения активной энергии, потребляемой трёхфазным двигателем, обмотки которого соединены треугольником.

2. Нарисовать схему включения трёхфазного счётчика СА4У-И678м для измерения активной энергии, потребляемой трёхфазной нагрузкой, соединённой по схеме «звезда».

3. Паспортные данные однофазного счётчика электрической энергии: 220 В, 10 А, 1 кВт·ч – 640 оборотов диска. Определить относительную погрешность счётчика  $\delta$ , если он был проверен при номинальных значениях напряжения и тока и за 10 минут сделал 236 оборотов. Изобразить схему включения счётчика.

#### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. В.М.Прошин «Электротехника», §§ 5.4.3

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 24**

3 часа

#### **ТИРИСТОРЫ**

##### **Задание**

Составить конспект по плану:

1. Устройство и принцип действия диодных тиристорov, их характеристики и параметры. Область применения.

2. Устройство и принцип действия триодных тиристорov, их характеристики и параметры. Тиристоры с управлением по катоду и с управлением по аноду. Область применения.

#### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]
2. В.М.Прошин «Электротехника», §§ 5.4.3

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 25**

3 часа

#### **РАСЧЁТ СХЕМ С ВЫПРЯМИТЕЛЯМИ**

##### **Задание**

1. Однополупериодный выпрямитель используется для питания электронного устройства, рабочий режим которого соответствует параметрам  $U_0=15$  В,  $I_0=0,5$  А. Определить выходные напряжение  $U$  и ток  $I$ , а также коэффициент трансформации трансформатора выпрямителя, если он подключён к сети 220 В.



Нарисовать схему выпрямителя и волновые диаграммы входного и выходного напряжений.

2. Двухполупериодный выпрямитель (трансформаторная схема) используется для питания нагрузки, в которой должен обеспечиваться рабочий режим  $U_0 = 100 \text{ В}$ ,  $I_0 = 1,5 \text{ А}$ . Определить необходимые значения входного напряжения  $U$  и тока  $I_{\text{выпрямителя}}$ .

Нарисовать схему выпрямителя и волновые диаграммы входного и выходного напряжений.

3. Мостовой двухполупериодный выпрямитель используется для питания устройства с рабочим режимом  $U_0 = 36 \text{ В}$ ,  $I_0 = 1 \text{ А}$ . Определить необходимые значения входного напряжения  $U$  и тока  $I_{\text{выпрямителя}}$ .

Нарисовать схему выпрямителя и волновые диаграммы входного и выходного напряжения. Указать, через какие диоды протекает ток в течение положительного и отрицательного полупериодов входного напряжения.

### **Литература**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]

### **Используемые источники**

#### **Основная литература:**

1. Аполлонский С. М. Электротехника [Электронный ресурс]: учебник / С. М. Аполлонский. – М. : КноРус, 2018. — 292 с. – (Среднее профессиональное образование). – Режим доступа : <https://www.book.ru/book/928016>
2. Аполлонский С. М. Электротехника. Практикум [Электронный ресурс]: практикум / С. М. Аполлонский. – М. : КноРус, 2018. – 318 с. – (Среднее профессиональное образование). – Режим доступа : <https://www.book.ru/book/927853>
3. Мартынова И. О. Электротехника [Электронный ресурс]: учебник / И. О. Мартынова. – М. : КноРус, 2019. — 304 с. – (Среднее профессиональное образование). – Режим доступа : <https://www.book.ru/book/930233>

#### **Дополнительная литература:**

1. Данилов И. А. Общая электротехника : В 2-х ч. Ч. 1 : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / И. А. Данилов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд. Юрайт, 2018. – 426 с.
2. Данилов И. А. Общая электротехника : В 2-х ч. Ч. 2 : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / И. А. Данилов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд. Юрайт, 2018. – 251 с.
3. Немцов М. В. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] : учебник для студ. учреждений сред. проф. учеб. заведений / М. В. Немцов. – М. : ИЦ Академия, 2017. – 568 с. – Режим доступа : <http://www.academia-moscow.ru>.
4. Прошин В. С. Рабочая тетрадь к лабораторно-практическим работам по электротехнике : учеб. пособие для студ. учреждений нач. проф. образования / В. С. Прошин. – 9-е изд., стер. – М. : ИЦ Академия, 2014. – 80 с.
5. Прошин В. М. Электротехника для неэлектротехнических профессий [Электронный ресурс] : учебник для студ. учреждений сред. проф. учеб. заведений / В. М. Прошин. – М. : ИЦ Академия, 2017. – 464 с. – Режим доступа : <http://www.academia-moscow.ru>.
6. Фуфаева Л. И. Электротехника : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л. И. Фуфаева. – 4-е изд., стер. – М. : ИЦ Академия, 2015. – 384 с.

#### **Интернет-ресурсы:**

1. Усольцев, А. А. Лекция по электротехнике / А. А. Усольцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.youtube.com/watch?v=-NKZNUUzR-Q> (дата обращения : 18.08.2018).
2. Конденсатор в цепи переменного тока / [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.youtube.com/watch?v=sCdYxwld3aA> (дата обращения : 21.08.2018).

3. Закон Ома простыми словами / [Электронный ресурс]. – Режим доступа :<https://www.youtube.com/watch?v=ZB-YvMrKS44> (дата обращения : 28.08.2018).