

ГАПОУ СО
«Новокуйбышевский нефтехимический техникум»

ВНЕАУДИТОРНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания для студентов

по специальности

- 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования;
- 22.02.06 Сварочное производство;
- 15.02.07 Автоматизация технологических процессов;
- 18.02.06 Химическая технология органических веществ;
- 18.02.09 Переработка нефти и газа;
- 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта

Внеаудиторная самостоятельная работа по дисциплине «электротехника и электроника»: метод. указ. для студентов, ГАПОУ СО «ННХТ» - Новокуйбышевск, 2011.

Печатается по решению ПЦК СПО ГАПОУ СО «ННХТ»

Составитель: О.П.Тарасова, преподаватель

В методических указаниях представлены задания и рекомендации по выполнению внеаудиторных самостоятельных работ по дисциплине «Электротехника и электроника» для студентов всех специальностей техникума.

© ГАПОУ СО «ННХТ»

1.Пояснительная записка

Самостоятельная работа студентов под непосредственным руководством преподавателя занимает большое место в различных формах организации учебного процесса: на уроках, лабораторных и практических занятиях, в курсовом проектировании. Своеобразной формой организации обучения являются внеаудиторные самостоятельные занятия студентов по выполнению домашних заданий. Они представляют собой логическое продолжение аудиторных занятий, проводятся по заданию преподавателя, который инструктирует студента и устанавливает сроки выполнения задания.

Предлагаемая система методических указаний направлена на формирование у студентов умений и навыков самостоятельной работы с учебной литературой, отвечать на поставленные вопросы, умение структурировать изученное, решать качественные и количественные задачи.

Цель методических указаний состоит в обеспечении эффективности самостоятельной работы, определении её содержания, установления требований к оформлению и результатам самостоятельной работы.

Целями внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине: «Электротехника и электроника» являются:

- углубление и расширение теоретических знаний.
- формирование общепрофессиональных компетенций.
- овладение технологическим учебным инструментом.
- пробуждение и развитие познавательных интересов.
- развитие познавательных способностей и активности обучающихся.
- развитие творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности.
- развитие исследовательских умений.
- мотивирование регулярной целенаправленной работы по освоению специальности.
- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся.

Методические указания по проведению внеаудиторной самостоятельной работе предложены в объеме 44 часов, сделаны приложения, которые необходимы для выполнения заданий

2. Инструкция по работе с методическими указаниями

1. Обучающимся прочитать текст введения.
2. Найти в учебно-методическом пособии тему внеаудиторной самостоятельной работы.
3. Выяснить содержание работы и алгоритм, то есть порядок действий при её выполнении.
4. В теме уяснить критерии, по которым будет оцениваться внеаудиторная самостоятельная работа.
5. В каждой теме внеаудиторной самостоятельной работы указана литература, по которой выполняется работа.
6. Обратит внимание при подготовке внеаудиторной самостоятельной работы на формат выполнения каждой работы.

Если обучающийся испытывает затруднения, не ясны задания, порядок их выполнения, обучающийся получает консультацию у преподавателя.

Реальный срок сдачи выполнения работы – 1 неделя.

3. Задания для внеаудиторной самостоятельной работы.

№	Кол-во часов	Тема	Вид самостоятельной работы	Форма контроля
1	4	Проводники и диэлектрики в электрическом поле	Изучение материала, составление глоссария, выполнение заданий	Зачет в письменной форме
2	4	Тепловое действие электрического тока. Работа и мощность электрического тока.	Изучение материала, подготовка презентации, выполнение заданий	Зачет в письменной форме Выступление
3	6	Методы расчета сложной цепи	Изучение материала, выполнение заданий	Зачет в письменной форме.
4	3	Нелинейные электрические цепи	Изучение материала, составление глоссария, ответы на вопросы, решение задач, подготовка сообщения	Зачет в письменной форме. Выступление
5	5	Магнитные свойства вещества	Изучение материала, ответы на вопросы, выполнение заданий, подготовка сообщений	Зачет в письменной форме. Выступление
6	4	Символический метод расчета однофазных цепей переменного тока	Изучение материала, решение задач	Зачет в письменной форме.
7	2	Элементы цепей переменного тока. Емкостное и индуктивное сопротивления, их зависимость от частоты переменного тока и параметров элементов	Изучение материала, выполнение электронной лабораторной работы; ответы на вопросы	Зачет в письменной форме.
8	3	Симметричные трехфазные цепи при соединении фаз приемника треугольником	Изучение материала, выполнение заданий	Зачет в письменной форме
9	3	Несимметричные трехфазные цепи при соединении фаз	Изучение материала, выполнение заданий	Зачет в письменной форме.

		приемника звездой		
10	2	Электрические измерения	Изучение материала, выполнение контрольной работы по вариантам	Зачет в письменной форме
11	3	Выбор автоматических выключателей и предохранителей для защиты двигателей	Изучение материала, выполнение заданий	Зачет в письменной форме
12	1	Синхронные машины	Изучение материала, выполнение тестовой контрольной работы по вариантам	Зачет в письменной форме
13	2	Варикапы. Светодиоды. Фотодиоды	Изучение материала, подготовка презентаций	Зачет в письменной форме. Выступление
14	2	Стабилизаторы тока и напряжения	Изучение материала, подготовка презентации	Зачет в письменной форме. Выступление
Итого: 44 часа.				

4. Критерии оценки

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся может проходить в письменной, устной или смешанной форме, с представлением изделия или продукта творческой деятельности обучающихся. Итог внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся проводится в виде отметки, которая выставляется в журнале теоретических занятий.

При оценке всех видов работ обучающихся используется следующая шкала оценки образовательных достижений:

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

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающегося являются:

- уровень освоения учебного материала;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении расчетных задач;
- сформированность общеучебных умений;
- обоснованность и четкость изложения доклада;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 1

Тема: Проводники и диэлектрики в электрическом поле

Цели: продолжить формирование представлений о проводниках и диэлектриках; ознакомление со строением проводников и диэлектриков и их поведением в электростатическом поле

Источники учебной информации:

1. В.М. Прошин Электротехника, М. «Академия», 2010 г. §1.6.1-1.6.3

2. Интернет-ресурсы.

В процессе работы над темой учащиеся должны:

понимать:

- основные представления, связанные с понятием «проводник», «диэлектрик», «свободные заряды», «связанные заряды»;

знать:

- определения проводника и диэлектрика, электростатической индукции, отличие полярного диэлектрика от неполярного

- поведение проводников и диэлектриков в электрическом поле;

- устройство и принцип действия конденсатора;

- формулы по теме;

уметь:

- приводить примеры проводников и диэлектриков;

- рассчитывать электрическую емкость конденсатора;

- рассчитывать эквивалентную емкость конденсаторов при различном соединении

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

1. Проводник в электрическом поле

2. Электростатическая защита

3. Электромметр.

4. Диэлектрик в электрическом поле. Поляризация диэлектрика.

5. Пьезоэлектрический эффект.

6. Электрическая емкость проводника.

7. Конденсаторы. Соединение конденсаторов в батареи

8. Энергия заряженного конденсатора. Плотность энергии электрического поля.

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберитe теоретические вопросы темы и выполните следующие задания.

Задание 1. Составьте глоссарий по теме.

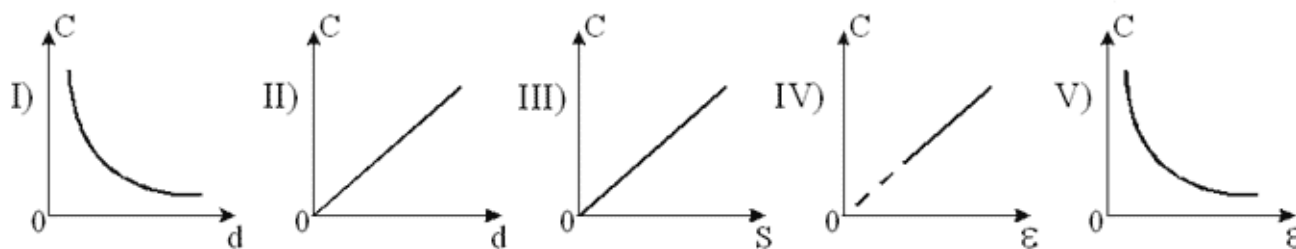
Критерии оценки: обоснованность и четкость в составлении словаря терминов, оформление материала в соответствии с требованиями

Задание 2. Выполнить тест

№1: Какое из нижеприведенных утверждений не справедливо?

- А) Увеличение диэлектрической проницаемости среды между обкладками плоского конденсатора приводит к увеличению его электроемкости.
- В) Изменение электроемкости конденсатора при подключенном источнике тока не изменяет напряжение между его обкладками.
- С) Конденсаторы можно рассматривать как "накопитель" энергии.
- Д) Электроемкость конденсатора зависит от величины заряда на его обкладках.
- Е) Работа по изменению электроемкости конденсатора, равна изменению энергии поля этого конденсатора.

№2: Какой или какие из нижеприведенных графиков отражают зависимость емкости плоского конденсатора от указанных на рисунках параметров?



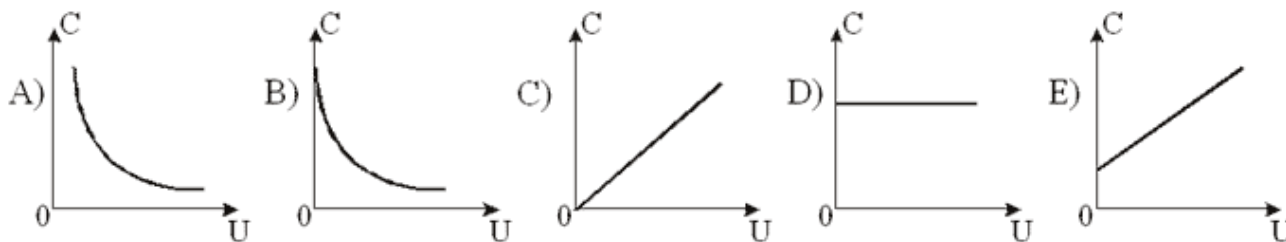
- А) I, V
- В) I, III, IV
- С) I, III, V
- Д) II, III, V
- Е) III, IV

№3: Выразить через основные единицы единицу электроемкости.

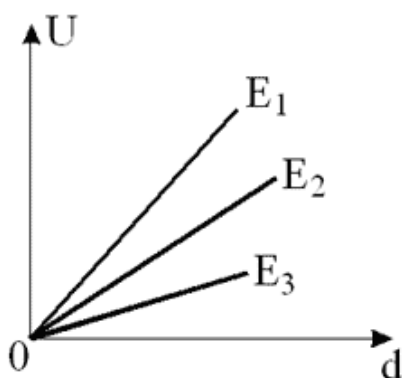
- А) Ф
- В) $A^2 \cdot c^4 \cdot кг^{-1} \cdot м^{-2}$
- С) $A^2 \cdot c^2 \cdot кг \cdot м^{-2}$
- Д) $A^2 \cdot c^4 \cdot кг \cdot м^{-2}$
- Е) $A^2 \cdot c^4 \cdot кг^{-1} \cdot м^3$

№4: Какой из нижеприведенных графиков отражает зависимость емкости

конденсатора от напряжения между обкладками?



№5: На рисунке показана зависимость разности потенциалов между пластинами плоского конденсатора переменной емкости от расстояния между обкладками. В каком из нижеприведенных соотношений находятся напряженности электростатических полей между пластинами этих конденсаторов?



- A) $E_3 > E_2 > E_1$
- B) $E_3 < E_2 < E_1$
- C) $E_3 > E_1 > E_2$
- D) $E_3 < E_1 < E_2$
- E) $E_3 = E_1 = E_2$

№6: Площадь каждой из пластин плоского конденсатора равна 100 см^2 . Чему равно расстояние между пластинами, если при сообщении конденсатору заряда $17,6 \text{ нКл}$ разность потенциалов между его обкладками равна $0,5 \text{ кВ}$?

- A) 5 мм
- B) $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$
- C) $2,5 \text{ мм}$
- D) $5 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$
- E) $0,25 \text{ мм}$

№7: Плоский конденсатор емкостью $0,3 \text{ мкФ}$ полностью заполнен слюдяными пластинами, толщина каждой из которых равна 5 нм . Сколько слюдяных пластин необходимо взять, если площадь каждой обкладки равна 50 см^2 ?

- A) 880
- B) 88
- C) $8,8$

D) 1760

E) 176

№8: На сколько процентов изменилась энергия конденсатора, если величину заряда на обкладках увеличить на 20%?

A) Увеличилась на 44%.

B) Увеличилась на 40%.

C) Увеличилась на 144%.

D) Увеличилась на 300%.

E) Увеличилась на 20%.

№9: Плоский воздушный конденсатор емкостью 17,6 пФ образуют квадратные пластины, расположенные на расстоянии 0,4 мм друг от друга. Определить длину одной из сторон этих пластин.

A) $4 \cdot 10^{-2}$ см

B) $2 \cdot 10^{-2}$ см

C) 2 см

D) 4 см

E) Среди ответов нет правильного.

№10: На сколько процентов изменилась емкость плоского конденсатора, если площадь его обкладок уменьшить на 25%?

A) Увеличилась на 25%.

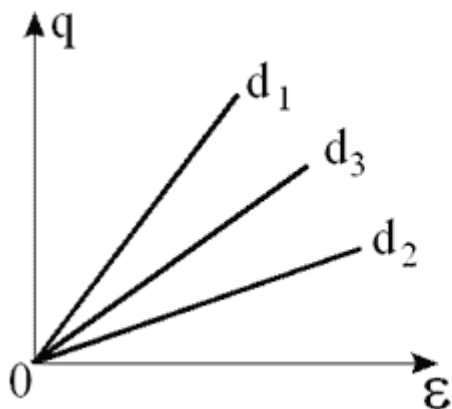
B) Уменьшилась на 25%.

C) Увеличилась на 75%.

D) Уменьшилась на 75%.

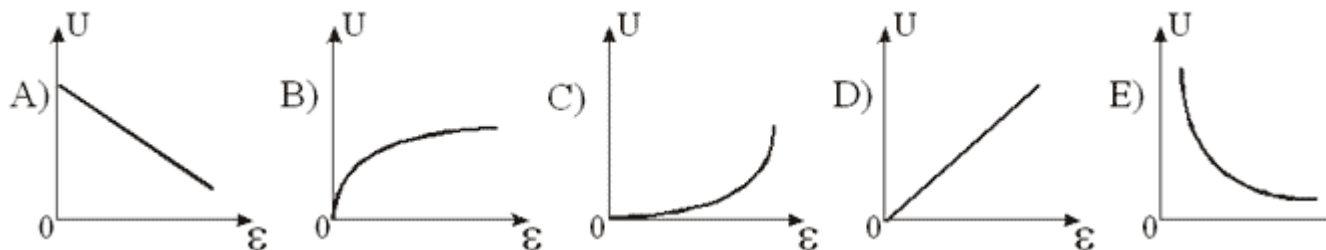
E) Не изменилась.

№11: Три плоских конденсатора, заполненные различными диэлектриками и имеющие одинаковые площади пластин, подключены к источникам тока, дающим одно и то же напряжение. На рисунке приведена зависимость зарядов этих конденсаторов от диэлектрической проницаемости среды, находящейся между пластинами. В каком из нижеприведенных соотношений находятся между собой расстояния между пластинами этих конденсаторов?



- A) $d_1 > d_2 > d_3$
- B) $d_1 < d_2 < d_3$
- C) $d_1 > d_3 > d_2$
- D) $d_1 < d_3 < d_2$
- E) Нельзя определить.

№12: Какой из нижеприведенных графиков наиболее точно отражает зависимость разности потенциалов между пластинами плоского конденсатора от диэлектрической проницаемости среды, находящейся между пластинами этого конденсатора (конденсатор отсоединен от источника тока).



№13: На какую высоту поднялся бы груз массой 1 кг, если энергия конденсатора емкостью 0,3 пФ и зарядом 3 мкКл перешла бы в механическую энергию? КПД разрядки 40%.

- A) 60 см
- B) 0,6 см
- C) 1,7 см
- D) 17 см
- E) 3,4 см

№14: Плоский воздушный конденсатор зарядили от источника постоянного напряжения и отключили от него. Как изменится разность потенциалов между обкладками этого конденсатора, если все пространство между пластинами заполнить бумагой?

- A) Не изменится.
- B) Увеличится в 2 раза.
- C) Уменьшится в 2 раза.

- D) Увеличится в 2,2 раза.
 E) Уменьшится в 2,2 раза.

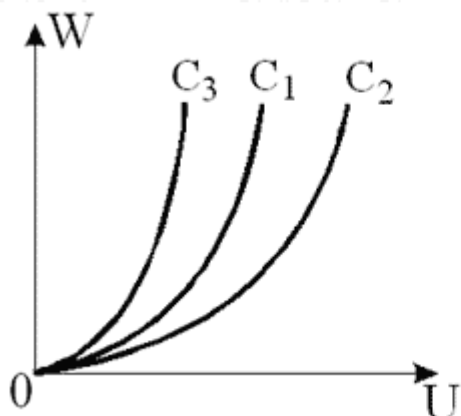
№15: Во сколько раз изменился заряд на пластинах плоского конденсатора, подключенного к источнику постоянного тока, если все пространство между пластинами заполнить слюдой?

- A) Увеличится в 6 раз.
 B) Уменьшится в 6 раз.
 C) Увеличится в 36 раз.
 D) Уменьшится в 36 раз.
 E) Недостаточно информации для ответа.

№16: Напряженность электростатического поля между пластинами плоского воздушного конденсатора, подключенного к источнику постоянного напряжения равна $6 \cdot 10^4$ В/м. Какой станет напряженность этого поля, если увеличить расстояние между пластинами конденсатора вдвое?

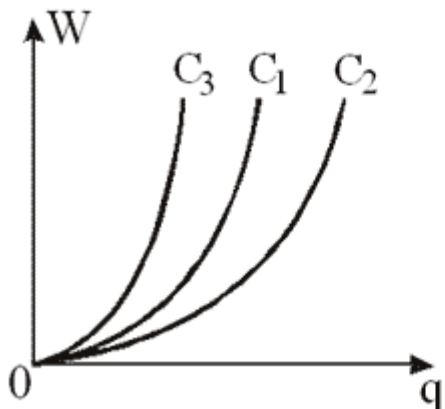
- A) $1,5 \cdot 10^4$ В/м
 B) $3 \cdot 10^4$ В/м
 C) $4,5 \cdot 10^4$ В/м
 D) $12 \cdot 10^4$ В/м
 E) Нельзя определить.

№17: На рисунке показана зависимость энергий трех конденсаторов от подаваемых на пластины напряжений. В каком из нижеприведенных соотношений находятся между собой емкости этих конденсаторов?



- A) $C_3 < C_2 < C_1$
 B) $C_3 > C_2 > C_1$
 C) $C_3 < C_1 < C_2$
 D) $C_3 > C_1 > C_2$
 E) $C_3 = C_1 = C_2$

№18: На рисунке показан график зависимости энергии конденсатора от величины заряда, для трех конденсаторов. В каком из нижеприведенных соотношений находятся между собой емкости этих конденсаторов?



- A) $C_3 > C_2 > C_1$
- B) $C_3 > C_1 > C_2$
- C) $C_3 = C_2 = C_1$
- D) $C_3 < C_2 < C_1$
- E) $C_3 < C_1 < C_2$

№19: Какой из нижеприведенных величин соответствует выражение:

$$\frac{W}{\epsilon \epsilon_0 E^2 d} ?$$

Где:

W - энергия;

ϵ - диэлектрическая проницаемость;

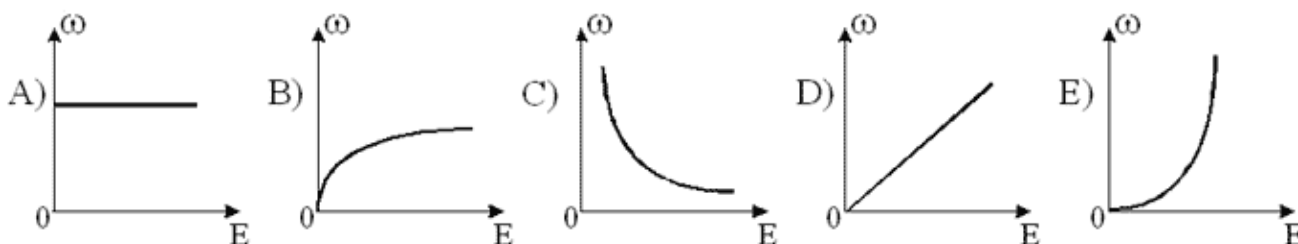
ϵ_0 - электрическая постоянная;

E - напряженность;

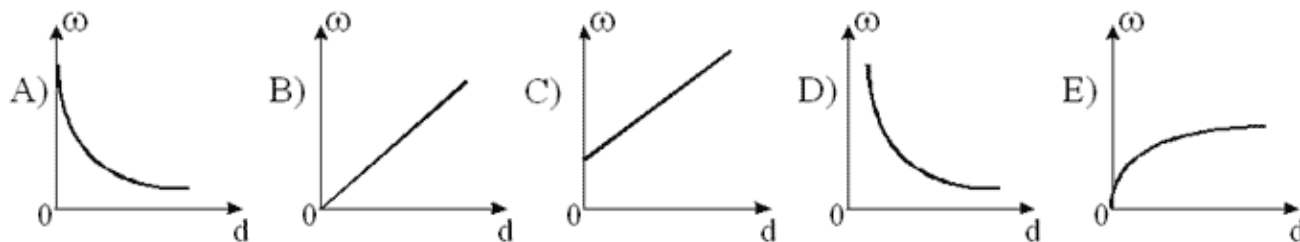
d - расстояние.

- A) Площади.
- B) Мощности.
- C) Напряжению.
- D) Емкости.
- E) Заряду.

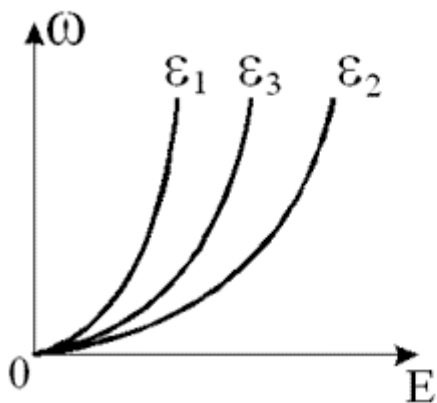
№20: Какой из нижеприведенных графиков отражает зависимость плотности энергии электростатического поля от напряженности?



№21: Какой из нижеприведенных графиков отражает зависимость плотности энергии конденсатора подсоединенного к источнику тока, от расстояния пластинами?



№22: На рисунке показан график зависимости плотности энергии электростатического поля конденсаторов от напряженности для трех различных конденсаторов. В каком из нижеприведенных соотношений между собой находятся их диэлектрические проницаемости?



- A) $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3$
- B) $\epsilon_1 > \epsilon_2 > \epsilon_3$
- C) $\epsilon_1 < \epsilon_2 < \epsilon_3$
- D) $\epsilon_1 > \epsilon_3 > \epsilon_2$
- E) $\epsilon_1 < \epsilon_3 < \epsilon_2$

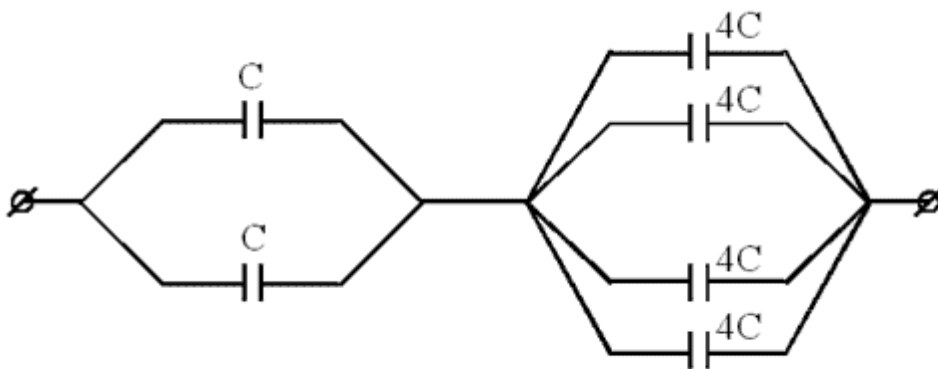
№23: Между пластинами плоского конденсатора площадью $4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$, расположенными на расстоянии 2 см друг от друга, находится диэлектрик, заполняющий все пространство между пластинами. Определить емкость этого конденсатора, если плотность энергии электростатического поля равна 4 мДж/м^3 , а напряжение между обкладками 4 кВ.

- A) 0,4 пФ
- B) 4 пФ
- C) 0,4 нФ
- D) 40 нФ
- E) 17,6 пФ

№24: Два конденсатора одинаковой емкости заряжены до разности потенциалов 5 кВ и 3 кВ. Определить установившуюся разность потенциалов после их параллельного соединения. (Соединяются обкладки, имеющие одноименные заряды).

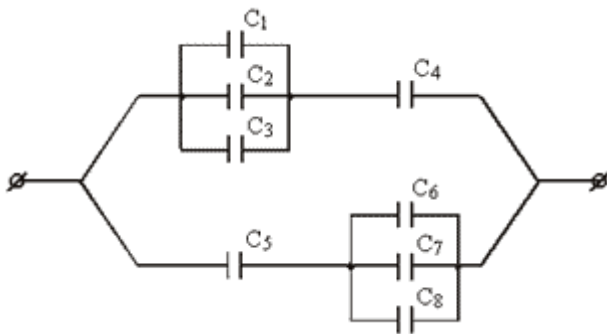
- A) 4 В
- B) 8 В
- C) 8000 В
- D) 4000 В
- E) 1000 В

№25: Определить эквивалентную (общую) емкость системы конденсаторов, изображенных на рисунке.



- A) 18 С
- B) $\frac{2}{3}$ С
- C) $\frac{9}{16}$ С
- D) $\frac{3}{2}$ С
- E) $\frac{16}{9}$ С

№26: Определить эквивалентную (общую) емкость батареи конденсаторов, изображенных на рисунке, если $C_1=C_2=C_3=C_6=C_7=C_8=2$ пФ, $C_4=C_5=6$ пФ



- A) 0,3 пФ
- B) 6 пФ
- C) 24 пФ
- D) 16 пФ
- E) 12 пФ

№27: Два конденсатора емкостью $C_1 = 3$ мкФ и $C_2 = 6$ мкФ соединены последовательно и подключены к источнику тока с напряжением 3 кВ.

Определить величину заряда на втором конденсаторе.

- A) 6 мКл
- B) 18 мКл
- C) 2 мКл
- D) 3 мКл
- E) 27 мКл

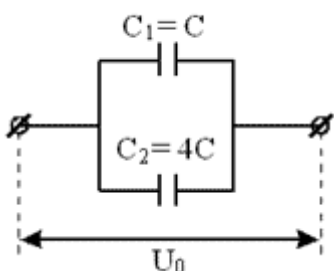
№28: Три одинаковых конденсатора емкостью 9 мкФ соединены последовательно и подключены к источнику тока, напряжение на зажимах которого 2 кВ. Чему равен заряд этой батареи конденсаторов?

- A) 54 мКл
- B) 6 мКл
- C) 162 мКл
- D) 18 мКл
- E) 4,5 мКл

№29: Три одинаковых конденсатора емкостью 9 мкФ соединены параллельно и подключены к источнику тока, напряжение на зажимах которого 2 кВ. Чему равен заряд этой батареи конденсаторов?

- A) 54 мКл
- B) 6 мКл
- C) 162 мКл
- D) 18 мКл
- E) 4,5 мКл

№30: На сколько процентов величина заряда на обкладках второго конденсатора отличается от величины заряда на первом конденсаторе?



- A) На 400% больше.
- B) На 75% больше.
- C) На 300% больше.
- D) На 25% больше.
- E) На 75% меньше.

№31: Два плоских конденсатора, имеющие одинаковые геометрические размеры соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения и после их зарядки отсоединены от источника тока. Во сколько раз напряжение на втором конденсаторе отличается от напряжения на первом, если первый конденсатор воздушный, а второй содержит в качестве диэлектрика стекло.

- A) В 10 раз больше.
- B) В 10 раз меньше.
- C) В 20 раз больше.
- D) В 20 раз меньше.
- E) Нельзя определить.

Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач, оформление задач и правильность полученного результата.

Контроль выполнения: сдача решенных задач и глоссария в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 4 часа.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Тема: Тепловое действие электрического тока. Работа и мощность электрического тока.

Цели: познакомить учащихся с физическими величинами: работа и мощность тока; помочь усвоить формулы, позволяющие определить эти величины; познакомить с единицами измерения работы и мощности тока; научить применять знания о работе и мощности тока к объяснению и анализу явлений окружающего мира, применять знания о работе и мощности тока к объяснению работы бытовых приборов; продолжить формирование умений использовать учебной и дополнительной литературы;

В процессе работы над темой учащиеся должны:

давать: определение понятиям «работа тока», «мощность тока», «полезная работа и мощность», «затраченная работа и мощность»

уметь:

- формулировать закон Джоуля-Ленца;
- приводить примеры превращения энергии;
- записывать формулы по теме;
- решать задачи.

Источники учебной информации

- 1.М.В. Немцов, И.И. Светлаков Электротехника с основами электроники. Ростов-на-Дону «Феникс», 2008, §1.16-1.17
2. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008 , § 3.4-3.6
- 3.В.М. Прошин Электротехника, М. «Академия», 2010 г. §1.6.1-1.6.3
4. Интернет-ресурсы

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

- 1.Работа электрического тока. Закон Джоуля –Ленца.
- 2.Мощность электрического тока..
- 3.Тепловое действие электрического тока.
- 4.Короткое замыкание. Практическое применение теплового действия тока.

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

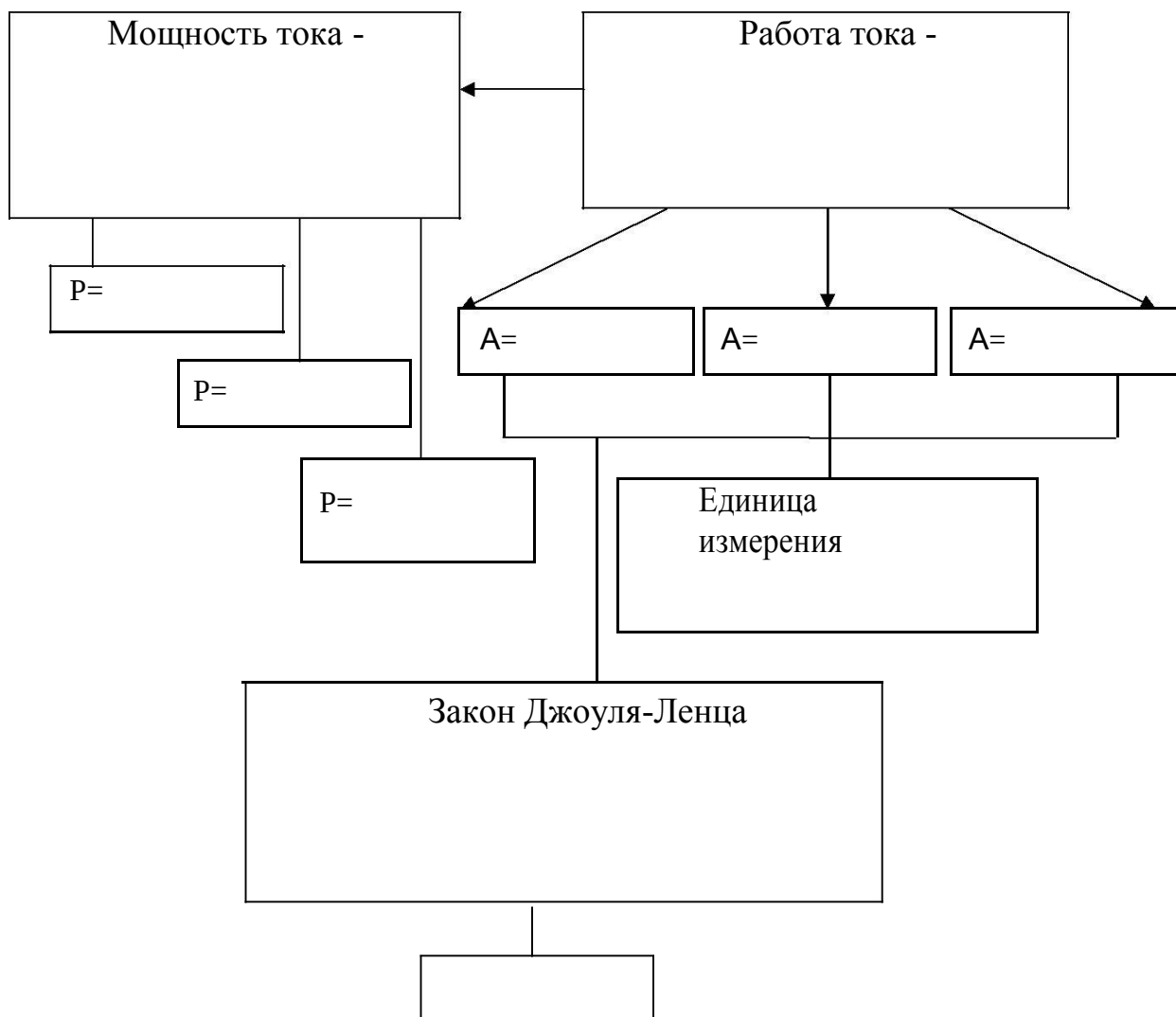
Разберите теоретические вопросы темы и выполните следующие задания.

Задание 1. Составьте презентацию, используя учебники, справочную литературу, Интернет-ресурсы

Критерии оценки: четкость, последовательность изложения учебного материала, использование дополнительной информации, оформление материала в соответствии с требованиями

Контроль результата: защита выполненной работы

Задание 2. Заполните схему



Задания 4. Выполнить задания теста

1. Укажите формулу для расчета работы электрического тока?

- А) $A = F \cdot S$; Б) $A = IUt$; В) $N = \frac{A}{t}$.

2. Укажите основную единицу измерения мощности электрического тока.

- А) Ампер; Б) Джоуль; В) Ватт; Г) Вольт.

3. По какой формуле определяется мощность электрического тока?

- А) $A = IUt$; Б) $P = IU$; В) $I = \frac{U}{R}$; Г) $Q = I^2 Rt$.

4. Какая физическая величина определяется формулой $Q = I^2 Rt$?

- А) мощность электрического тока;
 Б) количество теплоты, выделяющееся при прохождении электрического тока на участке цепи за время t ;
 В) количество электрического заряда, протекающего в цепи за время t ;
 Г) количество теплоты, выделяющееся за время t .

5. Во сколько раз увеличится или уменьшится количество теплоты, выделяемое в электрической плитке, если ток через ее спираль увеличить вдвое?

- А) увеличится в 2 раза; Б) уменьшится в 2 раза;
 В) увеличится в 4 раза; Г) уменьшится в 4 раза.

6. В елочной гирлянде последовательно включают несколько ламп. Затем в нее еще включают одну лампу последовательно. Как изменится работа электрического тока за один час?

А) увеличится ; Б) не изменится; В) уменьшится.

7. Как включаются автоматы, отключающие при перегрузках электрическую сеть квартиры, последовательно или параллельно?

А) параллельно; Б) последовательно;

В) один последовательно, другой параллельно.

8. Какова мощность электрического тока в электроплите при напряжении 220 В и силе тока 2 А?

А) 100 Вт; Б) 440 Вт; В) 4 кВт; Г) 0,01 Вт.

9. Определите работу электрического тока в электроплите за 2 мин, если мощность 400 Вт.

А) 48 кДж; Б) 800 Дж; В) 200 Дж; Г) 3,3 Дж.

10. Какое количество теплоты выделяется в проводнике сопротивлением 20 Ом за 10 мин при силе тока 2 А?

А) 480 кДж; Б) 48 кДж; В) 24 кДж; Г) 8 кДж.

11. Электрический паяльник рассчитан на напряжение 127 В и силу тока 0,5 А. Вычислите работу тока за 10 мин.

А) 2 кДж; Б) 40 кДж; В) 38,1 кДж; Г) 1,5 кДж.

12. За какое время ток 4 А совершит работу 35,2 кДж при напряжении 220 В?

А) 2 с; Б) 40 с; В) 38 с; Г) 1,5 с.

13. Какую энергию расходует стиральная машина за 2 часа работы, мощность электродвигателя которой 400 Вт?

А) 0,45 кВт · ч; Б) 100 кВт · ч; В) 0,8 кВт · ч; Г) 200 кВт · ч.

14. Электрическая лампа за 10 мин расходует 36 кДж энергии. Вычислите напряжение на лампе, если сила тока 0,5 А.

А) 20 В; Б) 120 В; В) 360 В; Г) 180 В.

15. На паспорте электроплиты, включенной в электросеть, имеется надпись «0,56 кВт, 220 В». Чему равна сила тока в сети?

А) 2,55 А; Б) 58,4 А; В) 0,25 А; Г) 5 А.

16. В электрическом двигателе сила тока 30 А, мощность 3,6 кВт. Вычислите напряжение на клеммах двигателя.

А) 0,12 В; Б) 108 В; В) 108 кВт; Г) 120 В.

17. Как изменится количество теплоты, выделенное спиралью электроплиты, если длину уменьшить в 4 раза?

А) увеличится в 2 раза; Б) увеличится в 4 раза;

В) уменьшится в 2 раза; Г) уменьшится в 4 раза.

18. Какую энергию расходует электроутюг за 1 мин, если сопротивление нагревательного элемента 100 Ом, а сила тока 2 А?

А) 7560 Дж; Б) 72600 Дж; В) 24000 Дж; Г) 96 кДж.

19. За какое время электроплита мощностью 800 Вт расходует 1 кВт · ч энергии?

А) 75 мин; Б) 100 мин; В) 10 мин; Г) 20 мин.

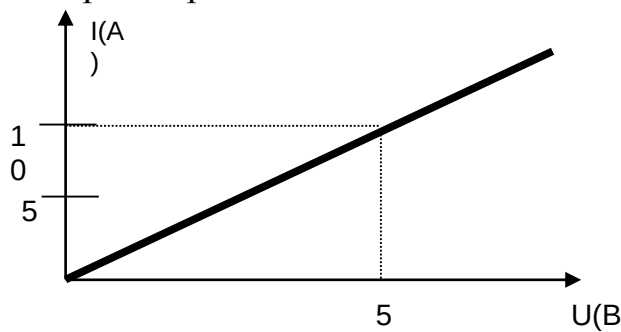
20. От каких физических величин зависят показания электросчетчика в квартире?

А) только от силы тока в цепи; Б) от силы тока и напряжения;

В) от силы тока, напряжения и времени прохождения тока; Г) от напряжения.

21. По графику определите количество теплоты, выделившееся в проводнике за 20

мин при напряжении в цепи 5 В.



- А) 1 Дж;
- Б) 10 Дж;
- В) 60 кДж;
- Г) 1 кДж.

22. Определите стоимость израсходованной энергии при использовании телевизором в течение полутора часов. Потребляемая мощность 220 Вт, а стоимость 1 кВт · ч равна 40 коп.

А) 60 коп; Б) 30 коп; В) 20 коп; Г) 13,2 коп.

23. Пылесос мощностью 00 Вт работает при напряжении 120 В. Определите сопротивление витков электродвигателя.

А) 120 Ом; Б) 60 Ом; В) 28,8 Ом; Г) 4 Ом.

24. Определите стоимость электроэнергии, израсходованной пылесосом мощностью 500 Вт за 0,5 часа (тариф 40 коп за 1 кВт · ч).

А) 5 коп; Б) 10 коп; В) 20 коп; Г) 40 коп.

25. Нихромовая спираль длиной 5 м и площадью 0,5 мм² включена в сеть напряжением 110 В. Определите мощность тока. (Удельное сопротивление

$\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

нихрома 1,1 $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$).

А) 11 Вт; Б) 110 Вт; В) 1100 Вт; Г) 11000 Вт.

26. Сила тока в спирали электроплиты мощностью 600 Вт 5 А. Определите сопротивление спирали.

А) 3000 Ом; Б) 120 Ом; В) 24 Ом; Г) 0,0018 Ом.

27. Прибор, рассчитанный на напряжение 220 В, включен в сеть напряжением 127 В. Как изменилась потребляемая мощность?

А) уменьшилась; Б) увеличилась; В) не изменилась.

28. В каком случае мощность тока меньше: 1) при силе тока 1,5 А и напряжении 12 В, 2) при силе тока 600 мА и напряжении 0,3 кВ?

А) только 1; Б) только 2; В) одинаково.

29. Как изменится количество теплоты, выделяемое проводником с током, если напряжение на нем уменьшить в 2 раза?

А) увеличится в 2 раза; Б) увеличится в 4 раза;
В) уменьшится в 2 раза; Г) уменьшится в 4 раза.

30. Сколько времени должен работать электродвигатель, чтобы при мощности тока в нем 250 Вт совершить работу, равную 1 кВт · ч?

А) 1 ч; Б) 2 ч; В) 3 ч; Г) 4 ч.

Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач, оформление задач и правильность полученного результата.

Контроль выполнения: сдача решенных задач, ответов на вопросы теста и конспекта в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 4 часа

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 3

Тема: Методы расчета сложной цепи

Цели: приобретение навыков анализа и расчета цепей постоянного тока
Студент должен:

знать:

- первое и второе правила Кирхгофа; метод свертывания схем;
- чему равны сила тока, напряжение, сопротивление при последовательном, параллельном соединении резисторов;
- методы расчета сложных цепей

уметь:

- производить преобразования цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов;
- составлять уравнения Кирхгофа для расчета электрических цепей;
- выбирать методы расчета в зависимости от типа цепи постоянного тока;
- применять закон Ома для расчета электрических цепей;

Источники учебной информации:

1. М.В. Немцов, И.И. Светлаков Электротехника с основами электроники. Ростов-на-Дону «Феникс», 2008, §1.10-1.12
2. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008, §3.13-3.15
3. В.М. Прошин Электротехника, М. «Академия», 2010 г. §1.5.3
4. Интернет-ресурсы.
5. Краткие сведения из теории.

1. Краткие сведения из теории

Анализ электрической цепи состоит, как правило, в нахождении токов в ветвях цепи или/и напряжений на элементах ветвей электрической цепи. При этом для цепи постоянного тока полагают заданными значения сопротивлений резистивных элементов и напряжения (токи) источников э. д. с. (тока). В каждом конкретном случае в зависимости от сложности конфигурации электрической цепи, количества искомых токов (напряжений) и других условий, могут быть использованы разные методы решения задач анализа. Рассмотрим некоторые из таких методов.

1.1 Решение задач анализа на основании законов Кирхгофа

Искомые значения электрических величин (токи и напряжения) могут быть найдены в результате совместного решения системы уравнений, составленной на основании первого и второго законов Кирхгофа. В общем случае, когда необходимо определять токи во всех n_e ветвях электрической цепи, нужно составить систему, содержащую $n = n_e - n_j$ независимых уравнений, где n_j – число ветвей, содержащих источники тока.

Законы Кирхгофа являются основными законами электрических цепей. Оба закона были установлены на основании многочисленных опытов.

Первый закон Кирхгофа (закон токов Кирхгофа) гласит: *алгебраическая сумма*

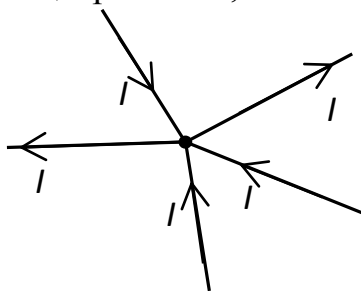
токов в любом узле электрической цепи в любой момент времени равна нулю.

Так если в узле электрической цепи сходится k ветвей, то можно записать

$$\sum_{i=1}^k I_i = 0, \quad (1.1)$$

где I_i – ток в i -ой ветви, подходящей к узлу.

При составлении уравнений по первому закону Кирхгофа необходимо задаться условно-положительными направлениями токов во всех ветвях, обозначив их на схеме электрической цепи стрелками. В приведенном выражении для определенности со знаком плюс записываются токи с условными положительными направлениями от узла («вытекающие из узла»), а со знаком минус – с условными положительными направлениями к узлу («втекающие в узел»). Такой выбор условных направлений токов является общепринятым, хотя можно принять и наоборот: со



знаком плюс записать токи направленные к узлу, а со знаком минус – от узла. Результат решения задачи будет таким же.

В качестве следствия из первого закона Кирхгофа можно записать: *сумма токов, направленных от узла электрической цепи, равна сумме токов, направленных к узлу*. Например, для узла цепи на рисунке 1.1 можно записать

$$-I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0,$$

или

$$I_3 + I_5 = I_1 + I_2 + I_4.$$

Рисунок 1.1

Если в результате расчета электрической цепи будет получено для тока некоторой ветви положительное значение, то это значит, что ток имеет действительное направление, совпадающее с выбранным условно-положительным направлением (с направлением стрелки). Если же для какого-либо тока будет получено отрицательное значение, то это значит, что ток в действительности имеет направление, противоположное направлению стрелки.

Максимальное число независимых уравнений, составляемых по первому закону Кирхгофа (закону токов Кирхгофа), равно

$$n_{\text{зтк}} = q - 1, \quad (1.2)$$

где q – число узлов в электрической цепи.

Второй закон Кирхгофа (закон напряжений Кирхгофа) применяется к контурам электрической цепи и формулируется следующим образом: *алгебраическая сумма падений напряжения во всех ветвях любого замкнутого контура электрической цепи равна алгебраической сумме э. д. с. источников энергии, действующих в этом контуре.*

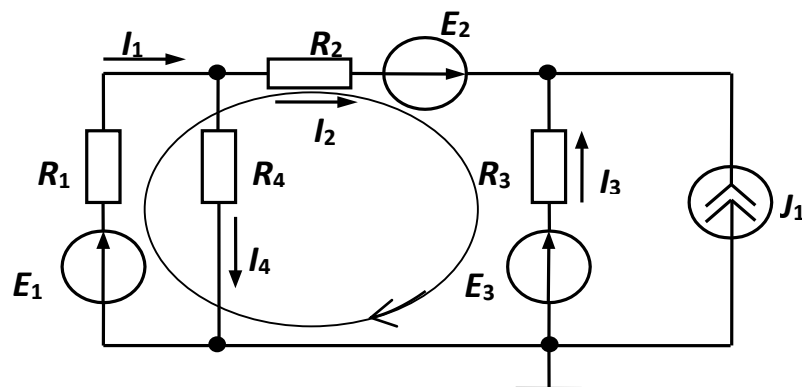
Математически второй закон Кирхгофа можно представить выражением

$$\sum_{i=1}^l U_i = \sum_{k=1}^m E_k, \quad (1.3)$$

где l – число участков контура, на которых создаются падения напряжения U_i ;

m – число источников э. д. с., действующих в контуре.

Для составления уравнений по второму закону Кирхгофа должны быть заданы условно-положительные направления токов и э. д. с. источников энергии во всех ветвях. Положительные направления падений напряжений в ветвях U_i



считают совпадающими с положительными направлениями токов I_i . Выбрав направление обхода контура, при составлении уравнения перед буквенными обозначениями величин U_i и E_k ставят знак «плюс», если положительное направление этих величин совпадает с направлением обхода контура, и знак «минус» – в противном случае.

Составим в качестве примера уравнение по второму закону Кирхгофа для контура, включающего элементы E_1 , R_1 , E_2 , R_2 , E_3 , R_3 (рисунок 1.2). Направление обхода контура указано стрелкой.

Рисунок 1.2

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 = E_1 + E_2 - E_3.$$

Максимальное число независимых уравнений, составляемых по второму закону Кирхгофа (закону напряжений Кирхгофа), равно

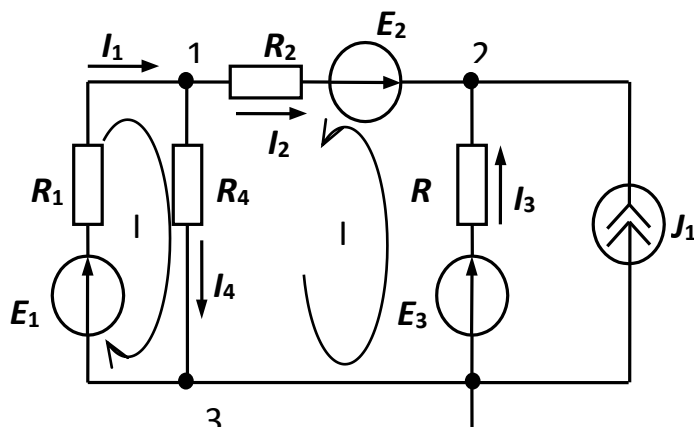
$$n_{\text{знк}} = n_e - n_j - (q - 1) = n_e - n_j - q + 1. \quad (1.4)$$

Контуры, для которых уравнения, записанные по второму закону Кирхгофа, являются независимыми, называются *независимыми контурами*.

Чтобы контуры были независимыми, достаточно, чтобы каждый последующий контур отличался от предыдущих хотя бы одной новой ветвью.

Таким образом, при расчете (анализе) электрической цепи с помощью первого и второго законов Кирхгофа необходимо, в общем случае, составить и решить систему, содержащую

$$(1.5) \quad n_{злк} + n_{знк} = (q - 1) + n_e - n_j - q + 1 = n_e - n_j$$



независимых уравнений.

Пример – Используя первый и второй законы Кирхгофа, определить
Рисунок 1.3

токи во всех ветвях электрической цепи, схема которой представлена на рисунке 1.3. Параметры элементов цепи: $R_1 = R_3 = 10 \text{ Ом}$; $R_2 = R_4 = 5 \text{ Ом}$; $E_1 = 8 \text{ В}$; $E_2 = 10 \text{ В}$; $E_3 = 6 \text{ В}$; $J_1 = 1 \text{ А}$.

Для решения задачи необходимо составить систему, содержащую $n_e - n_j = 5 - 1 = 4$ независимых уравнения. Из них $n_{злк} = 3 - 1 = 2$ уравнения по первому закону Кирхгофа и, соответственно, 2 уравнения по второму закону Кирхгофа. Зададим направления токов в ветвях, как показано на рисунке 1.3, и составим уравнения по первому закону Кирхгофа для узлов 1 и 2.

На основании (1.1) запишем

$$-I_1 + I_2 + I_4 = 0,$$

$$-I_2 - I_3 - J_1 = 0.$$

С учетом выбранных направлений обхода независимых контуров I и II на основании второго закона Кирхгофа (1.3) запишем

$$I_1 R_1 + I_4 R_4 = E_1,$$

$$-I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4 = E_3 - E_2.$$

Таким образом, система независимых уравнений примет вид

$$\left. \begin{aligned} -I_1 + I_2 + I_4 &= 0, \\ -I_2 - I_3 &= J_1, \\ I_1 R_1 + I_4 R_4 &= E_1, \\ -I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4 &= E_3 - E_2. \end{aligned} \right\} \quad (1.6)$$

Решая систему (1.6) одним из известных методов, найдем токи в ветвях электрической цепи. В частности, при заданных параметрах элементов токи в ветвях равны: $I_1 = 0,473$ А, $I_2 = -0,182$ А, $I_3 = -0,818$ А, $I_4 = 0,655$ А.

Таким образом, расчет электрической цепи на основе законов Кирхгофа требует составления и решения системы независимых уравнений, число которых, в общем случае, равно числу ветвей в электрической цепи. Если электрическая цепь содержит пять или более ветвей – решение задачи анализа существенно затруднено.

Существуют приемы, позволяющие облегчить постановку задач на математическом уровне. Учитывая структуру конкретной цепи, можно так задать искомые функции и подобрать такую форму для уравнений, что задачи анализа упростятся еще на этапе формулировки. В частности, уменьшением количества неизвестных удастся сводить задачи к меньшему числу уравнений. Далее описаны методы, реализующие подобные приемы. Это – *метод контурных токов* и *метод узловых потенциалов*. При решении задач анализа в каждом конкретном случае выбирать тот или иной метод нужно с учетом следующих рекомендаций: если схема содержит q узлов и $n_{\text{знк}}$ независимых контуров, то при $n_{\text{знк}} < q - 1$ предпочтительнее использовать *метод контурных токов*, а при $n_{\text{знк}} > q - 1$ – *метод узловых потенциалов*.

1.2 Метод узловых потенциалов

Этот метод позволяет уменьшить число совместно решаемых уравнений до $q - 1$, где q – число *узлов схемы замещения* электрической цепи. Метод основан на применении *первого закона Кирхгофа* и состоит в следующем:

а) задают направления токов в ветвях электрической цепи. При этом в ветвях с источниками энергии целесообразно выбирать направление тока совпадающим с направлением э. д. с. источника;

б) нумеруют узлы схемы электрической цепи. Принимают в качестве *базисного* один из узлов (любой) и приравнивают нулю потенциал этого узла;

в) для остальных $q - 1$ узлов составляют уравнения по первому закону Кирхгофа;

г) выражают *токи ветвей* через *потенциалы узлов* и составляют систему уравнений (для линейных цепей – в общем случае линейных неоднородных), в которой в качестве переменных взяты потенциалы узлов.

Примечание – В ветвях, содержащих источники тока, токи известны (они равны токам источников), поэтому для них не устанавливается связь между током в ветви и потенциалами узлов, между которыми включена эта ветвь;

д) решая составленную систему уравнений, определяют потенциалы $q - 1$ узлов относительно базисного узла, после чего находят токи ветвей по обобщенному закону Ома.

Пример – Составить систему уравнений для определения токов во всех ветвях электрической цепи, схема которой представлена на рисунке 1.3, используя метод узловых потенциалов.

Выберем направления токов в ветвях электрической цепи и пронумеруем узлы, как показано на рисунке 1.4. В качестве базисного выберем узел с номером 3 и приравняем его потенциал к нулю.

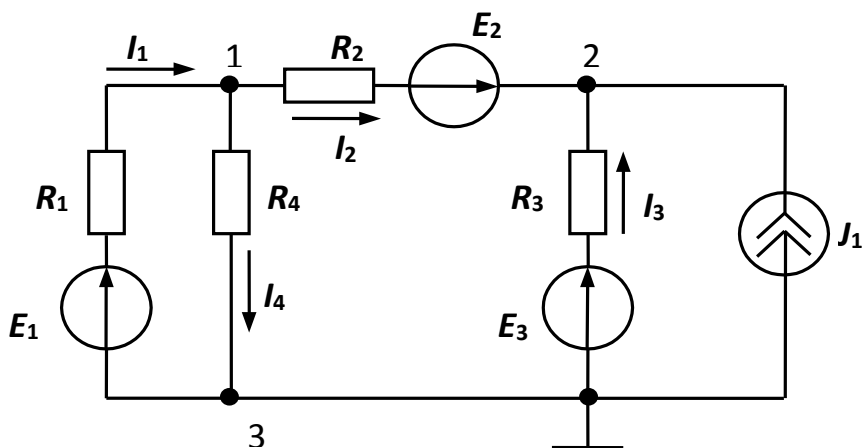


Рисунок 1.4

С учетом выбранных направлений токов в ветвях для узла 1 по первому закону Кирхгофа можно записать уравнение

$$-I_1 + I_2 + I_4 = 0, \quad (1.7)$$

а для узла 2, соответственно – уравнение

$$-I_2 - I_3 - J_1 = 0. \quad (1.8)$$

Согласно обобщенному закону Ома токи в ветвях равны

$$I_1 = \frac{\varphi_3 - \varphi_1 + E_1}{R_1} = \frac{E_1 - \varphi_1}{R_1}, \quad (1.9)$$

$$I_2 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + E_2}{R_2}, \quad (1.10)$$

$$I_3 = \frac{\varphi_2 - \varphi_3 + E_3}{R_3} = \frac{E_3 - \varphi_2}{R_3}, \quad (1.11)$$

$$I_4 = \frac{\varphi_1 - \varphi_3}{R_4} = \frac{\varphi_1}{R_4}, \quad (1.12)$$

где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – потенциалы в узлах 1, 2, 3 рассматриваемой электрической цепи.

Подставим полученные выражения в уравнения (1.7), (1.8) и перенесем слагаемые с источниками энергии в правую часть уравнений. Окончательно

получим систему линейных неоднородных уравнений, неизвестными в которой являются потенциалы узлов

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \right) \varphi_1 - \frac{1}{R_2} \varphi_2 &= \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_2}{R_2}, \\ -\frac{1}{R_2} \varphi_1 + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_2 &= J_1 + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3}. \end{aligned} \right\} \quad (1.13)$$

Решив систему уравнений (1.13), можно найти потенциалы φ_1 и φ_2 , а подставив значения φ_1 и φ_2 в уравнения для токов (1.9) – (1.12) – найти токи в ветвях электрической цепи.

Из сравнения систем уравнений (1.13) и (1.6) видно, что для одной и той же электрической цепи система, составленная на основе метода узловых потенциалов, содержит значительно меньше уравнений, чем система, составленная на основе первого и второго законов Кирхгофа.

1.3 Метод контурных токов

Метод контурных токов позволяет уменьшить число совместно решаемых уравнений до $n_{\text{знк}} = n_{\text{в}} - n_{\text{з}} - q + 1$ и основан на применении *второго закона Кирхгофа*. Сущность метода состоит в том, что расчет сложной схемы электрической цепи разбивают на два этапа. На первом этапе вводят и определяют вспомогательные величины – *контурные токи*, число которых меньше общего числа неизвестных токов во всех ветвях. На втором этапе путем *алгебраического суммирования* находят искомые токи анализируемой схемы.

Расчет схемы методом контурных токов проводят в следующей последовательности:

а) задают направления токов в ветвях электрической цепи. При этом в ветвях с источниками энергии (как и при использовании метода узловых потенциалов) целесообразно выбирать направления токов совпадающими с направлениями э. д. с. источников;

б) выбирают $n_{\text{знк}} = n_{\text{в}} - n_{\text{з}} - q + 1$ *независимых контуров* и положительных направлений *контурных токов*;

в) для $n_{\text{знк}}$ независимых контуров составляют уравнения *по второму закону Кирхгофа*, совместное решение которых позволяет определить все контурные токи;

г) ток каждой ветви определяют как *алгебраическую сумму контурных токов* в этой ветви.

Пример – Составить систему уравнений для определения токов в ветвях электрической цепи, схема которой представлена на рисунке 1.3, используя метод контурных токов.

Цепь содержит: общее число ветвей $n_6 = 5$; число ветвей, содержащих источники тока, $n_j = 1$; число узлов $q = 3$. С учетом этого число независимых контуров, а, следовательно, и число уравнений в системе, составит $n_{знк} = 5 - 1 - 3 + 1 = 2$. Выберем независимые контуры I, II и положительные направления контурных токов I_{11} и I_{22} в них, как показано на рисунке 1.5 (контурные токи обычно обозначают двойным индексом с учетом номера контура).

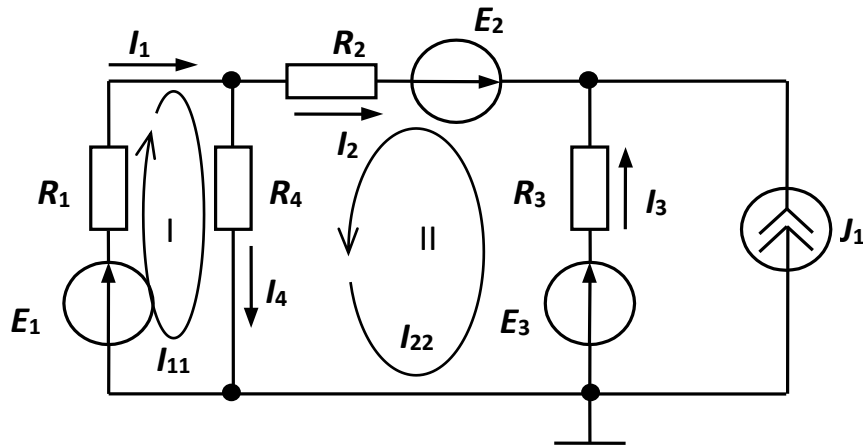


Рисунок 1.5

Для независимых контуров I и II составим уравнения по второму закону Кирхгофа. При этом коэффициенты при контурных токах в соседних контурах, имеющих общие ветви с рассматриваемым контуром, будем брать со знаком плюс, если направления контурных токов в общих ветвях совпадают, и со знаком минус, если направления токов противоположны.

С учетом изложенного для контура I можно записать

$$R_1 I_{11} + R_4 (I_{11} + I_{22}) = E_1,$$

или

$$(R_1 + R_4) I_{11} + R_4 I_{22} = E_1.$$

Уравнение для контура II будет иметь вид

$$R_2 I_{22} + R_3 (I_{22} - J_1) + R_4 (I_{11} + I_{22}) = E_3 - E_2,$$

или

$$R_4 I_{11} + (R_2 + R_3 + R_4) I_{22} = E_3 - E_2 + R_3 J_1.$$

Окончательно получим систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} (R_1 + R_4) I_{11} + R_4 I_{22} &= E_1, \\ R_4 I_{11} + (R_2 + R_3 + R_4) I_{22} &= E_3 - E_2 + R_3 J_1, \end{aligned} \right\} \quad (1.14)$$

решив которую, определим контурные токи I_{11} и I_{22} . Токи ветвей (рисунок 1.5)

найдем как алгебраическую сумму контурных токов в каждой ветви, а именно: $I_1 = I_{11}$, $I_2 = -I_{22}$, $I_3 = I_{22} - J_1$, $I_4 = I_{11} + I_{22}$.

Как и при использовании метода узловых потенциалов, составленная на основе метода контурных токов система (1.14) содержит значительно меньше уравнений, чем система, составленная на основе первого и второго законов Кирхгофа.

2. Примеры решения типовых задач.

Задача 1

Методом контурных токов (МКТ) определить токи в ветвях.

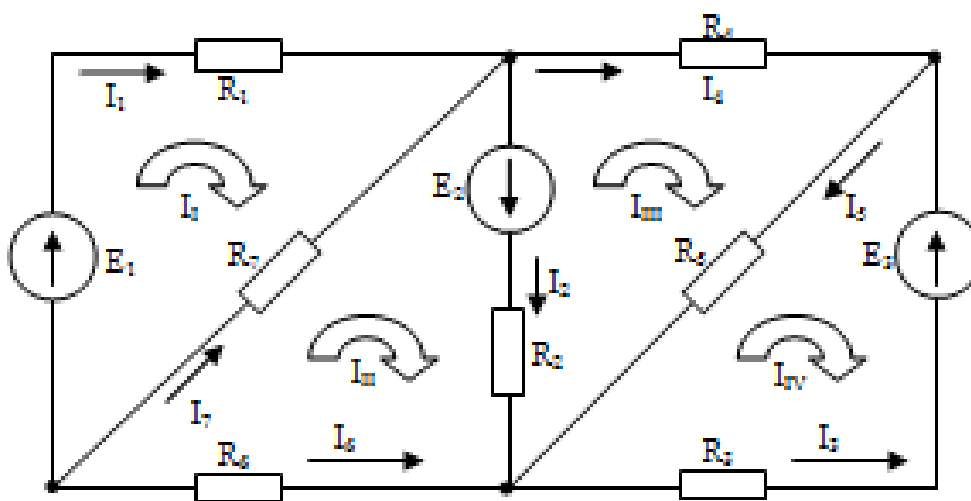


Схема замещения расчетной цепи

Дано:

$E_1=220$ В;

$E_2=230$ В;

$E_3=225$ В;

$R_1=1$ Ом;

$R_2=2$ Ом;

$R_3=3$ Ом;

$R_4=4$ Ом;

$R_5=5$ Ом;

$R_6=6$ Ом;

$R_7=7$ Ом.

Найти:

$I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7$ - методом контурных токов

Решение

1. Составляем расчетные уравнения для каждого контура рисунок 3.1 по второму закону Кирхгофа, затем их решаем совместно относительно неизвестных контурных токов.

$$\begin{cases} E_1 = I_I * (R_1 + R_7) - I_{II} * R_7 \\ E_2 = I_{II} * (R_2 + R_6 + R_7) - I_I * R_7 - I_{III} * R_2 \\ -E_2 = I_{III} * (R_4 + R_5 + R_2) - I_{II} * R_2 - I_{IV} * R_5 \\ -E_3 = I_{IV} * (R_3 + R_5) - I_{III} * R_5 \end{cases}$$

$$I_1 = I_I = 69,1\text{A}; \quad \begin{cases} 220 = 8I_I - 7I_{II} \\ 230 = 15I_{II} - 7I_I - 2I_{III} \\ -230 = 11I_{III} - 2I_{II} - 5I_{IV} \\ -225 = 8I_{IV} - 5I_{III} \end{cases}$$

$$I_I = \frac{220 + 7I_{II}}{8} = 27,5 + 0,875I_{II}$$

$$230 = 15I_{II} - 7(27,5 + 0,875I_{II}) - 2I_{III}$$

$$230 = 15I_{II} - 192,5 - 6,1I_{II} - 2I_{III}$$

$$I_{II} = 47,5 + 0,22I_{III}$$

$$-230 = 11I_{III} - 2(47,5 + 0,22I_{III}) - 5I_{IV}$$

$$I_{III} = -12,8 + 0,47I_{IV}$$

$$-225 = 8I_{IV} - 5(-12,8 + 0,47I_{IV}); I_{IV} = \frac{289}{10,37} = 27,9\text{A}$$

$$I_{II} = 47,5 + 0,22 * 0,3 = 47,6\text{A}$$

$$I_{III} = -12,8 + 0,47 * 27,9 = 0,3\text{A}$$

$$I_I = 27,5 + 0,875 * 47,6 = 69,1\text{A}$$

2. Действительные токи в ветвях определяем наложением контурных токов в соответствующей ветви:

$$I_2 = I_{II} - I_{III} = 47,6 - 0,3 = 47,3\text{A};$$

$$I_3 = -I_{IV} = -27,9\text{A};$$

$$I_4 = I_{III} = 0,3\text{A};$$

$$I_5 = I_{III} - I_{IV} = 0,3 - 27,9 = -27,6\text{A};$$

$$I_6 = -I_{II} = -47,6\text{A};$$

$$I_7 = I_{II} - I_I = 47,6 - 69,1 = -21,5 \text{ A.}$$

3. Проверку вычислений проводим по первому закону Кирхгофа для одного из узлов расчетной цепи, рисунок 3.1

$$I_1 + I_6 + I_7 = 0; \quad (1.1)$$

$$69,1 + (-47,6) + (-21,5) = 0 \text{ (проверка сошлась)}$$

Задача 2

Определить величины токов и мощности в ветвях схемы методом узловых и контурных уравнений (МУ и КУ).

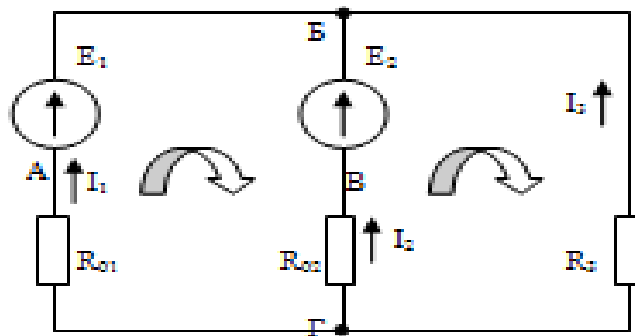


Схема замещения расчетной цепи

Дано:

$E_1=240 \text{ В};$
 $E_2=224 \text{ В};$
 $R_{01}=1 \text{ Ом};$
 $R_{02}=0,6 \text{ Ом};$
 $R_3=24 \text{ Ом};$
 Найти:

I_1, I_2, I_3 - методом узловых и контурных уравнений, $P_1, P_2, P_{01}, P_{02}, P_3 - ?$

Решение

В схеме два узла, поэтому составляем одно узловое уравнение по I закону Кирхгофа: $(n-1)=2-1=1$;

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0; \quad (2.1)$$

2. В схеме три ветви и два узла, поэтому составляем два контурных уравнения по II закону Кирхгофа $(m - n + 1) = 3-2+1 = 2$;

Контур А Б В Г А:

$$E_1 - E_2 = I_1 R_{01} - I_2 R_{02} \quad (2.2)$$

Контур Б Г В Б:

$$E_2 = I_2 R_{02} - I_3 R_3 \quad (2.3)$$

3. В уравнения (2.2) и (2.3) подставляем данные:

$$\left. \begin{aligned} 240 - 224 &= I_1 - 0,6 I_2 \\ 224 &= I_2 \cdot 0,6 - 24 I_3 \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

4. Из уравнения (2.1) определяем: $I_3 = -I_2 - I_1$
и подставим в систему (2.4).

$$\begin{cases} 16 = I_1 - 0,6I_2 \\ 224 = 0,6I_2 - 24(-I_2 - I_1) = 0,6I_2 + 24I_2 + 24I_1 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} a) & \int 16 = I_1 - 0,6I_2 \\ \acute{a}) & \left\{ \begin{aligned} 224 &= 24,6I_2 + 24I_1 \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

5. Выразим I_1 из уравнения а)

$$I_1 = 16 + 0,6I_2 \quad (2.5)$$

6. И подставим в уравнение б)

$$\begin{aligned} 224 &= 24,6I_2 + 24(16 + 0,6I_2) = 24,6I_2 + 389 + 14,4I_2 \\ -160 &= 39 I_2 \\ I_2 &= -4,1 \text{ А} \end{aligned}$$

Знак «-» указывает на то, что реальное напряжение тока I_2 противоположно произвольно выбранному

7. Из уравнения (2.5) определяем ток I_1 :

$$I_1 = 16 + 0,6 * (-4,1) = 13,5 \text{ А}$$

8. Определяем ток I_3 из уравнения (2.1):

$$I_3 = -I_2 - I_1 = -13,5 + 4,1 = -9,4 \text{ А}$$

Реальный ток I_3 направлен в противоположную сторону

9. Мощность первой ветви:

$$P_1 = E_1 * I_1 = 240 * 13,5 = 3240 \text{ Вт}$$

10. Мощность на отдельных сопряжениях цепи:

$$P_{01} = I_1^2 * R_{01} = 182,3 * 1 = 182,3 \text{ Вт}$$

$$P_{02} = I_2^2 * R_{02} = 16,8 * 0,6 = 10,1 \text{ Вт}$$

$$P_3 = I_3^2 * R_3 = 89 * 24 = 2120,64 \text{ Вт}$$

11. Мощность второй ветви:

$$P_2 = E_2 * I_2 = 224 * (-4,1) = -918,4 \text{ Вт}$$

«-» - означает, что этот источник потребляет энергию

12. Проверка расчёта – составляем баланс мощностей:

$$P_1 + P_2 = P_{01} + P_{02} + P_3 \quad (2.6)$$

$$3240 + (-918,4) = 182,3 + 10,1 + 2120,64$$

$$2321,6 \text{ Вт} \approx 2313,04 \text{ Вт}$$

13. Погрешность вычислений

$$\delta = \frac{2321,6 - 2313,04}{2321,6} \cdot 100\% = 0,4\%$$

Задача 3

Определить токи в ветвях методом двух узлов (МДУ)

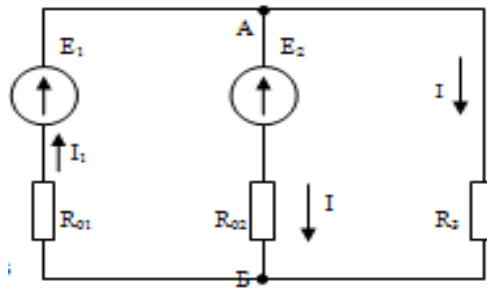


Схема замещения расчетной цепи

Дано:

$$E_1 = 240 \text{ В};$$

$$E_2 = 224 \text{ В};$$

$$R_{01} = 1 \text{ Ом};$$

$$R_{02} = 0,6 \text{ Ом};$$

$$R_3 = 24 \text{ Ом};$$

Найти: I_1 , I_2 , I_3

Решение

1. Определяем проводимости ветвей

$$g_1 = \frac{1}{R_{01}} = \frac{1}{1} = 1 \text{ См}$$

$$g_2 = \frac{1}{R_{02}} = \frac{1}{0,6} = 1,67 \text{ См}$$

$$g_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{24} = 0,042 \text{ См}$$

2. Определяем узловое напряжение

$$U_{AB} = \frac{E_1 \cdot g_1 + E_2 \cdot g_2}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{240 + 224 \cdot 1,67}{1 + 1,67 + 0,042} = 226,43 \text{ В}$$

3. Определяем токи в ветвях схемы

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{R_{01}} = \frac{240 - 226,43}{1} = 13,57 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{R_{02}} = \frac{224 - 226,43}{0,6} = -4,05 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{-U_{AB}}{R_3} = \frac{-226,43}{24} = -9,43 \text{ А}$$

Знак «-» токов I_2 , I_3 означает, что эти токи в ветвях направлены от узла «А»

4. Проверка расчета проводится по первому закону Кирхгофа для узла «А»

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (3.1)$$

$$13,57 \text{ А} \approx 4,05 + 9,43 = 13,48 \text{ А}$$

Погрешность вычислений:

$$\delta = \frac{13,57 - 13,48}{13,57} \cdot 100\% = 0,6\%$$

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

1. Решение задач анализа на основании законов Кирхгофа.
2. Метод узловых потенциалов.
3. Метод контурных токов.
4. Метод двух узлов

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы темы и выполните следующие задания, используя литературу

Задание 1.

На рисунке 3.4 представлена сложная электрическая цепь постоянного тока. Сопротивления резисторов и значения источников ЭДС, а также их внутренние сопротивления даны в таблице 3.1. Определить показания амперметров, направления токов в ветвях. Расчет произвести методом узловых и контурных уравнений (МУ и КУ) или методом контурных токов (МКТ).

Как изменится показание приборов, если у источники E_2 поменять полярность включения его в схему. Расчет измененной схемы произвести методом МДУ.

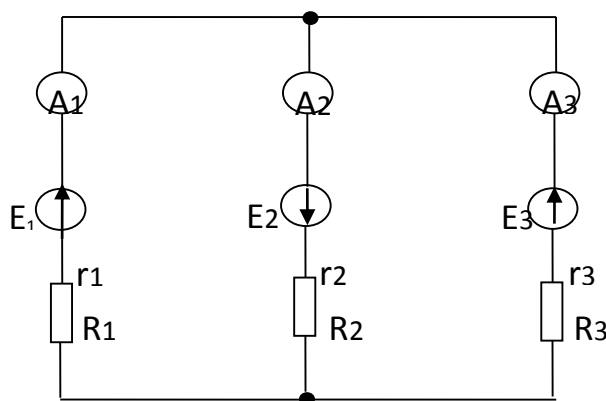


Рисунок 3.4 – Схема замещения расчетной цепи

Таблица 3.1 – Исходные данные к контрольной работе

№ Вар	E_1 , В	r_1 Ом	E_2 В	r_2 Ом	E_3 В	r_3 Ом	R_1 Ом	R_2 Ом	R_3 Ом
1	50	-	30	1	60	2	5	4	3
2	60	1	40	1	50	1	2	3	4
3	100	-	50	-	30	-	4	6	5
4	30	2	20	1,5	40	2	3	3,5	1
5	70	-	50	2	40	1	5	3	2

6	40	1,5	20	1	60	0,5	2,5	4	1,5
7	30	1	50	1,5	80	-	2	3,5	3
8	120	1,5	60	1	40	0,5	3,5	4	3,5
9	110	-	80	0,5	60	1,5	2	1,5	4,5
10	30	-	20	-	30	2,5	6	5	2,5

Задание 2. Используя данные задания 1 произвести расчет измененной схемы методом двух узлов, если, у источника E_2 поменять полярность включения его в схему. Как при этом изменится показание приборов?

Задание 3. Решить задачи из задачника:

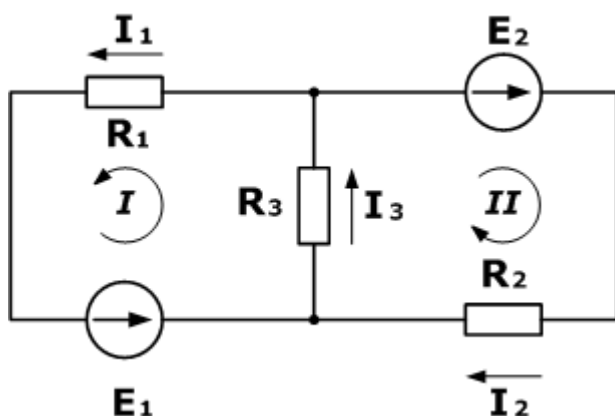
В, И, Полещук, Задачник по электротехнике и электронике М. «Академия», 2008 г.

1) № 1.42, 1.44 стр. 15

2) № 1.52 стр. 18

Задание 3. Решить задачи.

1. Дана схема, и известны сопротивления резисторов и ЭДС источников. Требуется найти токи в ветвях, используя законы Кирхгофа.



Дано

$$R_1 = 100 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 150 \text{ Ом}$$

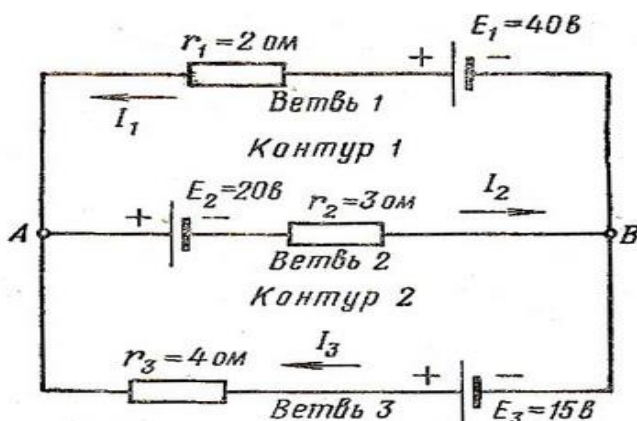
$$R_3 = 150 \text{ Ом}$$

$$E_1 = 75 \text{ В}$$

$$E_2 = 100 \text{ В}$$

$$I_1, I_2, I_3 - ?$$

2. Дана сложная цепь, изображенная на рисунке. Зная E_1, E_2, E_3, r_1, r_2 и r_3 , необходимо определить токи в ветвях I_1, I_2 и I_3 .



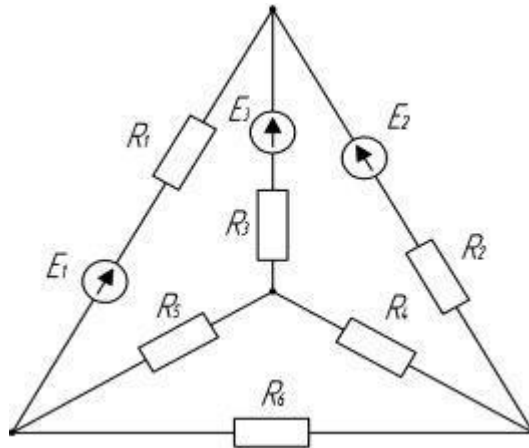
I

Задание 4. Решить задачи по вариантам

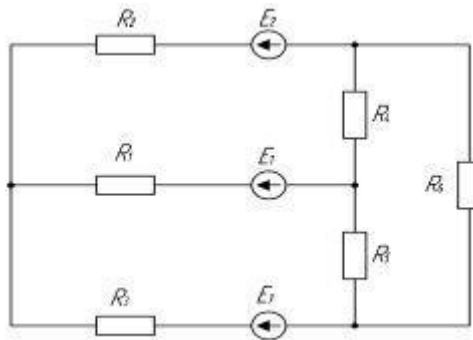
Определить число уравнений по первому и второму законам Кирхгофа для

расчета токов в цепях, составить эти уравнения.

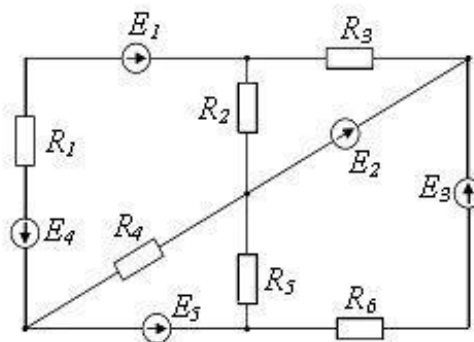
Задача 3.1



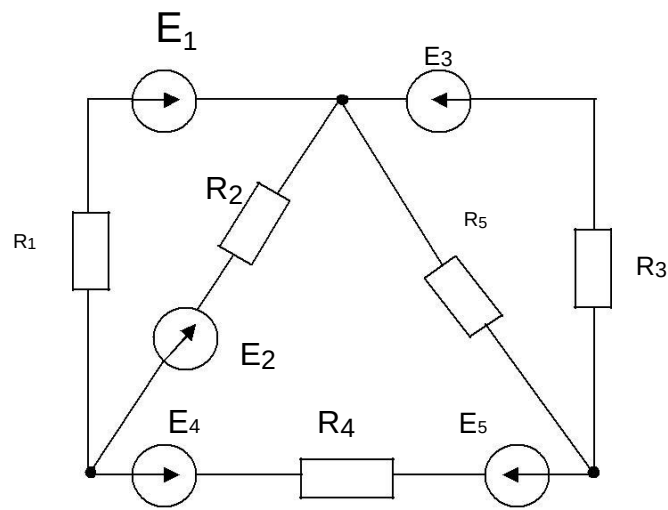
Задача 3.2



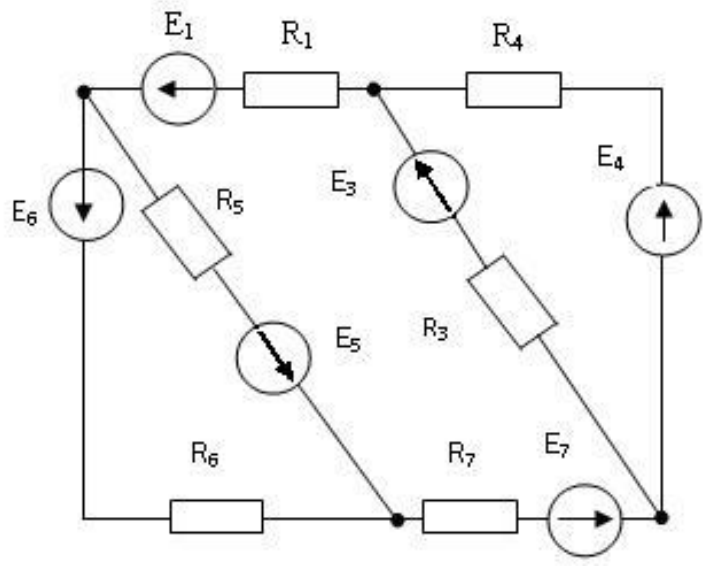
Задача 3.3



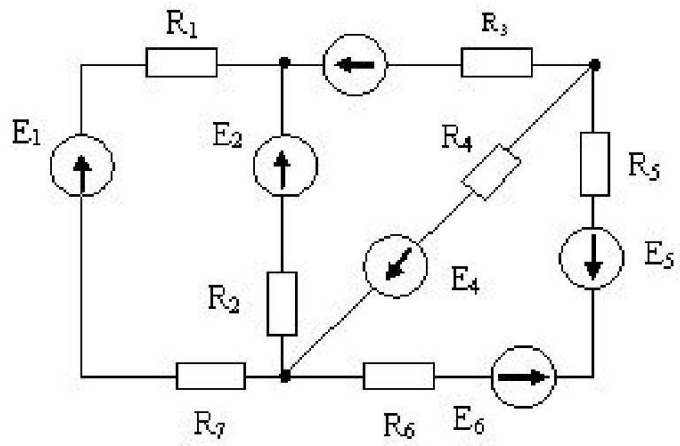
Задача 3.4



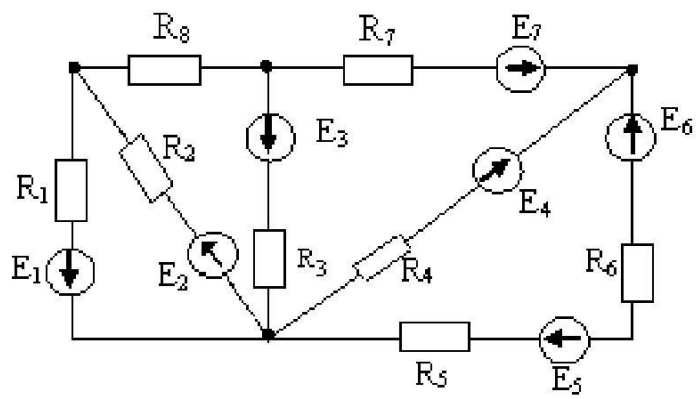
Задача 3.6



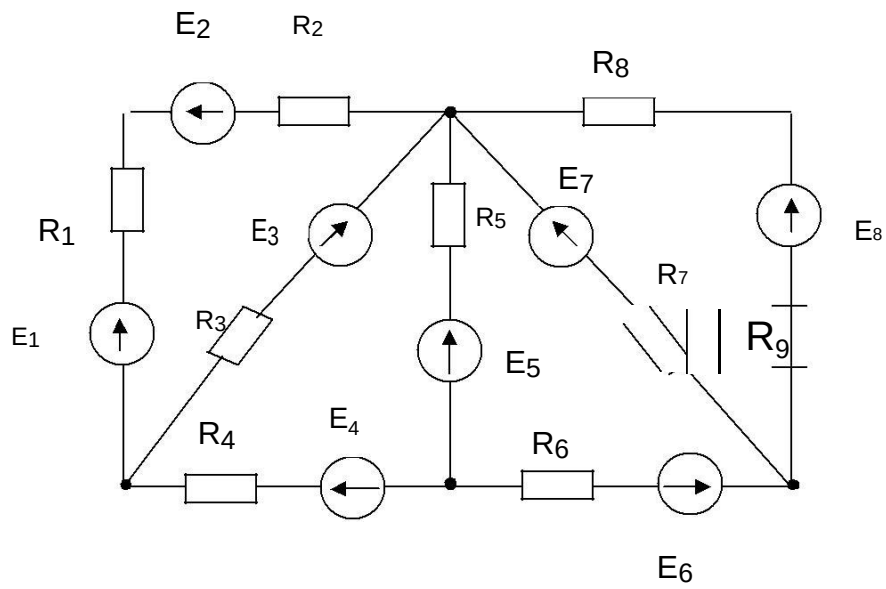
Задача 3.7



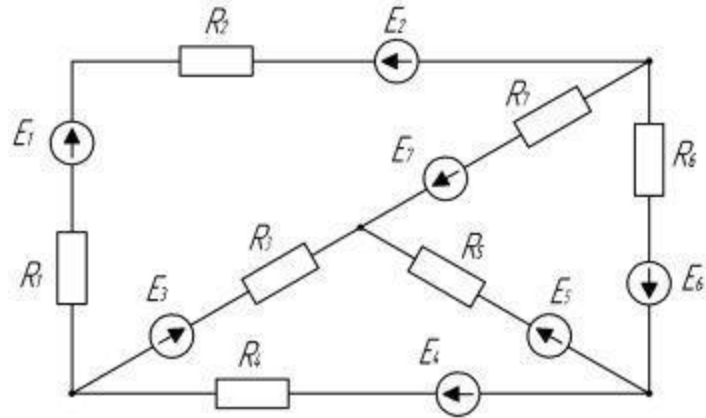
Задача 3.8



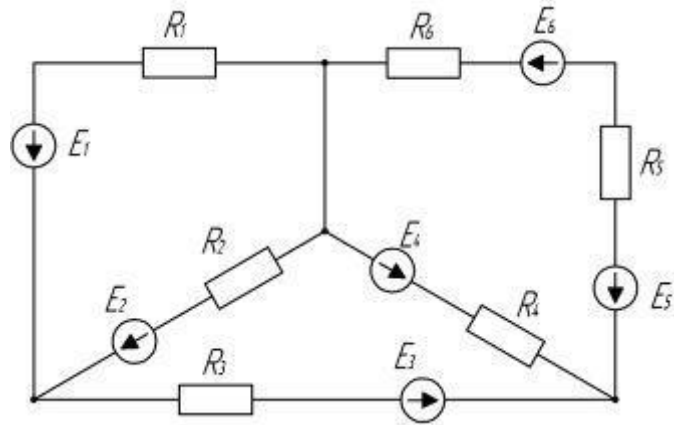
Задача 3.9



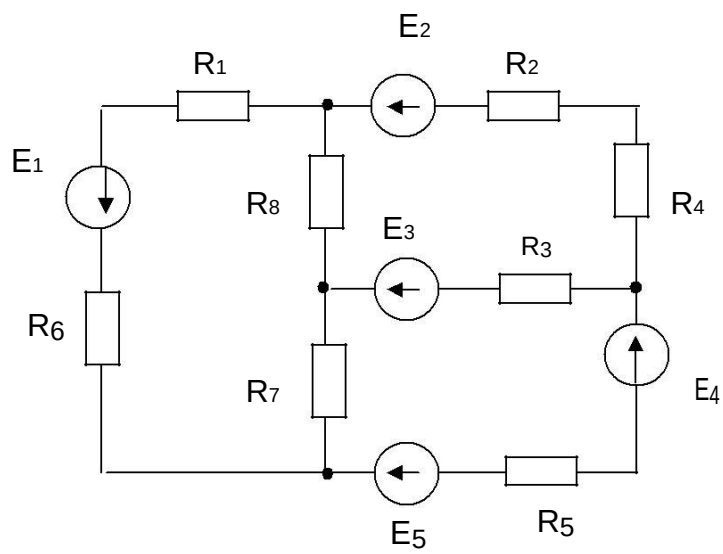
Задача 3.10



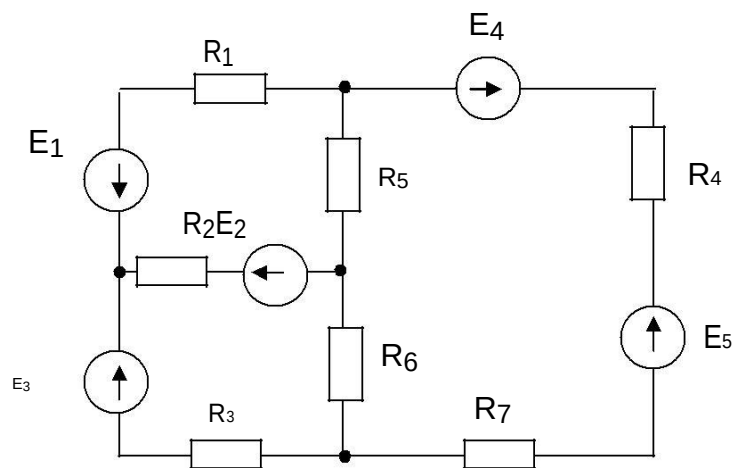
Задача 3.11



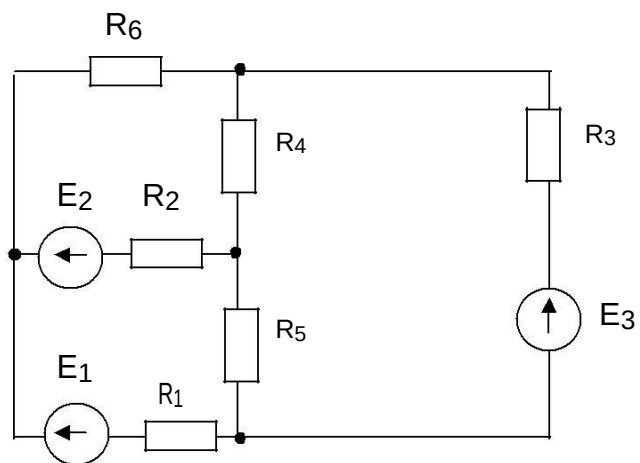
Задача 3.12



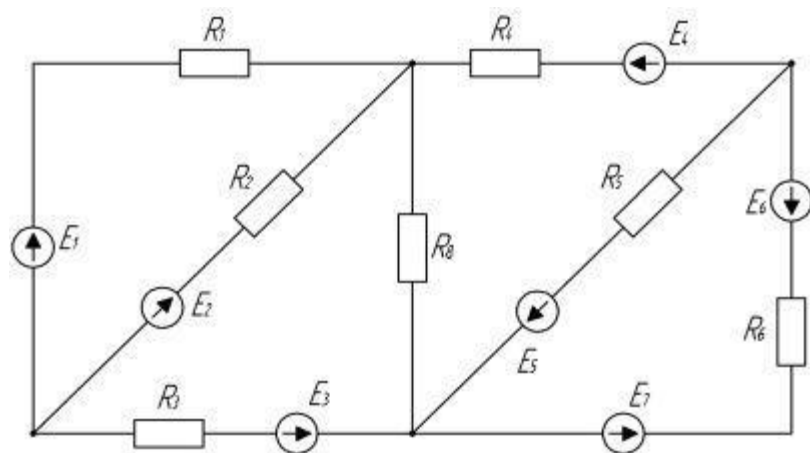
Задача 3.13



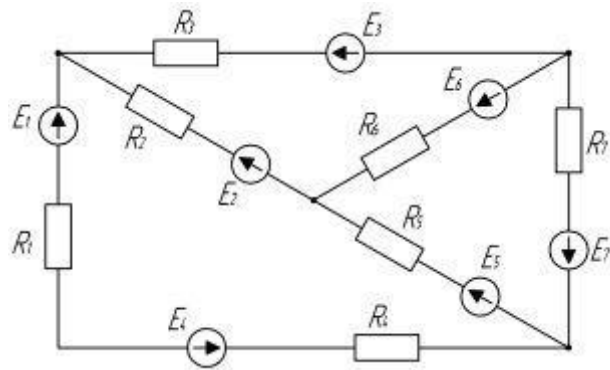
Задача 3.14



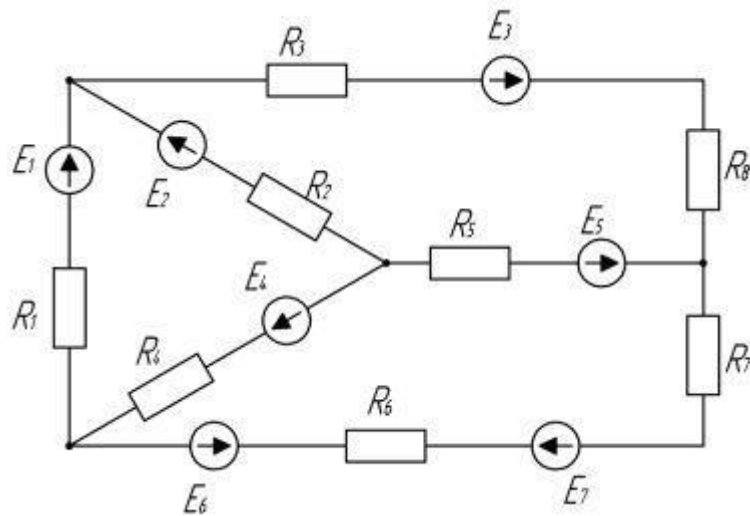
Задача 3.15



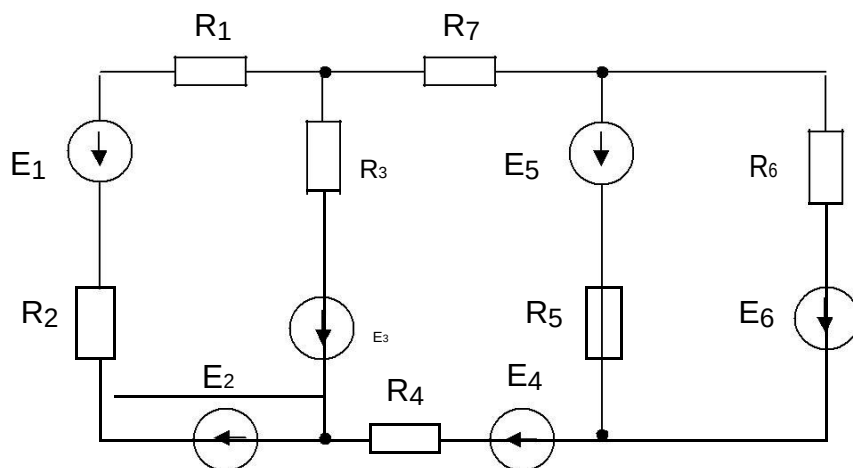
Задача 3.16



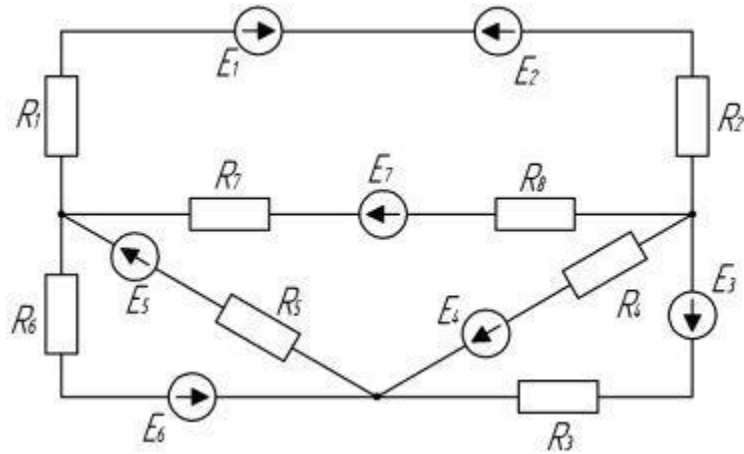
Задача 3.17



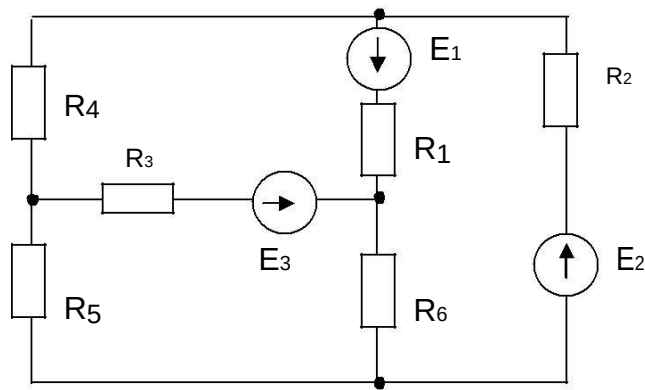
Задача 3.18



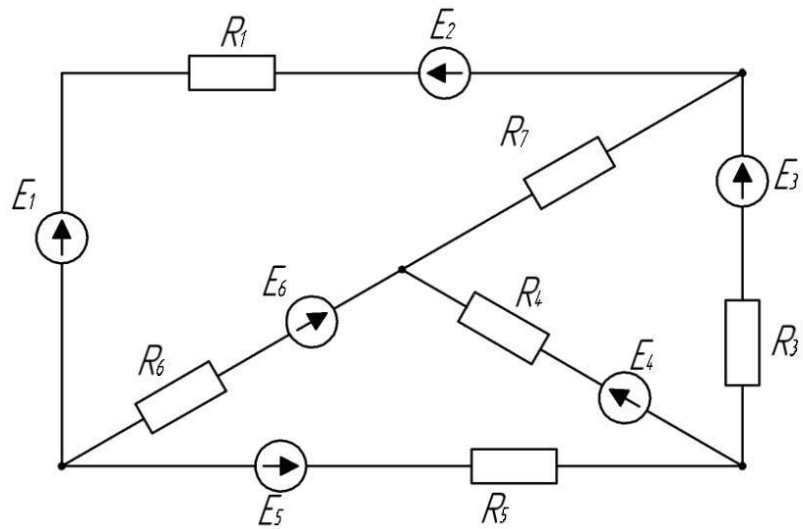
Задача 3.19



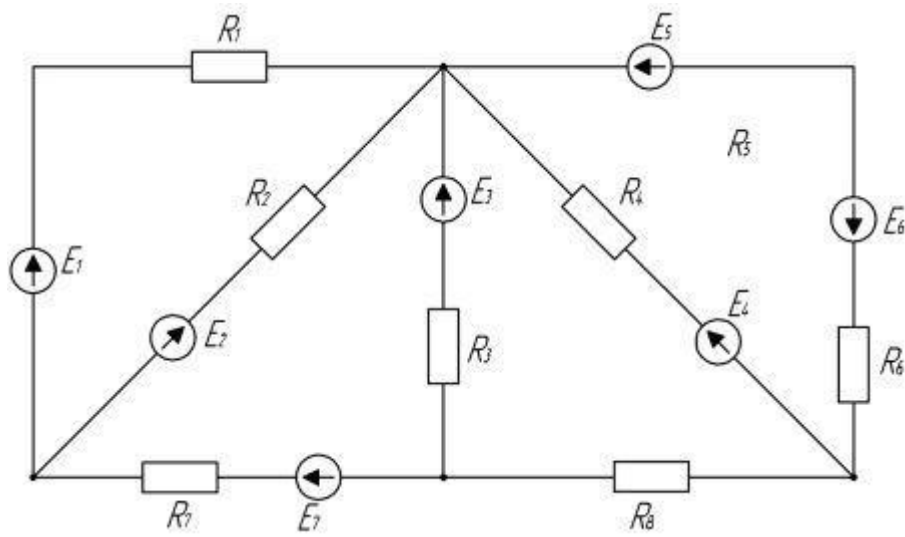
Задача 3.20



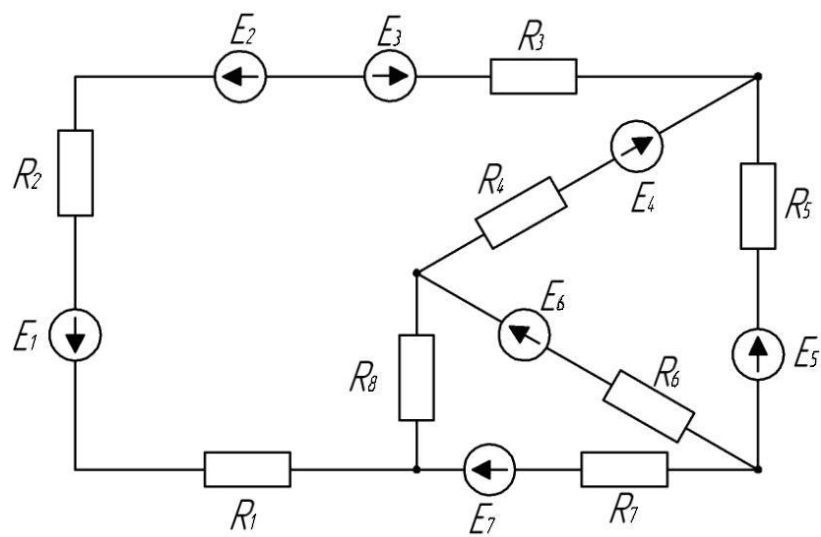
Задача 3.21



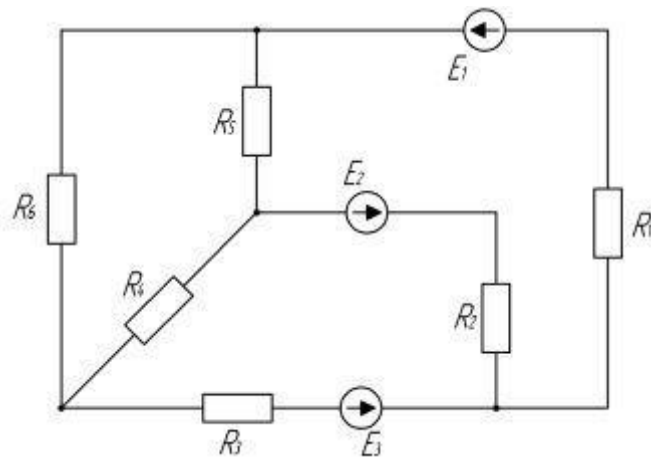
Задача 3.22



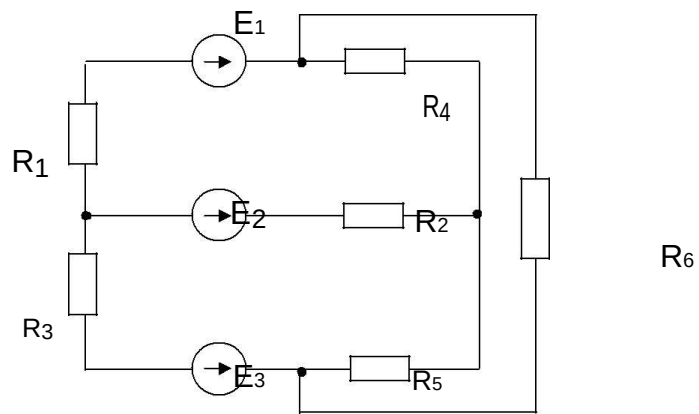
Задача 3.23



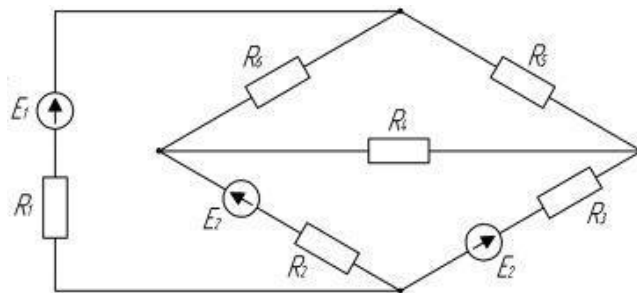
Задача 3.24



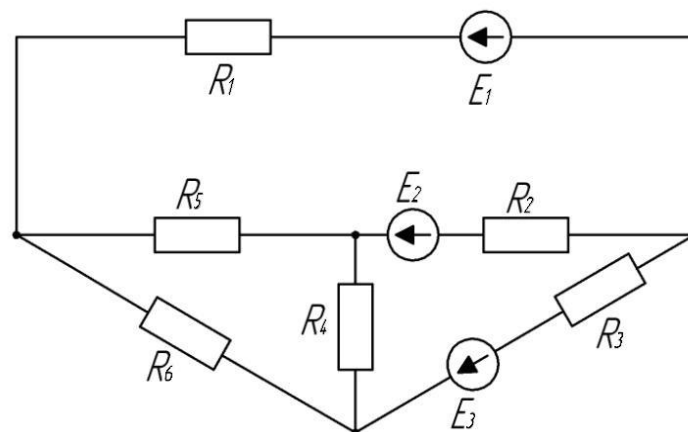
Задача 3.25



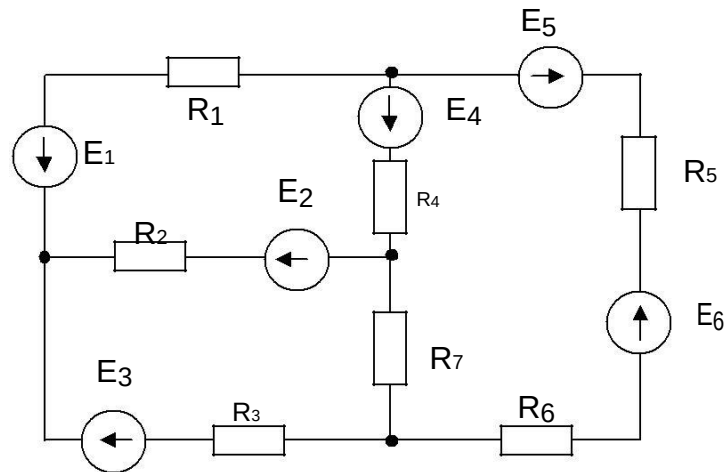
Задача 3.26



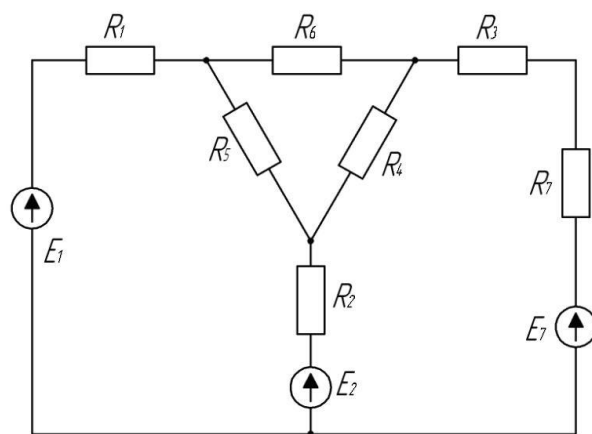
Задача 3.27



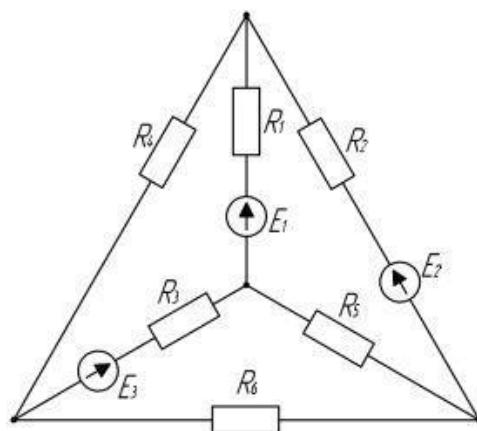
Задача 3.28



Задача 3.29



Задача 3.30



Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач, оформление задач и правильность полученного результата.

Контроль выполнения: сдача решенных задач в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 6 часа

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 4

Тема: «Нелинейные электрические цепи»

Цели: продолжить формирование представлений о электрических цепях; формировать представление о нелинейных цепях

Источники учебной информации:

1. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008, § 3.16-3.17
2. В.М. Прошин Электротехника, М. «Академия», 2010 г. §1.6.1-1.6.3
3. Интернет-ресурсы.

В процессе работы над темой учащиеся должны:

понимать:

- различие между линейными и нелинейными элементами цепи;
- что является причиной нелинейности;

знать:

- нелинейные элементы цепи и их условные обозначения;
- классификацию нелинейных элементов;

уметь:

- определять параметры нелинейных элементов

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

1. Нелинейные элементы.
2. ВАХ нелинейных элементов.
3. Классификация нелинейных элементов.
4. Нелинейные электрические цепи
5. Методы расчета нелинейных цепей.
6. Графический метод расчета.

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы темы и выполните следующие задания.

Задание 1. Выделите основные понятия теоретического материала, расположите в алфавитном порядке (составить глоссарий). Выясните значение каждого понятия.

Критерии оценки: обоснованность и четкость в составлении словаря терминов, оформление материала в соответствии с требованиями.

Задание 2. Ответьте письменно на вопросы.

1. Какие элементы эл. цепей являются нелинейными?
2. Как классифицируются нелинейные элементы?

3. Назовите примеры нелинейных эл. цепей.

4. Что такое ВАХ?

5. В чем заключается графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока?

Задание 2. Решить задачи из задачника:

В. И. Полещук, Задачник по электротехнике и электронике М. «Академия», 2008 г.

1) № 1.51 стр. 18

2) № 1.53 стр. 19

Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач; правильность ответа.

Контроль выполнения: сдача ответов на вопрос, решения задач и глоссария в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 3 часа.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 5

Тема: Магнитные свойства вещества.

Цели: продолжить формирование представлений о магнитном поле и магнитных цепях; магнитных свойствах веществ; применения их в технике; умений работать с литературой;

В процессе работы над темой учащиеся должны:

понимать:

- основные представления, связанные с понятием «магнитное поле», «магнитная индукция», «магнитный поток», «магнитная силовая линия»; «магнитная проницаемость», «парамагнетик», «диамагнетик», «ферромагнетик», «остаточная намагниченность», «магнитное насыщение», «домены», «коэрцитивная сила», «магнитный гистерезис»

знать:

- определение магнитной цепи;
 - классификацию материалов по магнитной проницаемости;
 - определение магнитомягких и магнитотвердых материалов;
 - определение магнитного гистерезиса, коэрцитивной силы
- уметь:
- пояснять физический смысл понятий «магнитная индукция», «напряженность», «проницаемость», «магнитное насыщение», «домен
 - различать однородную магнитную цепь от неоднородной.
 - приводить примеры магнитных и немагнитных материалов.
 - описывать кривую намагничивания
 - приводить примеры применения ферромагнетиков в технике.

Источники учебной информации:

- 1.М.В. Немцов, И.И. Светлаков Электротехника с основами электроники. Ростов-на-Дону «Феникс», 2008, § 2.4, 2.10
2. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008, §2.3, 2.12
- 1.В.М. Прошин Электротехника, М. «Академия», 2010 г. §4.1.1-4.1.4, 4.2.1-4.2.3; 4.3.4
2. Интернет-ресурсы.
- 3.Краткие сведения из теории.

Краткая теория

Магнитная проницаемость

Физическая величина, показывающая, во сколько раз индукция магнитного поля в одной среде больше или меньше индукции магнитного поля в вакууме, называется магнитной проницаемостью μ .

$$\mu = \frac{B_{\text{ср}}}{B_{\text{вак}}}$$

Вещество, создающее собственное магнитное поле, называется намагниченным.

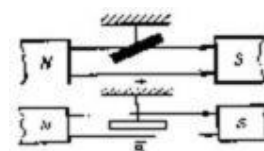
Намагниченность возникает при помещении вещества во внешнее магнитное поле.

Гипотеза Ампера: магнитные свойства тела определяются микроскопическими электрическими токами (орбитальное движение электронов в атомах, наличие у электрона собственного магнитного момента, имеющего квантовую природу) внутри вещества. Если направления этих токов неупорядочены, порождаемые ими магнитные поля компенсируют друг друга, т.е. тело не намагничено. Во внешнем магнитном поле происходит упорядочение этих токов, вследствие чего в веществе и возникает "собственное" магнитное поле (намагниченность).

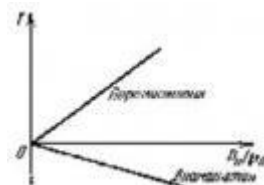


Магнитные свойства вещества

1. Диамагнетики — μ чуть < 1 . $\mu_{\text{висмута}} = 0,9998$ (свинец, цинк, азот и др.).
2. Парамагнетики — μ чуть > 1 . $\mu_{\text{алюминия}} = 1,000023$ (кислород, никель и др.).



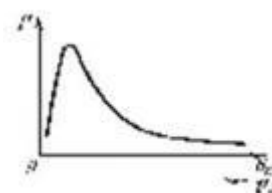
Для пара- и диамагнетиков намагниченность I прямо пропорциональна индукции B_0 магнитного поля в вакууме.



3. Ферромагнетики — $\mu \gg 1$. $\mu_{\text{стали}} = 8 \cdot 10^3$ (железо, никель, кобальт и их сплавы). Сплав железа с никелем: $\mu = 2,5 \cdot 10^5$.

Свойства ферромагнетиков

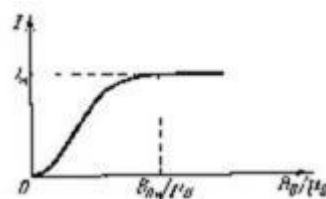
1. Обладают остаточным магнетизмом.
2. μ зависит от индукции внешнего магнитного поля.



3. Температура, при которой исчезают ферромагнитные свойства, называется точкой Кюри (вещество становится парамагнетиком; точка Кюри для железа равна 770°C , для никеля 360°C).

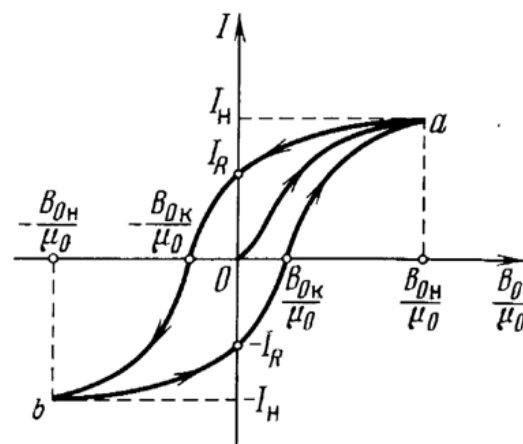
Для характеристики явления намагничивания вещества вводится величина I называемая *намагниченностью вещества*. Намагниченность в СИ определяется формулой

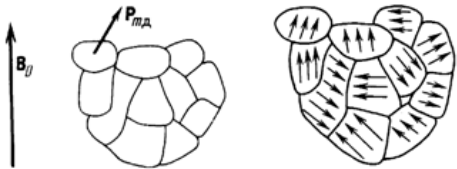
$I = B - B_0 = \mu B_0 - B_0 = (\mu - 1) B_0$. Для ферромагнитных тел намагниченность I является сложной нелинейной функцией B_0 . Зависимость I от величины B_0/μ_0 называется кривой намагниченности (рис.2). Кривая указывает на явление магнитного насыщения: начиная с некоторого значения $B_0/\mu_0 = B_{0H}/\mu_0$, намагниченность практически остается постоянной, равной I_H (намагниченность насыщения).



Магнитным гистерезисом (От греческого «hysteresis» — отставание следствия от его причины) ферромагнетика называется отставание изменения величины намагниченности ферромагнитного вещества от изменения внешнего магнитного поля, в котором находится вещество. Важнейшей причиной магнитного гистерезиса является характерная для ферромагнетика зависимость его магнитных характеристик (μ , I) не только от состояния вещества в данный момент, но и от значений величин μ и I в предыдущие моменты времени. Таким образом, существует зависимость магнитных свойств от предшествующей намагниченности вещества.

Петлей гистерезиса называется кривая зависимости изменения величины намагниченности ферромагнитного тела, помещенного во внешнее магнитное поле, от изменения индукции этого поля от $+B_0/\mu_0$ до $-B_0/\mu_0$ и обратно. Значение $+B_0/\mu_0$ соответствует намагниченности насыщения I_H . Для того чтобы полностью размагнитить ферромагнитное тело, необходимо изменить направление внешнего поля. При некотором значении магнитной индукции $-B_{0K}$, которой соот-



ветствует величина $B_{0к}/\mu_0$, называемая коэрцитивной(задерживающей) силой, намагниченность I тела станет равной нулю.	
Коэрцитивная сила и форма петли гистерезиса характеризуют свойство ферромагнетика сохранять остаточное намагничивание и определяют использование ферромагнетиков для различных целей. Ферромагнетики с широкой петлей гистерезиса называются жесткими магнитными материалами (углеродистые, вольфрамовые, хромовые, алюминиево-никелевые и другие стали). Они обладают большой коэрцитивной силой и используются для создания постоянных магнитов различной формы (полосовых, подковообразных, магнитных стрелок). К мягким магнитным материалам, обладающим малой коэрцитивной силой и узкой петлей гистерезиса, относятся железо, сплавы железа с никелем. Эти материалы используются для изготовления сердечников трансформаторов, генераторов и других устройств, по условиям работы которых происходит перемагничивание в переменных магнитных петлях. Перемагничивание ферромагнетика связано с поворотом областей самопроизвольного намагничивания. Работа, необходимая для этого, совершается за счет энергии внешнего магнитного поля. Количество теплоты, выделяющейся при перемагничивании, пропорционально площади петли гистерезиса.	
При температурах меньших точки Кюри любое ферромагнитное тело состоит из <i>доменов</i> — <i>малых</i> областей с линейными размерами порядка 10^{-2} - 10^{-3} см, внутри которых существует наибольшая величина намагниченности, равная намагниченности насыщения. Домены называются иначе <i>областями самопроизвольной намагниченности</i>. В отсутствие внешнего магнитного поля векторы магнитных моментов отдельных доменов ориентированы внутри ферромагнетика совершенно беспорядочно, так что суммарный магнитный момент всего тела равен нулю (рис.). Под влиянием внешнего магнитного поля в ферромагнетиках происходит поворот вдоль поля магнитных моментов не отдельных атомов или	

молекул, как в парамагнетиках, а целых областей самопроизвольной намагниченности - доменов. При увеличении внешнего поля размеры доменов, намагниченных вдоль внешнего поля, растут за счет уменьшения размеров доменов с другими (не совпадающими с направлением внешнего поля) ориентациями. При достаточно сильном внешнем магнитном поле все ферромагнитное тело оказывается намагниченным. Величина намагниченности достигает максимального значения - наступает магнитное насыщение. В отсутствие внешнего поля часть магнитных моментов доменов остается ориентированной, и этим объясняется существование остаточной намагниченности и возможность создания **постоянных магнитов**.

Применение ферромагнетиков в технике. Роторы генераторов и электродвигателей; сердечники трансформаторов, электромагнитных реле; в электронно-вычислительных машинах (ЭВМ), телефонах, магнитофонах, на магнитных лентах.

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

- 1.Магнитная цепь. Закон полного тока
- 2.Магнитные свойства вещества. Классификация материалов по магнитным свойствам
- 3.Кривые намагничивания. Гистерезис.
- 4.Применение магнитных полей в технике.

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы темы и выполните следующие задания.

Задание 1. Внимательно изучите данную тему, используя учебники или справочную литературу, и ответьте письменно на вопросы.

- 1.На какие типы подразделяются вещества в зависимости от магнитной проницаемости?
- 2.Дать характеристику диамагнетикам, ферромагнетика и парамагнетикам. Как ведут себя эти материалы в магнитном поле?
3. Объясните процесс намагничивания. Что называют кривой намагничивания?

4. Что называется коэрцитивной силой магнитного материала?
5. Какой вид имеет основная кривая намагничивания и как ее получают экспериментально?
6. Что называется магнитным гистерезисом?
7. Что называется температурой Кюри магнитного материала, и какие температуры являются рабочими (до или выше температуры Кюри)?
8. Имея основные кривые намагничивания различных магнитных материалов, можно ли определить область применения этих материалов (в сильноточных, слаботочных полях)? Если да, то как?
9. По каким параметрам классифицируются магнитные материалы на магнитомягкие и магнитотвердые материалы?
10. Какие характеристики являются главными для магнитомягких и какие для магнитотвердых материалов?
11. Каковы виды потерь в магнитных материалах и как влияет частота магнитного поля на их величину?
12. По каким характеристикам магнитных материалов можно определить их область рабочих частот?
13. Перечислите виды гистерезисных петель.
14. Каково применение магнитных материалов с прямоугольной петлей гистерезиса?
15. Расскажите о магнитомягких материалах.
16. Каковы методы снижения потерь на вихревые токи?
17. Какие материалы применяются в качестве постоянных магнитов? Приведите конкретные примеры.
18. По каким характеристикам определяется возможность работы конкретного материала в сильных магнитных полях?

Критерии оценки: краткость и правильность в составлении ответов на вопросы.

Задание 2. Решить задачи из задачника:

В, И, Полещук Задачник по электротехнике и электронике, М. «Академия», 2008 г.

1) № 2.1. -2.3 стр. 121

2) № 2.8 стр. 22

Задание 3. Выполнить тест

Благодаря чему получило объяснение наличие магнитных свойств у веществ?

- a) гипотеза Эрстеда
- b) I закон Ньютона
- c) теория Эйнштейна
- d) гипотеза Ампера

Продолжите предложение: «Одно из свойств магнитного поля — оно оказывает действие на

- a). неподвижные заряды
- b) движущиеся заряды
- c) a) и b)
- d) все частицы

С помощью чего можно определить наличие магнитного поля?

- a) магнитной стрелки
- b) рамки с током
- c) a) и b)
- d) это невозможно сделать

Что является основной характеристикой магнитного поля?

- a) вектор магнитной индукции
- b) линии магнитной индукции
- c) вектор магнитной силы
- d) буравчик

Чему равен модуль вектора магнитной индукции?

- a) ISl
- b) $M_{\max}/(IS)$
- c) $IS\cos\alpha$
- d) 0

6. Чему равен 1Тл?

- a) $1\text{м}\cdot 1\text{Н}/1\text{кг}$
- b) $1\text{Н}/(1\text{кг}\cdot 1\text{м}/\text{с})$
- c) $1\text{Н}/(1\text{А}\cdot 1\text{м}^2)$
- d) $1\text{Н}/(1\text{А}\cdot 1\text{м})$

По какой формуле следует определять модуль силы Ампера?

a) $IB\sin\alpha$, где $\alpha=(\mathbf{B};\mathbf{l})$

b) $IB\cos\alpha$

c) $IB\sin\alpha$

d) нет такой формуле

Как определяется направление силы Ампера?

a) по правилу буравчика

b) по правилу правой руки

c) по правилу левой руки

d) без правил — это очевидно для каждого случая

Как найти силу Лоренца?

a) никак, разве она существует?!

b) $F_L=qVB\cos\alpha$

c) $F_L=qVB\sin\alpha$

d) $F_L=qVB\sin\alpha$

Как найти направление силы Лоренца?

a) по правилу буравчика

b) по правилу правой руки

c) по правилу левой руки

d) невозможно, она постоянно меняет направление

Выберете правильное утверждение:

a) вокруг рамки с током не существует магнитного поля.

b) линии магнитной индукции направлены от южного полюса магнита к северному

c) суммарная магнитная сила, действующая на проводник с током равна нулю

d) сила Ампера — сумма сил Лоренца, действующих на отдельные заряды в проводнике.

$\mu=B/B_0$, где B — модуль вектора магнитной индукции в однородной среде, а B_0 — в вакууме.

Что такое μ ?

a) коэффициент магнитной индукции

b) магнитный эквивалент

c) магнитная упругость среды

d) магнитная проницаемость среды

На сколько групп можно разделить все магнитные вещества?

- a) 5 b) 2 c) 3 d) 4

Кобальт, никель... — это металлы, но к какой группе магнитных веществ они относятся?

- a) парамагнетики
b) метамагнетики
c) диамагнетики
d) ферромагнетики

Медь и висмут — это

- a) ортомагнетики
b) диамагнетики
c) парамагнетики
d) ферромагнетики

Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач, оформление задач и правильность полученного результата.

Задание 3. Подготовить сообщение на тему:

1. Применение ферромагнетиков.
2. Свойство, назначение и применение электротехнических материалов»

Контроль выполнения: сдача решенных задач, теста и ответов на вопросы в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 5 часа.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 6

Тема : «Символический метод расчета однофазных цепей переменного тока»

Цель: приобретение навыков расчета символическим методом в однофазных цепях переменного тока

В процессе работы над темой учащиеся должны:

понимать и объяснять:

разложение вектора на две составляющие;

определение равнодействующих сил; суть и преимущество символического метода; мнимое число; вещественное число;

уметь:

записывать вещественные и мнимые числа; комплексное число;

определять параметры эквивалентной синусоиды

записывать параметров цепи в комплексной форме;

производить расчеты с использованием символического метода;

Источники учебной информации:

1. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008 ,§5.1-5.13
- 2.Краткие сведения из теории.
3. Интернет-ресурсы.

1. Теоретические сведения

Символический метод операций с векторными величинами основывается на весьма простой идее: каждый вектор раскладывают на две составляющие: одну — горизонтальную, идущую по оси абсцисс, а вторую — вертикальную, идущую по оси ординат. В этом случае все горизонтальные составляющие идут по одной прямой, и их можно складывать с помощью простого алгебраического сложения, аналогичным образом складывают и вертикальные составляющие.

При таком подходе в общем случае получаются две результирующие составляющие — горизонтальная и вертикальная, которые всегда находятся друг к другу под одним и тем же углом, равным 90° .

По этим составляющим можно найти их равнодействующую, т. е. произвести их геометрическое сложение. Составляющие под прямым углом представляют катеты прямоугольного треугольника, а их геометрическая сумма — гипотенузу.

Можно также сказать, что **геометрическая сумма численно равна диагонали параллелограмма, построенного на составляющих, как на его сторонах**. Если горизонтальную составляющую обозначить A_H а вертикальную — A_B , то геометрическая сумма (1)

$$A = \sqrt{A_H^2 + A_B^2}$$

Находить геометрическую сумму прямоугольных треугольников гораздо легче, чем косоугольных. Легко видеть, что (2)

$$U_{\text{эк}} = \sqrt{U_{m1}^2 + U_{m2}^2 + 2 \cdot U_{m1} \cdot U_{m2} \cos(\overline{U_{m1}} \overline{U_{m2}})}$$

превращается в (1) если угол между составляющими составляет 90° . Поскольку $\cos 90 = 0$, последний член в подкоренном выражении (2) исчезает, вследствие чего выражение резко упрощается. Обратим внимание на то, что перед словом "сумма" обязательно следует добавлять одно из трех слов: "арифметическая", "алгебраическая", "геометрическая".

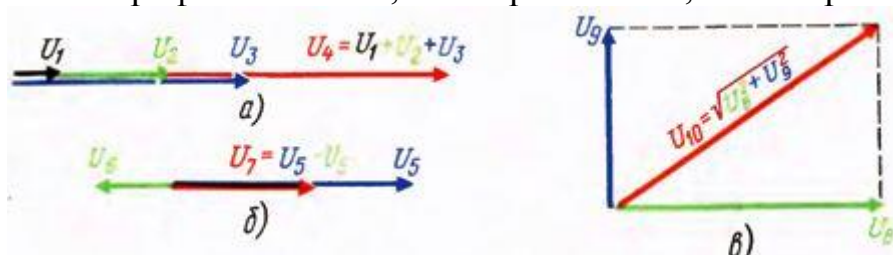


Рис.1.

Слово "сумма" без указания, какая именно, приводит к неопределенности, а в ряде случаев и к грубым ошибкам.

Напомним, что результирующий вектор равен арифметической сумме векторов в том случае, когда все векторы идут по одной прямой (или параллельно друг другу) в одинаковом направлении. При этом все векторы имеют знак плюс (рис. 1, а).

Если векторы идут по одной прямой, но направлены в противоположные стороны, то их равнодействующая равна алгебраической сумме векторов, в этом случае одни члены имеют знак плюс, а другие минус.

Например, в схеме рис. 1, б $U_6 = U_4 - U_5$. Можно также сказать, что арифметическую сумму используют в тех случаях, когда угол между векторами равен нулю, алгебраическую, когда углы составляют 0 и 180° . Во всех остальных случаях сложение производят векторно, т. е. определяют геометрическую сумму (рис. 1, в).

Пример. Определить параметры эквивалентной синусоиды для цепи рис. 2, а символическим методом.

Решение. Нарисуем векторы U_{m1} U_{m2} и разложим их на составляющие. Из чертежа видно, что каждая горизонтальная составляющая представляет значение вектора, умноженное на косинус фазного угла, а вертикальная — значение вектора, умноженное на синус фазного угла. В данном случае

$$U_{m1 \Gamma} = U_{m1} \cdot \cos \psi_1 = 10 \cdot \cos(-30^\circ) = 10 \cdot 0,87 = 8,7 \text{ В}$$

$$U_{m2 \Gamma} = U_{m2} \cdot \cos \psi_2 = 20 \cdot \cos(60^\circ) = 20 \cdot 0,5 = 10 \text{ В}$$

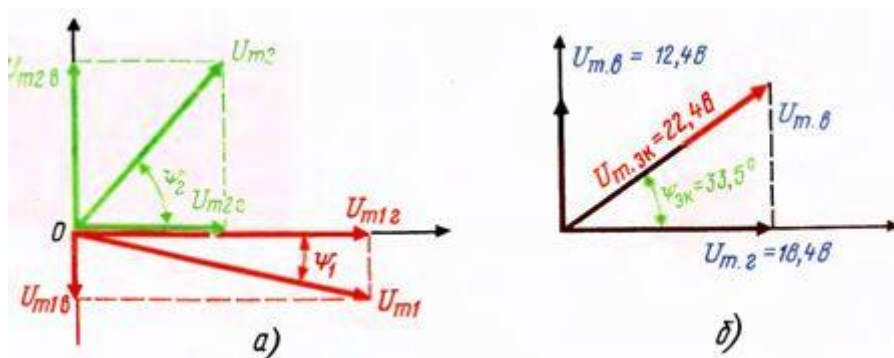


Рис.2.

$$U_{m1 \text{ В}} = U_{m1} \cdot \sin \psi_1 = 10 \cdot \sin(-30^\circ) = 10 \cdot (-0,5) = -5 \text{ В}$$

$$U_{m2 \text{ В}} = U_{m2} \cdot \sin \psi_2 = 20 \cdot \sin(60^\circ) = 20 \cdot 0,87 = 17,4 \text{ В}$$

Очевидно, что общие горизонтальные и вертикальная составляющие равны алгебраическим суммам соответствующих составляющих. В данном случае

$$U_{m \text{ Г}} = U_{m1 \text{ Г}} + U_{m2 \text{ Г}} = 8,7 + 10 = 18,7 \text{ В}$$

$$U_{m \text{ В}} = U_{m1 \text{ В}} + U_{m2 \text{ В}} = 17,4 - 5 = 12,4 \text{ В}$$

Получившиеся составляющие покажем на рис. 2, б. Определим значение U_m для этого вычислим геометрическую сумму обеих составляющих:

$$U_{m \text{ Эк}} = \sqrt{U_{m \text{ Г}}^2 + U_{m \text{ В}}^2} = \sqrt{18,7^2 + 12,4^2} = 22,4 \text{ В}$$

Определим эквивалентный фазный угол $\psi_{\text{Эк}}$. Из рис. 2,б видно, что отношение вертикальной составляющей к горизонтальной представляет тангенс эквивалентного фазного угла.

$$\operatorname{tg} \psi_{\text{Эк}} = \frac{U_{m \text{ В}}}{U_{m \text{ Г}}}$$

откуда

$$\psi_{\text{Эк}} = \operatorname{arctg} \left(\frac{U_{m \text{ В}}}{U_{m \text{ Г}}} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{12,4}{18,7} \right) = \operatorname{arctg}(0,663) = 33,5^\circ$$

Таким образом, результирующая синусоида имеет амплитуду 22,4 В, начальную фазу $33,5^\circ$ с таким же периодом, который имели составляющие. Заметим, что складывать можно только синусоиды с одинаковыми частотами поскольку при сложении синусоидальных кривых с различными частотами, результирующая кривая перестает быть синусоидальной и все понятия, применяемые только к гармоническим сигналам, становятся в этом случае неправомерными.

Проследим еще раз всю цепочку преобразований, которые приходится проделывать с математическими описаниями сигналов гармонической формы при выполнении различных расчетов.

Сначала временные функции заменяют векторными изображениями, затем каждый вектор раскладывают на две взаимно перпендикулярные составляющие, после чего просчитывают отдельно горизонтальные и вертикальные составляющие и, наконец, определяют значения результирующего вектора и его начальной фазы.

Такой путь расчета избавляет от необходимости графически складывать (а в ряде случаев делать и более сложные операции, например, перемножать, делить, извлекать корни и т. д.) синусоидальные кривые и прибегать к расчетам с помощью формул косоугольных треугольников.

Однако рассчитывать отдельно горизонтальные и вертикальные составляющие операции достаточно громоздки. При подобных расчетах очень удобным является такой математический аппарат, с помощью которого можно просчитать сразу обе составляющие.

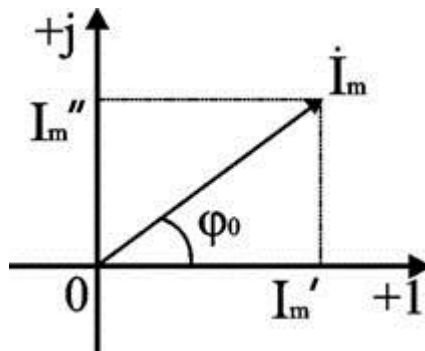
Уже в конце прошлого века был разработан метод, позволяющий одновременно производить расчеты над числами, отложенными на взаимно перпендикулярных осях. Числа, откладываемые по горизонтальной оси, называли вещественными, а по вертикальной оси — мнимыми. При расчетах этих чисел к вещественным добавляют множитель ± 1 , а к мнимым — $\pm j$ (читается "жи"). Числа, состоящие из вещественной и мнимой частей, называли комплексными, а метод расчетов, выполняемых с их помощью — **символическим**.

Поясним термин "символический". Те функции, которые подлежат расчету (в данном случае гармонические), являются оригиналами, а те выражения, которыми заменяют оригиналы — изображениями или символами.

При использовании символического метода все расчеты производят не над самими оригиналами, а над их символами (изображениями), которые в нашем случае представляют соответствующие комплексные числа, поскольку производить операции над изображениями значительно легче, чем над самими оригиналами.

По окончании всех операций над изображениями по результирующему изображению записывают оригинал, соответствующий получившемуся изображению. Символическим методом производят подавляющее большинство расчетов в электрических цепях.

Все параметры цепи представляются в комплексной форме.



$$\begin{aligned}\dot{I}_m &= \underline{I_m} = I_m' + jI_m'' = I_m \cdot e^{j\varphi} = I_m \cdot e^{j(\omega t + \varphi_0)} = \\ &= I_m \cdot e^{j\varphi_0} \cdot e^{j\omega t}.\end{aligned}$$

Поворотный множитель.

Комплексная амплитуда.

$\dot{I}_m = I_m \cdot e^{j\varphi_0} \cdot e^{j\omega t}$ – комплексное мгновенное значение;

$\dot{I} = I \cdot e^{j\varphi_0}$ – комплексное действующее значение силы тока;

$\dot{U} = U \cdot e^{j\varphi_0}$ – комплексное действующее значение напряжения.

Пример.

$$i(t) = 10 \sqrt{2} \sin \left(314 t + \frac{\pi}{4} \right) \Rightarrow \dot{I} = 10 e^{j\frac{\pi}{4}} (\text{A}).$$

Достоинство комплексного метода: при его применении в анализе цепей переменного тока можно применять все известные методы анализа постоянного тока.

Под законом Ома в комплексной форме понимают:

$$\dot{I} = \dot{U} / \underline{Z}$$

$$\begin{cases} \dot{I} = I e^{j\varphi}, \\ \dot{U} = U e^{j\varphi_0} \end{cases} \Rightarrow \underline{Z} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U}{I} e^{j(\varphi_0 - \varphi)} = z e^{\pm j\varphi} = z \cos \varphi \pm jz \sin \varphi = r \pm jx.$$

Комплексное сопротивление участка цепи представляет собой комплексное число, вещественная часть которого соответствует величине активного сопротивления, а коэффициент при мнимой части – реактивному сопротивлению.

По виду записи комплексного сопротивления можно судить о характере участка цепи:

$R + j X$ — активно-индуктивное сопротивление;

$R - j X$ — активно-емкостное.

Алгебраическая сумма комплексных действующих значений токов в узле равна нулю.

$$\sum_{k=1}^n \dot{I}_k = 0.$$

В замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма комплексных действующих значений ЭДС равна алгебраической сумме комплексных падений напряжений в нём.

$$\sum_{k=1}^n \dot{E}_k = \sum_{k=1}^n \dot{I}_k z_k.$$

При использовании символического метода можно пользоваться понятиями мощностей. Но в комплексной форме можно записать только полную мощность:

$$\tilde{S} = \dot{U} \cdot \ddot{I} = U \cdot I \cdot e^{j(\varphi_u + \varphi_i)} = U \cdot I \cdot e^{\pm j\varphi} = S \cdot e^{\pm j\varphi},$$

где $\ddot{I}$ — комплексно-сопряженный ток

$$S \cos \varphi \pm j S \sin \varphi = P \pm j Q.$$

Полная мощность в комплексной форме представляет собой комплексное число, вещественная часть которого соответствует активной мощности рассматриваемого участка, а коэффициент при мнимой части – реактивной мощности участка. Значение знака перед мнимой частью: “+” означает, что напряжение опережает ток, нагрузка – активно-индуктивная; “–” означает, что нагрузка – активно-емкостная.

2. Примеры решения типовых задач

Задача 1

При выполнении заданий символическим (с помощью комплексных чисел) методом расчёта электрических цепей переменного тока необходимо пользоваться формулой, отражающей связь между показательной, тригонометрической и алгебраической формой записи комплексных чисел:

$$e^{\pm jx} = \cos x \pm j \sin x = a \pm jv \quad (7.1)$$

Произвести вычисления:

$$1. 2e^{j180^\circ} = 2 \cdot \cos 180^\circ + j2 \cdot \sin 180^\circ = 2 \cdot (-1) + j2 \cdot 0 = -2$$

$$2. 5e^{-j45^\circ} = 5 \cdot \cos 45^\circ - j5 \sin 45^\circ = 5 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - j5 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 3.525 - j3.525$$

$$3. 10 - j19 = \sqrt{10^2 + (-19)^2} = 21.47e^{-j62^\circ}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{10}{21.47} = 0.4658$$

$$\sin \varphi = \frac{X}{Z} = \frac{-19}{21.47} = -0.885$$

$$\varphi = -62^\circ$$

При выполнении расчётов необходимо пользоваться таблицей тригонометрических функций.

Задача 2

По заданным значениям $\dot{U} = 220e^{-j60^\circ}, B$ и $\dot{I} = 5e^{-j30^\circ}, A$ вычислить активную, реактивную и полную мощности символическим методом.

Решение

Определяем полную комплексную мощность $\underline{S}$ через сопряжённый комплекс тока $\dot{I}^*$ (в сопряженном комплексе знак аргумента изменить на противоположный).

$$\underline{S} = \dot{U} \cdot \dot{I}^* = 220e^{-j60^\circ} \cdot 5e^{j30^\circ} = 1100e^{-j30^\circ} = 1100 \cdot \cos 30^\circ - j1100 \cdot \sin 30^\circ = 1100 \cdot 0.866 - j1100 \cdot 0.5 = 952.6 - j550, BA$$

где,

$$P = 952.6 \text{ Вт}$$

$$Q_C = 550 \text{ ВАР}$$

Знак «-» в комплексе полной мощности свидетельствует о преобладании активно – ёмкостной нагрузки.

Задача 3

Записать сопротивления участков в комплексной форме

Решение



Задача 4

Записать значение переменного тока в комплексной форме.

$$i(t) = 10 \sqrt{2} \sin \left(314 t + \frac{\pi}{4} \right) \Rightarrow \dot{I} = 10 e^{j\frac{\pi}{4}} (A).$$

Задача 5

В электрическую цепь входят четыре комплексных сопротивления:

$$\underline{Z}_1 = 20e^{j30^\circ} \text{ Ом}; \quad \underline{Z}_2 = 30e^{j60^\circ} \text{ Ом}; \quad \underline{Z}_3 = 4 \text{ Ом}; \quad \underline{Z}_4 = 6e^{-j180^\circ} \text{ Ом}.$$

Начертить схему цепи с обозначением активных и реактивных элементов.

Определить комплекс сопротивлений $\underline{Z}$ всей цепи.

Решение

Общее сопротивление цепи выражается формулой:

$$\underline{Z} = \frac{\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2} + \underline{Z}_3 + \underline{Z}_4 \quad (7.2)$$

Преобразуем комплексы сопротивлений.

$$\underline{Z}_1 = 20e^{j30^\circ} = 20 * \cos 30^\circ + j20 * \sin 30^\circ = 20 * \frac{\sqrt{3}}{2} + j20 * 0.5 = 17.3 + j10 \text{ Ом}$$

$$\underline{Z}_2 = 30e^{j60^\circ} = 30 * \cos 60^\circ + j30 * \sin 60^\circ = 30 * 0.5 + j30 * \frac{\sqrt{3}}{2} = 15 + j25.95$$

Ом

$$\underline{Z}_3 = 4 \text{ Ом}$$

$$\underline{Z}_4 = 6e^{-j180^\circ} = 6 * \cos 180^\circ - j6 * \sin 180^\circ = -6 - j6.0 = -6 \text{ Ом}$$

По преобразованным значениям комплексов сопротивлений $\underline{Z}$ можно сделать вывод: что в первой ветви преобладает активно – емкостная нагрузка, во второй ветви преобладает активно – индуктивная нагрузка, а в третьей и четвертой ветвях – чисто активная нагрузка. Следовательно, из сделанного анализа схема имеет вид:

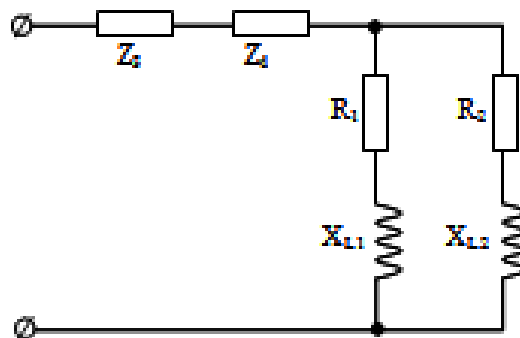


Рисунок 7.1 – Схема замещения расчетной цепи

Определяем комплекс эквивалентного сопротивления $\underline{Z}$:

$$\begin{aligned}
\underline{Z} &= \frac{20e^{j30^\circ} * 30e^{j60^\circ}}{20e^{j30^\circ} * 30e^{j60^\circ}} + 4 - 6 = \frac{600e^{j90^\circ}}{17.3 + j10 + 15 + j25.95} + 4 - 6 = \\
&= \frac{600e^{j90^\circ}}{32.3 + j10 + 15 + j35.95} + 4 - 6 = \frac{600e^{j90^\circ}}{48.33e^{j45^\circ}} + 4 - 6 = \\
&= \frac{600 * \cos 90^\circ + j600 \sin 90^\circ}{48.33e^{j45^\circ}} + 4 - 6 = \frac{600 * 0 + j600 * 1}{48.33e^{j45^\circ}} - 2 = \\
&= \frac{j600}{48.33e^{j45^\circ}} - 2 = \frac{600e^{j90^\circ}}{48.33e^{j45^\circ}} - 2 = 12.4e^{j45^\circ} - 2 = \\
&= 12.41 - \cos 45^\circ + j12.41 \sin 45^\circ - 2 = 12.41 * \frac{\sqrt{2}}{2} + j12.41 \sin 45^\circ - 2 = \\
&= 8.775 + j8.775 - 2 = 6.775 + j8.7758 = \sqrt{6.775^2 + 8.775^2} = \\
&= \sqrt{32.5 + 77} = \sqrt{429.5} = 20.72e^{j25^\circ}; \\
\cos \varphi &= \frac{R}{Z} = \frac{6.775}{20.72} = 0.33 \\
\sin \varphi &= \frac{X_L}{Z} = \frac{8.775}{20.72} = 0.42 \\
\varphi &= 25
\end{aligned}$$

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

- 1.Символический метод расчета
- 2.Расчетные формулы. Примеры задач

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы темы и выполните следующие задания, используя литературу

Задание 1.

- 1.Произвести вычисления для четырех примеров в каждом варианте, используя данные таблицы 7.1

Таблица 7.1 – Исходные данные к контрольной работе

Вариант	№1	№2	№3	№4	№5
1	$j10$	$j6$	$-j4$	$j5$	$-j10$
2	$2 + j2$	$4 - j5$	$6 + j8$	$5 - j4$	$4 + j3$
3	$10e^{j45^\circ}$	$5e^{j30^\circ}$	$6e^{-j60^\circ}$	$8e^{-j90^\circ}$	$10e^{j90^\circ}$
4	$6e^{j60^\circ}$	$10e^{-j90^\circ}$	$8e^{j30^\circ}$	$10e^{-j45^\circ}$	$4e^{-j30^\circ}$
Вариант	№6	№7	№8	№9	№10
1	$j8$	$-j5$	$j12$	$j15$	$j13$
2	$4 + j4$	$3 + j3$	$6 + j6$	$7 - j7$	$8 - j2$
3	$2e^{j30^\circ}$	$4e^{j30^\circ}$	$9e^{j90^\circ}$	$14e^{-j60^\circ}$	$15e^{j45^\circ}$
4	$3e^{-j45^\circ}$	$5e^{-j60^\circ}$	$15e^{-j60^\circ}$	$12e^{j30^\circ}$	$16e^{j60^\circ}$

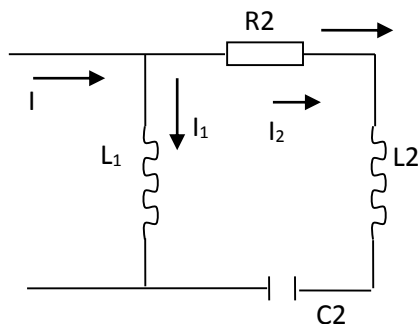
Задание 2. По заданным значениям $\dot{U}$ и $\dot{I}$ вычислить активную и реактивную мощность, активное и реактивное сопротивление символическим методом (комплексным), по результатам расчета начертить схему замещения цепи. Исходные данные в таблице 8.1

Таблица 8.1 – Исходные данные к контрольной работе

№ варианта	1	2	3	4	5
$\dot{U}, \text{В}$	$220e^{j45^\circ}$	$110e^{j30^\circ}$	$50e^{j60^\circ}$	$80e^{j45^\circ}$	$85e^{j60^\circ}$
$\dot{I}, \text{А}$	$10e^{j15^\circ}$	$5e^{-j15^\circ}$	$7e^{-j30^\circ}$	$4e^{-j45^\circ}$	$3e^{-j30^\circ}$
№ варианта	6	7	8	9	10
$\dot{U}, \text{В}$	$115e^{-j30^\circ}$	$35e^{j45^\circ}$	$170e^{-j15^\circ}$	$180e^{j25^\circ}$	$200e^{j40^\circ}$
$\dot{I}, \text{А}$	$2e^{j30^\circ}$	$4e^{-j15^\circ}$	$7e^{-j65^\circ}$	$7e^{j45^\circ}$	$5e^{-j50^\circ}$

Задание 3. Символическим методом произвести расчет заданной цепи, определив ток, напряжение и мощности на каждом участке и всей цепи.

Вариант 1



$$f = 100 \text{ Гц}$$

$$I_1^* = 10 \text{ A}$$

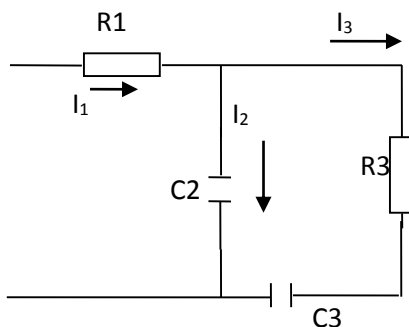
$$L_1 = 0,1127 \text{ Гн}$$

$$L_2 = 0,0191 \text{ Гн}$$

$$C_2 = 530 \text{ мкФ}$$

$$R_2 = 20 \text{ Ом}$$

Вариант 3



$$f = 50 \text{ Гц}$$

$$I_1^* = 5e^{j85^\circ} \text{ A}$$

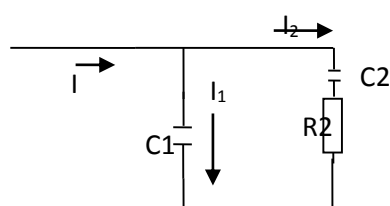
$$R_1 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 50 \text{ Ом}$$

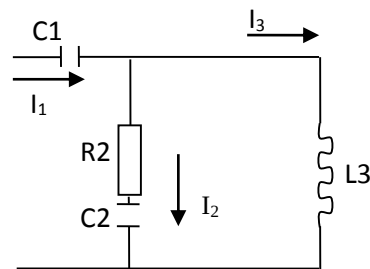
$$C_2 = 530 \text{ мкФ}$$

$$C_3 = 191 \text{ мкФ}$$

Вариант 5



Вариант 2



$$U^* = 180e^{j10^\circ} \text{ В}$$

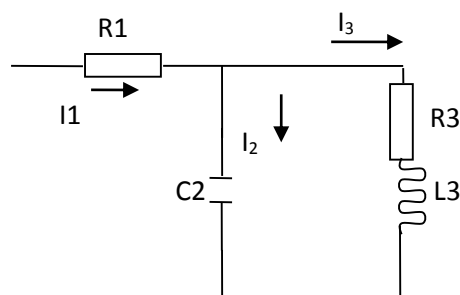
$$R_2 = 70 \text{ Ом}$$

$$X_{C1} = 60 \text{ Ом}$$

$$X_{C2} = 100 \text{ Ом}$$

$$X_{L3} = 50 \text{ Ом}$$

Вариант 4



$$R_1 = 60 \text{ Ом}, U^* = 120 \text{ В}$$

$$R_3 = 40 \text{ Ом}$$

$$X_{C2} = 40 \text{ Ом}$$

$$X_{L3} = 4 \text{ Гн}$$

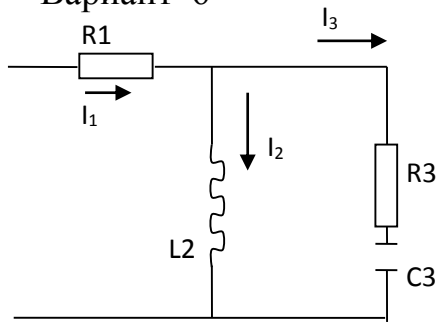
$$U^* = 300e^{j75^\circ} \text{ В}$$

$$C_1 = 637 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 159 \text{ мкФ}$$

$$f = 50 \text{ Гц}$$

Вариант 6



$$U = 400e^{j50^\circ} \text{ В}$$

$$U = 150e^{j60^\circ} \text{ В}$$

$$R_1 = 30 \text{ Ом}$$

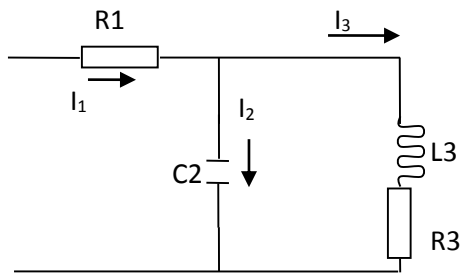
$$L_2 = 0,0191 \text{ Гн}$$

$$C_3 = 318 \text{ мкФ}$$

$$R_3 = 50 \text{ Ом}$$

$$f = 50 \text{ Гц}$$

Вариант 8



$$U = 100e^{j60^\circ} \text{ В}$$

$$R_1 = 40 \text{ Ом}$$

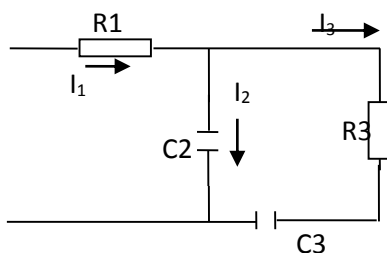
$$R_3 = 80 \text{ Ом}$$

$$C_2 = 318 \text{ мкФ}$$

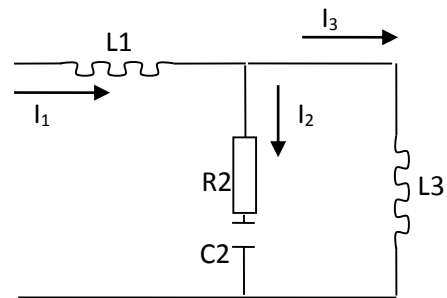
$$L_3 = 0,0198 \text{ Гн}$$

$$f = 50 \text{ Гц}$$

Вариант 10



Вариант 7



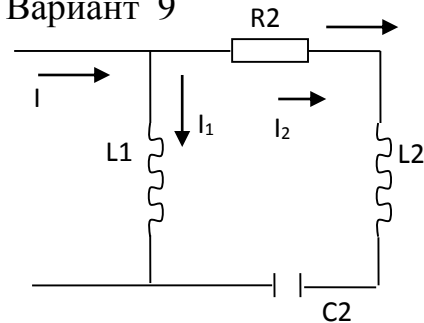
$$L_1 = 0,382 \text{ Гн}$$

$$L_3 = 0,0048 \text{ Гн}$$

$$C_2 = 159 \text{ мкФ}$$

$$f = 100 \text{ Гц}$$

Вариант 9



$$f = 50 \text{ Гц}$$

$$I = 10e^{j25^\circ} \text{ А}$$

$$L_1 = 0,0127 \text{ Гн}$$

$$L_2 = 0,0191 \text{ Гн}$$

$$C_2 = 530 \text{ мкФ}$$

$$R_2 = 50 \text{ Ом}$$

$$f = 50 \text{ Гц}, \quad R_3 = 100 \text{ Ом}$$

$$I = 10e^{j20^\circ} \text{ А},$$

$$R_1 = 50 \text{ Ом},$$

$$C_3 = 530 \text{ мкФ}, \quad C_2 = 159 \text{ мкФ}$$

Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач, оформление задач и правильность полученного результата.

Контроль выполнения: сдача решенных задач в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 4 часа

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 7

Тема: «Элементы цепей переменного тока. Емкостное и индуктивное сопротивление, их зависимость от частоты переменного тока и параметров элементов»

Цель: приобретение навыков экспериментального определения зависимости емкостного и индуктивного сопротивлений от частоты переменного тока и параметров элементов.

Источники учебной информации:

1. М.В. Немцов, И.И. Светлаков Электротехника с основами электроники. Ростов-на-Дону «Феникс», 2008 . § 3.2, 3.3, 3.7, 3.10
2. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008 , §4.13, 4.17
3. В. М. Прошин Электротехника §2.3.1-2.3.3
4. Краткое теоретическое описание

В процессе работы над темой учащиеся должны:

Знать: элементы цепи переменного тока; зависимость элементов от частоты переменного тока

Уметь: вычислять индуктивное, емкостное и полное сопротивление; объяснять поведение реактивных элементов в цепи переменного тока и зависимость их от частоты, явление резонанса

1. Краткое теоретическое описание

В цепи переменного тока кроме резисторов могут использоваться катушки индуктивности и конденсаторы. Для постоянного тока катушка индуктивности имеет только активное сопротивление, которое обычно невелико (если катушка не содержит большое количество витков). Конденсатор же в цепи постоянного тока представляет "разрыв" (очень большое активное сопротивление). Для переменного тока эти элементы обладают специфическим реактивным сопротивлением, которое зависит как от номиналов деталей, так и от частоты переменного тока, протекающего через катушку и конденсатор.

1.1. Катушка в цепи переменного тока.

Рассмотрим, что происходит в цепи, содержащей резистор и катушку индуктивности. Колебания силы тока, протекающего через катушку:

$$i = I_m \cdot \cos(\omega t)$$

вызывают падение напряжения на концах катушки в соответствии с законом самоиндукции и правилом Ленца:

$$u_L = L \frac{di}{dt} = -L\omega I_m \sin(\omega t) = \omega L I_m \cos(\omega t + \pi/2)$$

т.е. колебания напряжения опережают по фазе колебания силы тока на $\pi/2$. Произведение $\omega L I_m$ является амплитудой колебания напряжения:

$$U_L = \omega L I_m$$

Произведение циклической частоты на индуктивность называют *индуктивным сопротивлением* катушки:

$$X_L = \omega L \quad (1)$$

поэтому связь между амплитудами напряжения и тока на катушке совпадает по форме с законом Ома для участка цепи постоянного тока:

$$U_L = X_L I_m \quad (2)$$

Как видно из выражения (1), индуктивное сопротивление не является постоянной величиной для данной катушки, а пропорционально частоте переменного тока через катушку. Поэтому амплитуда колебаний силы тока I_m в проводнике с индуктивностью L при постоянной амплитуде U_L напряжения убывает обратно пропорционально частоте переменного тока:

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}.$$

1.2. Конденсатор в цепи переменного тока.

При изменении напряжения на обкладках конденсатора по гармоническому закону: $u_C = U_m \cos(\omega t)$

заряд q на его обкладках изменяется также по гармоническому закону:

$$q = C u_C = C U_m \cos(\omega t).$$

Электрический ток в цепи возникает в результате изменения заряда конденсатора, поэтому колебания силы тока в цепи будут происходить по закону:

$$i = \frac{dq}{dt} = -\omega C U_m \sin(\omega t) = \omega C U_m \cos(\omega t + \pi/2)$$

Видно, что колебания напряжения на конденсаторе отстают по фазе от колебаний силы тока на $\pi/2$.
Произведение $\omega C U_m$ является амплитудой колебаний силы тока:

$$I_m = \omega C U_m$$

Аналогично тому, как было сделано с индуктивностью, введем понятие *емкостного сопротивления* конденсатора:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (3)$$

Для конденсатора получаем соотношение, аналогичное закону Ома:

$$U_C = X_C I_m \quad (4)$$

Формулы (2) и (4) справедливы и для эффективных значений тока и напряжения.

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

1. Емкостное сопротивление.
2. Индуктивное сопротивление.

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы темы и выполните следующие задания, используя литературу и Интернет-ресурс «Начала электроники»

Задание 1. Выполнить лабораторную работу

Порядок выполнения работы

1. Соберите цепь показанную на рисунке 1.

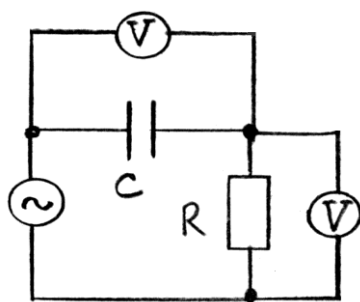


Рис 1

2. Установите следующие значения параметров:

Генератор – напряжение (эффективное) 100 В, частота 100 Гц;

Конденсатор – рабочее напряжение 400 В, емкость 10 мкФ;

Резистор – рабочая мощность 500 Вт, сопротивление 100 Ом.

3. Изменяя емкость конденсатора от 5 до 50 мкФ (через 5 мкФ), запишите показания вольтметров (напряжение на конденсаторе и на резисторе).
4. Рассчитайте эффективное значение токов, текущих в цепи, в зависимости от значения емкости конденсатора (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление).
5. Определите значения емкостных сопротивлений конденсатора для соответствующих значений его емкости и сравните их с рассчитанными по формуле (3).
6. Установите емкость конденсатора 10 мкФ. Изменяя частоту генератора от 20 до 100 Гц через 10 Гц, повторите измерения и расчеты емкостного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока.
7. Соберите цепь показанную на рисунке 2.

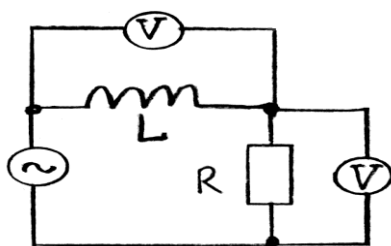


Рис.2

8. Установите следующие значения параметров:

Генератор – напряжение (эффективное) 100 В, частота 100 Гц;

Катушка - индуктивность 50 мГн;

Резистор – рабочая мощность 500 Вт, сопротивление 100 Ом.

9. Изменяя индуктивность катушки от 50 до 500 мГн (через 50 мГн), запишите показания вольтметров (напряжение на катушке и на резисторе).
10. Рассчитайте эффективное значение токов, текущих в цепи, в зависимости от значения индуктивности катушки (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление).
11. Определите индуктивные сопротивления катушки для соответствующих значений ее индуктивности и сравните их с рассчитанными по формуле (1).
12. Установите индуктивность катушки 100 мГн. Изменяя частоту генератора от 20 до 100 Гц через 10 Гц, повторите измерения и расчеты индуктивного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока..
13. Постройте графики зависимостей индуктивного и емкостного сопротивлений от частоты переменного тока.

3. Контрольные вопросы.

3.1. Почему емкостное сопротивление уменьшается с увеличением частоты переменного тока а, индуктивное сопротивление – увеличивается?

3.2. Каковы разницы фаз между током и напряжением для катушки и конденсатора?

3.3. В каких единицах измеряются емкостное и индуктивное сопротивления?

3.4. Как записывается аналог закона Ома для максимальных (эффективных) значений тока и напряжения для реактивных элементов – конденсатора и катушки индуктивности?

Контроль выполнения: сдача отчета в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 2 часа

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 8

Тема: «Симметричные трехфазные цепи при соединении фаз приемника треугольником»

Цель: приобретение навыков расчета симметричных трехфазных цепей при соединении фаз приемника треугольником

Студент должен:

В процессе работы над темой учащиеся должны:

понимать и объяснять понятия связанные с симметричными трехфазными цепями;

уметь:

приводить примеры симметричных трехфазных цепей;

вычислять активное, реактивное и полное сопротивление фазы;

вычислять активную, реактивную и полную мощность;

строить векторные диаграммы для симметричной нагрузки;

Источники учебной информации:

1. М.В. Немцов, И.И. Светлаков Электротехника с основами электроники. Ростов-на-Дону «Феникс», 2008, § 4.3, 4.5

2. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008, § 6.5-6.7

1. В.М. Прошин Электротехника, М. «Академия», 2010 г. §3.2.2, 3.3.1, 3.3.2.

2. Интернет-ресурсы.

3. Краткие сведения из теории.

1. Теоретические сведения

В настоящее время получение, передача и распределение электроэнергии в большинстве случаев производится посредством **т р е х ф а з н о й с и с т е м ы**.

Эта система была изобретена и практически разработана во всех основных ее частях выдающимся русским инженером М. О. Доливо-Добровольским.

Как показывает само название, трехфазная система состоит из трех источников электроэнергии и трех цепей, соединенных общими проводами линии передачи.

Источником энергии для всех фаз системы является трехфазный генератор (рис. 3.1). Он отличается от однофазного генератора переменного тока тем, что у него на статоре размещены три изолированные друг от друга одинаковые обмотки. Они расположены так, чтобы индуцируемые в них э.д.с. были сдвинуты по фазе одна относительно другой на 120° .

Если генератор двухполюсный, как на рис. 3.1, то оси катушек обмоток фазы сдвинуты одна по отношению к другой на одну треть окружности статора.

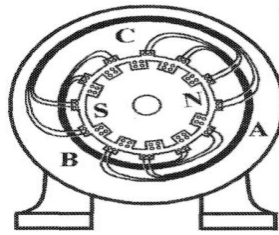


Рис.3.1 Схема устройства трехфазного генератора.

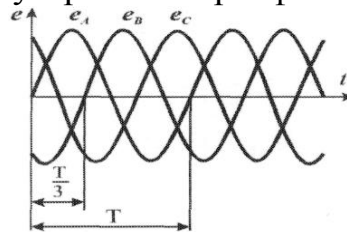


Рис.3.2 Кривые мгновенных значений э.д.с. трехфазной системы.

При вращении ротора его постоянное магнитное поле пересекает проводники обмоток не одновременно. Э.д.с. обмотки *A* достигает своего максимального значения, когда мимо нее проходит середина полюса ротора. Э.д.с. в следующей обмотке *B* достигает максимума позже, когда ротор повернется на $1/3$ оборота. В двухполюсном генераторе повороту на $1/3$ оборота соответствует $1/3$ периода индуцируемой э.д.с. Следовательно, э.д.с. в обмотке *B* отстает по фазе от э.д.с. в обмотке *A* на $1/3$ периода. В свою очередь, э.д.с. в обмотке *C* отстает по фазе от э.д.с. обмотки *B* на $1/3$ периода и от э.д.с. обмотки *A* на $2/3$ периода. При такой симметрии устройства генератора максимальные значения этих э.д.с. одинаковы. Конструкция генератора должна обеспечивать их синусоидальность.

Уравнения мгновенных значений э.д.с. будут:

$$\begin{aligned} E_A &= E_m \sin \omega t \\ e_B &= E_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) = E_m \sin\left(\omega t - \frac{T}{3}\right) \\ e_C &= E_m \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) = E_m \sin\left(\omega t - \frac{2T}{3}\right) \end{aligned} \quad (3.1)$$

Кривые мгновенных значений э.д.с. показаны на рис. 3.2. На рис. 3.3 дана векторная диаграмма для их действующих значений

$$E_\phi = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

Сумма этих векторов образует замкнутый треугольник: $E_A + E_B + E_C = 0$ — это трехфазная симметричная система э.д.с. Алгебраическая сумма мгновенных значений э.д.с. $e_A + e_B + e_C = 0$, что легко проверить, подставив выражения этих значений как синусоидальных функций времени.

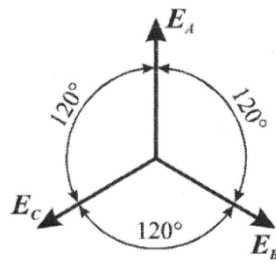


Рис. 3.3 Векторы э.д.с. трехфазной системы.

Изображения э.д.с. трехфазной системы в комплексной форме будут:

$$\begin{aligned}\dot{E}_A &= E_\phi \cdot e^{j0} = E_\phi \\ \dot{E}_B &= E_\phi \cdot e^{-j\frac{2\pi}{3}} = E_\phi \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right); \\ \dot{E}_C &= E_\phi \cdot e^{-j\frac{4\pi}{3}} = E_\phi \cdot e^{j\frac{2\pi}{3}} = E_\phi \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right);\end{aligned}\tag{3-2}$$

От последовательности фаз системы зависит направление вращения трехфазных двигателей, поэтому в трехфазных устройствах она проверяется специальными указателями последовательности фаз и обозначается раскраской шин на распределительных устройствах; приняты следующие цвета: фаза *A* — желтый, фаза *B* — зеленый и фаза *C* — красный; незаземленная нейтраль — белый, заземленная нейтраль — черный. Зажимы обмоток генератора различают: начала *A*, *B*, *C*, концы *X*, *Y*, *Z*.

Два основных способа соединения обмоток генераторов, трансформаторов и приемников в трехфазных цепях: звездой и треугольником

СОЕДИНЕНИЕ ФАЗ ТРЕУГОЛЬНИКОМ

Несколько реже, чем соединение звездой, в трехфазных устройствах применяют соединение треугольником (условное обозначение Δ).

При соединении треугольником (рис. 3.9) обмотки фаз генератора соединяются так, чтобы начало одной обмотки фазы соединялось с концом предыдущей (*A* с *Z*; *B* с *X* и *C* с *Y*). Положительные направления э.д.с. при таком соединении направлены внутри треугольника обмоток фаз одинаково; следовательно, внутри этого треугольника действует алгебраическая сумма мгновенных значений фазных э.д.с. $e_A + e_B + e_C = 0$ и поэтому уравнительного тока в мотках генератора не возникает¹. Общие точки, созданные объединением двух зажимов обмоток, соединяются с линейными проводами, к которым подключаются фазы приемника. Ток в каждом из линейных проводов системы равен сумме двух токов, положительные направления которых противоположны (см. рис. 3.9). На основании сказанного ясно, что результирующие токи линейных проводов равны векторной разности соответствующих фазных токов:

¹ Тем не менее для генераторов соединение треугольником применяется редко, так как при отступлении кривых э.д.с. от синусоиды сумма э.д.с. не будет равна нулю и внутри обмоток генератора возникнет уравнительный ток.

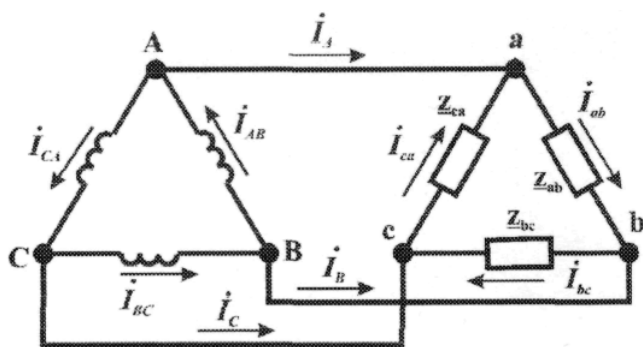


Рис. 3.9 Соединение фаз треугольником

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}; \quad (3.5)$$

В этой системе три фазных напряжения будут вместе с тем линейными, поэтому как линейные, так и фазные токи, ими создаваемые, обозначают двумя индексами узлов («начал» обмоток генератора или фаз приемника).

Три линейных напряжения $\dot{U}_{AB}$, $\dot{U}_{BC}$ и $\dot{U}_{CA}$ могут быть исходными при построении векторной диаграммы системы (рис. 10а). Углы между ними равны 120° . Векторы фазных токов $\dot{I}_{ab}$, $\dot{I}_{bc}$, $\dot{I}_{ca}$ симметричной нагрузке сдвинуты по отношению создающим их напряжениям на некоторый угол φ значение которого зависит от отношения реактивного и активного сопротивлений приемника.

На основании соотношений (3.5), чтобы построить вектор линейного тока $\dot{I}_A$, нужно к $\dot{I}_{ab}$ прибавить $(-\dot{I}_{ca})$, т. е. вектор, равный по $\dot{I}_{ca}$ величине, но противоположный ему по направлению. На этом же основании определяются и два остальных линейных тока.

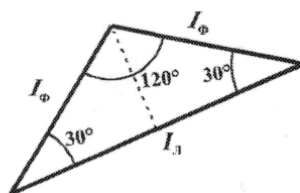
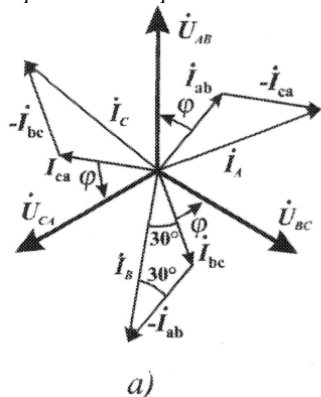
При симметричной нагрузке фазные токи по величине одинаковы: $I_{ab} = I_{bc} = I_{ca} = I_\phi$ и должны быть равны между собой линейные токи $I_A = I_B = I_C = I_L$.

На диаграмме векторы фазных и линейных токов образуют три равнобедренных треугольника с острыми углами по 30° и тупым углом 120° . В таком треугольнике, опустив из вершины угла перпендикуляр на противоположающую сторону (рис. 3.10б), найдем, что

$$I_\phi \cos 30^\circ = I_L / 2 \quad \text{или} \quad I_L = \sqrt{3} \cdot I_\phi; \quad (3.6)$$

Следовательно, в трехфазной симметричной системе, соединенной треугольником, фазные напряжения являются одновременно линейными: $U_{\phi\Delta} = U_{\Delta\Delta}$, а линейные токи больше фазных в $\sqrt{3}$ раз:

$$I_{\phi\Delta} = \sqrt{3} I_{\phi\Delta};$$



б)

Рис. 3.10 Векторная диаграмма напряжений и токов трехфазной системы, соединенной треугольником (а), и векторные соединения между фазными и линейными токами (б)

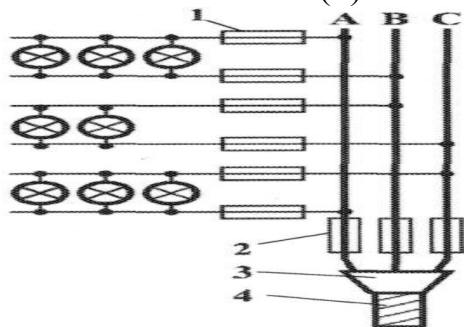


Рис. 3.11 Осветительная сеть, соединенная треугольником:

1 — квартирные предохранители, 2 — ломовые предохранители, 3 — муфта, 4 — кабель.

Некоторым преимуществом соединения фаз треугольником является то, что при несимметричной нагрузке нет необходимости использовать четвертый провод. На рис. 3.11 показана схема осветительной сети жилого дома при соединении фаз приемников треугольником.

Приемники подключаются к трем проводам трехфазной сети, причем они могут быть соединены звездой или треугольником независимо от способа соединения фаз генератора, питающего сеть.

В ряде случаев целесообразно в зависимости от условий работы приемников изменять способ соединения фаз — переключать фазы приемника от звезды на треугольник и обратно. Такое переключение применяется для уменьшения пусковых токов трехфазных электродвигателей, для изменения температуры трехфазных электрических печей, для изменения вторичных напряжений трансформаторов.

При переключении со звезды, на треугольник фаз симметричных приемников, сопротивления которых не зависят от напряжения, линейные токи увеличиваются в три раза:

$$I_{\Delta\Delta} = 3I_{\Delta Y}$$

но фазные токи возрастают в $\sqrt{3}$ раз:

$$I_{\phi\Delta} = \sqrt{3}I_{\phi Y};$$

Пример решения типовой задачи

Задача 1

Три одинаковых приемника с активным сопротивлением 30 Ом и индуктивным сопротивлением 18 Ом соединены в треугольник и питаются от сети с линейным напряжением 330 В . Определить фазное напряжение, фазный и линейный токи и коэффициент мощности цепи.

Решение. При соединении в треугольник $U_{\phi} = U_{\lambda} = 330 \text{ В.}$

Полное сопротивление фазы приемника

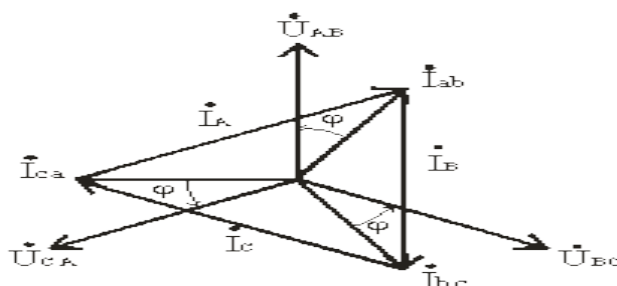
$$z = \sqrt{r^2 + x_L^2} = \sqrt{30^2 + 18^2} = 33,5 \text{ Ом.}$$

Линейный ток $I_{\lambda} = \sqrt{3}I_{\phi} = 1,73 \cdot 11,3 = 19,5 \text{ А}$

Коэффициент мощности $\cos \varphi = \frac{r}{z} = 0,895.$

$\varphi = 26^\circ$

Векторная диаграмма напряжений и токов



Фазный ток $I_{\phi} = \frac{U_{\lambda}}{z} = \frac{330}{33,5} = 11,3 \text{ А}$

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

- 1.Соединение фаз треугольником.
- 2.Расчетные формулы. Примеры задач
- 3..Построение векторной диаграммы.

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы темы и выполните следующие задания, используя литературу

Задание 1.

Для трехфазного приемника электрической энергии, соединенного по схеме треугольник определить фазные и линейные токи, активную, реактивную и полную мощность цепи и построить векторную диаграмму токов и напряжений, начертить схему замещения цепи.

Таблица 11.1 – Исходные данные к задаче

№ варианта	U_L , В	R_{AB} Ом	X_{AB} Ом	R_{BC} Ом	X_{BC} Ом	R_{CA} Ом	X_{CA} Ом
1	220	8	- 6	8	- 6	8	- 6
2	380	4	3	4	3	4	3
3	127	-	- 12	-	- 12	-	- 12
4	660	12	- 9	12	- 9	12	- 9
5	220	3	4	3	4	3	4
6	380	6	8	6	8	6	8
7	127	9	12	9	12	9	12
8	660	-	- 10	-	- 10	-	- 10
9	220	6	-	6	-	6	-
10	380	10	- 8	10	- 8	10	- 8

Задание 2. Решить задачи из задачника:

В, И, Полещук , Задачник по электротехнике и электронике М. «Академия», 2008 г.

1) № 3.104- 3.105 стр. 60

2) № 3.118-3.119 стр. 63

Задание 3. Выполнить тест

1.Чему равен ток в нулевом проводе в симметричной трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду?

- а) Номинальному току одной фазы
- б) Нулю
- в) Сумме номинальных токов двух фаз
- г) Сумме номинальных токов трёх фаз

2.Симметричная нагрузка соединена треугольником. При измерении фазного тока амперметр показал 10 А. Чему будет равен ток в линейном проводе?

- а) 10 А
- б) 17,3 А
- в) 14,14 А
- г) 20 А

3.Почему обрыв нейтрального провода четырехпроводной системы является аварийным режимом?

- а) На всех фазах приёмника энергии напряжение падает.
- б) На всех фазах приёмника энергии напряжение возрастает.
- в) Возникает короткое замыкание
- г) На одних фазах приёмника энергии напряжение увеличивается, на других уменьшается.

4.Выберите соотношение, которое соответствует фазным и линейным токам в трехфазной электрической цепи при соединении звездой.

а) $I_L = I_\phi$

б) $I_L = \sqrt{3} I_\phi$

в) $I_\phi = \sqrt{3} I_L$

г) $I_\phi = \sqrt{2} I_L$

5. Лампы накаливания с номинальным напряжением 220 В включают в трехфазную сеть с напряжением 220 В. Определить схему соединения ламп.

а) Трехпроводной звездой.

б) Четырехпроводной звездой

в) Треугольником

г) Шестипроводной звездой.

6. Каково соотношение между фазными и линейными напряжениями при соединении потребителей электроэнергии треугольником.

а) $I_L = I_\phi$

б) $I_L = \sqrt{3} * I_\phi$

в) $I_\phi = \sqrt{3} * I_L$

г) $I_L = \sqrt{2} * I_\phi$

7. В трехфазной цепи линейное напряжение 220 В, линейный ток 2 А, активная мощность 380 Вт. Найти коэффициент мощности.

а) $\cos \varphi = 0.8$

б) $\cos \varphi = 0.6$

в) $\cos \varphi = 0.5$

г) $\cos \varphi = 0.4$

8. В трехфазную сеть с линейным напряжением 380 В включают трехфазный двигатель, каждая из обмоток которого рассчитана на 220 В. Как следует соединить обмотки двигателя?

а) Треугольником

б) Звездой

в) Двигатель нельзя включать в эту сеть
можно

г) Можно треугольником,
звездой

9. Линейный ток равен 2,2 А. Рассчитать фазный ток, если симметричная нагрузка соединена звездой.

а) 2,2 А

б) 1,27 А

в) 3,8 А

г) 2,5 А

10. В симметричной трехфазной цепи линейный ток 2,2 А. Рассчитать фазный ток, если нагрузка соединена треугольником.

а) 2,2 А

б) 1,27 А

в) 3,8 А

г) 2,5 А

11. Угол сдвига между тремя синусоидальными ЭДС, образующими трехфазную симметричную систему составляет:

а) 150°

б) 120°

в) 240°

г) 90°

12. Может ли ток в нулевом проводе четырехпроводной цепи, соединенной звездой быть равным нулю?

а) Может

б) Не может

в) Всегда равен нулю

г) Никогда не равен нулю.

13. Нагрузка соединена по схеме четырехпроводной цепи. Будут ли меняться фазные напряжения на нагрузке при обрыве нулевого провода: 1) симметричной нагрузки 2) несимметричной нагрузки?

а) 1) да 2) нет

б) 1) да 2) да

в) 1) нет 2) нет

Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач, оформление задач и правильность полученного результата.

Контроль выполнения: сдача решенных задач и ответов на вопросы тестов в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 3 часа

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 9

Тема: «Несимметричные трехфазные цепи при соединении фаз приемника звездой»

Цель: приобретение навыков расчета для несимметричных трехфазных цепей при соединении фаз приемника звездой

В процессе работы над темой учащиеся должны:

понимать и объяснять понятия связанные с несимметричными трехфазными цепями;

уметь:

приводить примеры несимметричных трехфазных цепей;

вычислять активное, реактивное и полное сопротивление каждой фазы;

вычислять активную, реактивную и полную мощность;

строить векторные диаграммы для несимметричной нагрузки;

Источники учебной информации:

1. В.М. Прошин Электротехника, М. «Академия», 2010 г. §3.2.5
2. Интернет-ресурсы.
3. Краткие сведения из теории.

1. Теоретические сведения

При симметричной системе напряжений и несимметричной нагрузке, когда $Z_a \neq Z_b \neq Z_c$ и $\varphi_a \neq \varphi_b \neq \varphi_c$ токи в фазах потребителя различны и определяются по закону Ома

$$\dot{I}_a = \dot{U}_a / Z_a; \dot{I}_b = \dot{U}_b / Z_b; \dot{I}_c = \dot{U}_c / Z_c.$$

Ток в нейтральном проводе $\dot{I}_N$ равен геометрической сумме фазных токов

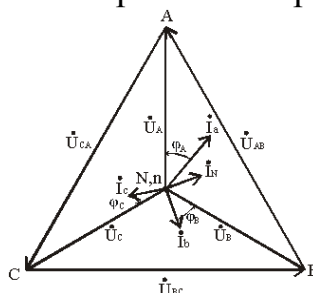
$$\dot{I}_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c.$$

Напряжения будут $U_a = U_A$; $U_b = U_B$; $U_c = U_C$, $U_\Phi = U_L / \sqrt{3}$, благодаря нейтральному проводу при $Z_N = 0$.

Следовательно, нейтральный провод обеспечивает симметрию фазных напряжений приемника при несимметричной нагрузке.

Поэтому в четырехпроводную сеть включают однофазные несимметричные нагрузки, например, электрические лампы накаливания. Режим работы каждой фазы нагрузки, находящейся под неизменным фазным напряжением генератора, не будет зависеть от режима работы других фаз.

Векторная диаграмма при несимметричной нагрузке приведена на рис. 3.9



В общем случае при несимметричной нагрузке $Z_{ab} \neq Z_{bc} \neq Z_{ca}$. Обычно она возникает при питании от трехфазной сети однофазных приемников. Например, для нагрузки, рис. 3.15, фазные токи, углы сдвига фаз и фазные мощности будут в общем случае различными.

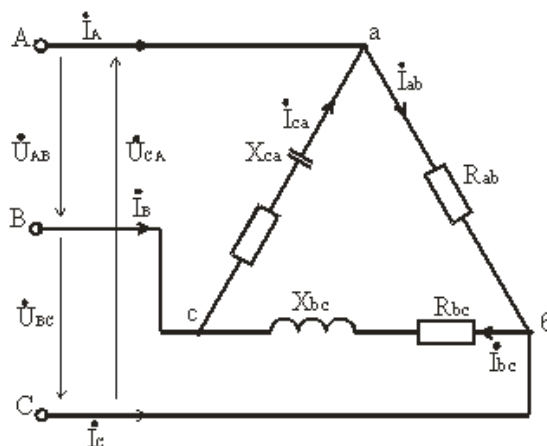


Рис. 3.15

Векторная диаграмма для случая, когда в фазе аб имеется активная нагрузка, в фазе bc – активно-индуктивная, а в фазе са – активно-емкостная приведена на рис. 3.16, топографическая диаграмма – на рис. 3.17.

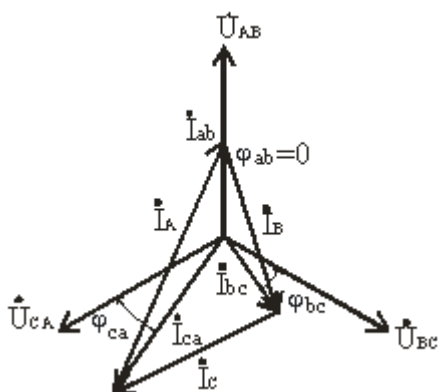


Рис. 3.16

Построение векторов линейных токов произведено в соответствии с выражениями

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}; \dot{I}_C = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}.$$

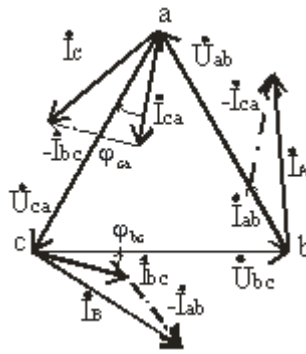


Рис. 3.17

Таким образом, при несимметричной нагрузке симметрия фазных токов $\dot{I}_{ab}$, $\dot{I}_{bc}$, $\dot{I}_{ca}$ нарушается, поэтому линейные токи $\dot{I}_A$, $\dot{I}_B$, $\dot{I}_C$ можно определить только расчетом по вышеприведенным уравнениям (3.20) или найти графическим путем из векторных диаграмм (рис. 3.16, 3.17).

Важной особенностью соединения фаз приемника треугольником является то, что при изменении сопротивления одной из фаз режим работы других фаз остается неизменным, так как линейные напряжения генератора являются постоянными. Будет изменяться только ток данной фазы и линейные токи в проводах линии, соединенных с этой фазой. Поэтому схема соединения треугольником широко используется для включения несимметричной нагрузки.

При расчете для несимметричной нагрузки сначала определяют значения фазных токов $\dot{I}_{ab}$, $\dot{I}_{bc}$, $\dot{I}_{ca}$ и соответствующие им сдвиги фаз φ_{ab} , φ_{bc} , φ_{ca} . Затем определяют линейные токи с помощью уравнений (3.20) в комплексной форме или с помощью векторных диаграмм (рис. 3.16, 3.17).

Пример типовой задачи.

Для трехфазной электрической цепи при соединении потребителей звездой, рассчитать токи в фазах, мощности фаз. Активную, реактивную и полную мощность цепи. Построить векторную диаграмму.

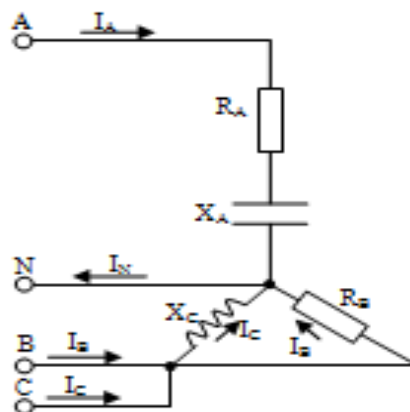


Рисунок 10.1 – Схема замещения расчетной цепи

Дано:

$$U_A = 380 \text{ В};$$

$$R_A = R_B = 15 \text{ Ом};$$

$$X_A = -20 \text{ Ом};$$

$$X_C = 20 \text{ Ом}$$

Решение:

Фаза А:

$$Z_A = \sqrt{R_A^2 + X_A^2} = \sqrt{15^2 + 20^2} = 25 \text{ Ом};$$

$$U_\phi = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ В};$$

$$I_A = \frac{U_\phi}{Z_A} = \frac{220}{25} = 8,8 \text{ А};$$

$$\cos \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A} = \frac{15}{25} = 0,6;$$

$$\sin \varphi_A = -\frac{X_A}{Z_A} = -\frac{20}{25} = -0,8;$$

$$\varphi = -53^\circ;$$

$$P_A = U_\phi I_A \cos \varphi_A = 220 \cdot 8,8 \cdot 0,6 = 1161,6 \text{ Вт};$$

$$Q_A = -U_\phi I_A \sin \varphi_A = -220 \cdot 8,8 \cdot (-0,8) = -1548,8 \text{ Вар};$$

$$S_A = \sqrt{P_A^2 + (-Q_A)^2} = \sqrt{1161,6^2 + (-1548,8)^2} = 1936 \text{ ВА}.$$

Фаза В:

$$Z_B = R_B = 15 \text{ Ом};$$

$$I_B = \frac{U_\phi}{Z_B} = \frac{220}{15} = 15 \text{ А};$$

$$\cos \varphi_B = 1; \sin \varphi_B = 0; \varphi_B = 0^\circ;$$

$$P_B = U_\phi I_B \cos \varphi_B = 220 \cdot 15 \cdot 1 = 3300 \text{ Вт};$$

$$Q_B = 0 \text{ Вар};$$

$$S_B = P_B = 3300 \text{ ВА}.$$

Фаза С:

$$Z_C = X_C = 20 \text{ Ом};$$

$$I_C = \frac{U_\phi}{Z_C} = \frac{220}{20} = 11 \text{ А};$$

$$\cos \varphi_C = 0; \sin \varphi_C = 1; \varphi = 90^\circ;$$

$$P_C = 0 \text{ Вт};$$

$$Q_C = U_\phi I_C \sin \varphi_C = 220 \cdot 11 \cdot 1 = 2420 \text{ Вар};$$

$$S_C = Q_C = 2420 \text{ ВА}.$$

Для всей цепи:

$$P = P_A + P_B + P_C = 1161,6 + 3300 + 0 = 4461,6 \text{ Вт};$$

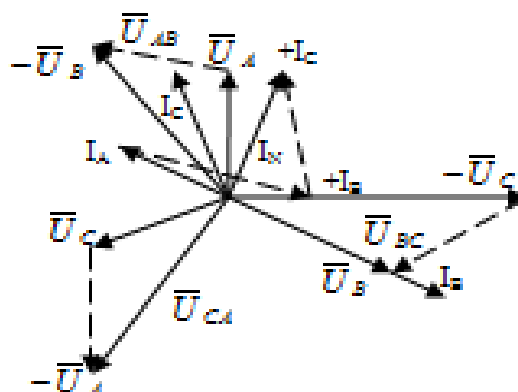
$$Q = Q_C - Q_A = 2420 - 1548,8 = 871,2 \text{ Вар};$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{4461,6^2 + 871,2^2} = 4545,8 \text{ ВА}.$$

Масштаб напряжения и тока: $m_U = 110 \text{ В/см}; m_I = 5 \text{ А/см};$

$$\bar{I}_N = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C;$$

$$\bar{U}_{AB} = \bar{U}_A - \bar{U}_B; \bar{U}_{BC} = \bar{U}_B - \bar{U}_C; \bar{U}_{CA} = \bar{U}_C - \bar{U}_A;$$



$$I_N = m_I I_N = 5 \cdot 2,2 = 11 \text{ А}$$

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

1. Понятие несимметричной нагрузки.
2. Расчетные формулы. Примеры задач
3. Построение векторной диаграммы.

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы темы и выполните следующие задания, используя литературу

Задание 1.

Нагрузка, распределенная по трем группам приемников, соединена и включена в четырехпроводную трехфазную сеть промышленной частоты с линейным напряжением $U_{\text{л}}$. Фазы нагрузки потребляют активные мощности P_A, P_B, P_C и реактивные Q_A, Q_B, Q_C . Начертить схему замещения цепи для своего варианта. Определить величины X_A, X_B, X_C и величины отмеченные в таблице №12.1 прочерками. Вычислить полную мощность, потребляемую нагрузкой (характер реактивной нагрузки указан в таблице 12.1). Начертить векторную диаграмму токов и напряжений в масштабе, определить ток в нулевом проводе I_N . Слово «нет» означает, что указанное

№ Вар	$U_{\text{л}}$ В	R_A Ом	R_B Ом	R_C Ом	X_C Ом	P_A Вт	P_B Вт	P_C Вт	Q_A Вар	Q_B Вар	Q_C Вар

сопротивление в схеме отсутствует.

Таблица 12.1 – Исходные данные к контрольной работе

1	380	-	-	Нет	-	2904	1936	Нет	3872	1100	1452
2	220	Нет	-	-	нет	Нет	2300	1860	1150	1227	Нет
3	380	-	Нет	-	-	1100	Нет	2904	1452	2200	1800
4	220	Нет	-	-	-	Нет	1452	1936	1756	-880	925
5	220	-	-	Нет	-	485	828	Нет	-365	478	194
6	220	-	Нет	-	-	1940	Нет	872	576	378	-500
7	380	-	-	Нет	-	696	835	Нет	580	380	-720
8	220	Нет	-	-	нет	Нет	420	650	375	270	Нет
9	380	-	Нет	-	-	1936	Нет	2904	1150	1100	1450
10	220	-	-	нет	-	1940	2300	нет	1000	725	-800

Задание 2. Решить задачи из задачника:

В, И, Полещук , Задачник по электротехнике и электронике М. «Академия», 2008 г.

1) № 3.104- 3.105 стр. 60

2) № 3.118-3.119 стр. 63

Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач, оформление задач и правильность полученного результата.

Контроль выполнения: сдача решенных задач и ответов на вопросы тестов в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 3 часа

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 10

Тема: «Электрические измерения»

Цели: проверка знаний, умений студентов выполнять задания по теме электрические измерения

Источники учебной информации:

1. М.В. Немцов, И.И. Светлаков Электротехника с основами электроники. Ростов-на-Дону «Феникс», 2008, §6.3.-6.8
2. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008, §11.4-11.5
3. В.М. Прошин Электротехника, М. «Академия», 2010 г. §1.4.1-1.4.7
4. Интернет-ресурсы.

Для решения задач контрольной работы студенты должны:

знать устройство, принцип действия электроизмерительных приборов
уметь рассчитывать сопротивления шунтирующих и добавочных резисторов; определять цену деления прибора; погрешности измерения электрических величин.

Условные обозначения:

I_H – верхний предел измерения амперметра или его номинальная величина;
 N_H – число делений шкалы прибора;
 $I_{ИМ}$ – ток в цепи катушки измерительного механизма (ИМ) прибора;
 N – число делений, на которое отклоняется указатель прибора; I – ток в цепи нагрузки;
 $R_{ИМ}$ – сопротивление катушки ИМ прибора;
 $R_{Ш}$ – сопротивление шунтирующего резистора;
 n – коэффициент шунтирования;
 C_A – цена деления амперметра без шунтирующего резистора;
 C_A' – цена деления амперметра с шунтирующим резистором;
 U_H – верхний предел измерения вольтметра или его номинальная величина;
 $U_{ИМ}$ – напряжение на катушке ИМ прибора;
 U – напряжение сети;
 R_d – сопротивление добавочного резистора;
 m – коэффициент кратности напряжений;
 C_V – цена деления ваттметра без добавочного резистора;
 C_V' – цена деления ваттметра с добавочным резистором;
 $I_{НВ}$ – верхний предел измерения токовой катушки ваттметра;
 $U_{НВ}$ – верхний предел измерения напряженческой катушки ватт-метра;
 $P_{ИМ}$ – мощность, потребляемая ИМ прибора;
 $K_{ИН}$ – номинальный коэффициент трансформации трансформатора тока (ТТ)
 $K_{УН}$ – номинальный коэффициент трансформации трансформатора напряжения (ТН);
 C_W – цена деления ваттметра без измерительных трансформаторов;
 C_W' – цена деления ваттметра с измерительными трансформаторами;
 P – мощность, потребляемая нагрузкой;

I_d – действительное значение тока в цепи;
 U_d – действительное значение напряжения на резисторе;
 $U_{ИМ\Delta}$ – напряжение на токовой катушке ИМ амперметра;
 $R_{ИМ\Delta}$ – сопротивление токовой катушки ИМ амперметра;
 $R_{И}$ – измеренное сопротивление резистора;
 R_d – действительное сопротивление резистора;
 β_M – методическая погрешность измерения сопротивления резистора;
 $I_{ИМ\Delta V}$ – ток в цепи напряженческой катушки ИМ вольтметра;
 $R_{ИМ\Delta V}$ – сопротивление напряженческой катушки ИМ вольтметра.

Примеры типовых задач.

В практике электрических измерений возникает необходимость измерять ряд физических величин в очень широком диапазоне. Для расширения диапазона измерений приборов применяют шунтирующие и добавочные резисторы, измерительные трансформаторы, называемые масштабными измерительными преобразователями.

Шунтирующие резисторы используются для расширения пределов измерений магнитоэлектрических приборов по току. Следует обратить внимание на то, что амперметр включается параллельно шунтирующему резистору.

Сопротивление шунтирующего резистора определяется из соотношения:

$$R_{ш} = R_{ИМ} / (n - 1),$$

где: $n = I / I_{ИМ}$ – коэффициент шунтирования, показывающий во сколько раз измеряемый ток I больше тока $I_{ИМ}$ в цепи катушки измерительного механизма (ИМ) прибора.

Таким образом, применение шунтирующего резистора увеличивает цену деления прибора в n раз:

$$C_A' = C_A n.$$

Задача 1.

Шкала миллиамперметра магнитоэлектрической системы с сопротивлением

$R_{ИМ} = 2$ Ом разбита на 150 делений. Верхний предел измерения прибора $I_H = 30$ мА. Определить сопротивление шунтирующего резистора, если этим прибором необходимо измерить ток 15 А.

Решение

Цена деления прибора без шунтирующего резистора:

$$C_A = I_H / N_H = 30 / 150 = 0,2 \text{ мА/дел.}$$

Коэффициент шунтирования: $n = I / I_H = 15 / (30 \times 10^{-3}) = 500$.

Сопротивление шунтирующего резистора:

$$R_{ш} = 2 / (500 - 1) = 0,004 \text{ Ом.}$$

Добавочные резисторы применяются для расширения пределов измерения приборов различных систем по напряжению. Они включаются последовательно с ИМ прибора.

Сопротивление добавочного резистора:

$$R_d = R_{им}(m-1),$$

где: $m = U/U_{им}$ – коэффициент кратности напряжений, показывающий, во сколько раз измеряемое напряжение U больше напряжения $U_{им}$. Таким образом, применение добавочного резистора увеличивает цену деления прибора в m раз:

$$C_V' = C_V \times m.$$

Задача 2.

Вольтметр с неименованной шкалой, используемый с добавочным резистором, имеет верхний предел измерения 600 В и число делений шкалы, равное 150. Сопротивление $R_{им} = 10$ Ом, сопротивление $R_d = 100$ Ом. Напряжение $U_{им}$ составляет 40 В. Определить измеряемое напряжения.

Решение

Цена деления вольтметра без добавочного резистора:

$$C_V = U_H/N_H = 600/150 = 4 \text{ В/дел.}$$

Из соотношения $R_d = R_{им}(m-1)$ определяется коэффициент кратности напряжений:

$$m = R_d + R_{им}/R_{им} = 100 + 10/10 = 11.$$

Цена деления вольтметра с добавочным резистором:

$$C_V' = C_V \times m = 4 \times 11 = 44 \text{ В/дел.}$$

Число делений, на которое отклоняется указатель прибора: $N = U_{им}/$

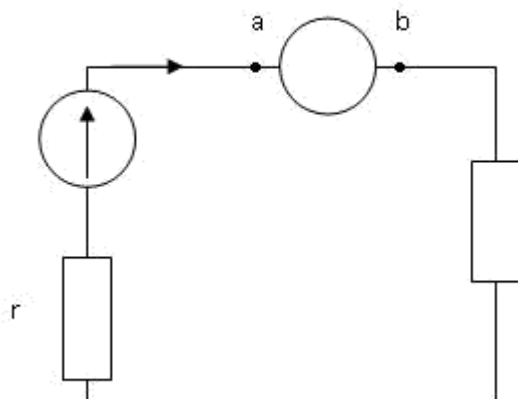
$$C_V \quad C_V' = 40/4 = 10 \text{ дел.}$$

Измеряемое напряжение:

$$U = C_V' \cdot N = 44 \cdot 10 = 440 \text{ В.}$$

Задача 3.

Для измерения тока в схему цепи (рис. 22) включен микроамперметр с сопротивлением катушки $ИМ2500$ Ом. Определить относительную методическую погрешность измерения тока β_m , если ЭДС источника составляет 22 мВ. Внутреннее сопротивление источника – $r = 100$ Ом, сопротивление нагрузки – $R_H = 1000$ Ом.



Решение

Действительное значение тока в цепи I_d (до включения прибора) определяется соотношением:

$$I_d = E/(r + R) = 22 \cdot 10^{-3} / (100 + 1000) = 2 \cdot 10^{-5} \text{ А} = 20 \text{ мкА.}$$

Измеренное значение тока $I_{и}$ (после включения прибора) определяется

соотношением:

$$I_{II} = \frac{E}{r + R + R_{IM}} = \frac{22 \times 10^{-3}}{100 + 1000 + 2500} = 0,61 \times 10^{-5} \text{ А} = 6,1 \text{ мкА}$$

Относительная методическая погрешность измерения тока:

$$b_M = [(I_{II} - I_D) / I_D] \times 100\% = [(6,10 - 20) / 20] \times 100\% = 69,5\%.$$

Входное сопротивление цепи со стороны измерителя тока:

$$R_{BX} = R_{ab} = r + R = 100 + 1000 = 1100 \text{ Ом}.$$

Сопротивление катушки ИМ прибора $R_{IM} = 2500 \text{ Ом}$. Следовательно, при непосредственном измерении тока следует избегать включения приборов, внутренним сопротивлением которых нельзя пренебречь по сравнению с входным сопротивлением цепи по причине большой методической погрешности.

Погрешность, обусловленная средствами измерений ($b_{пр} + b_{МП}$), получила название инструментальной.

Если в рассматриваемой задаче пренебречь инструментальной погрешностью, то результат измерения тока с оценкой точности:

$$I = (1 \pm b/100\%) \times I_{II} = (1 \pm 69,5/100) \times 6,1 = (6,1 \pm 4,27) \text{ мкА}.$$

Вероятное значения тока лежит в интервале:

$$I = (10,37 \dots 1,83) \text{ мкА}.$$

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

1. Устройство электроизмерительных приборов. Назначение частей прибора.
2. Измерительные системы приборов.
3. Условные обозначения на шкале прибора. Условные обозначения приборов
4. Измерение тока, напряжения, сопротивления, работы, мощности. Схемы включения приборов.
5. Расширение пределов измерения приборов..
6. Погрешности измерения.
7. Примеры типовых задач

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы, задачи темы и выполните следующие задания контрольной работы

Задание 1. Изобразите схему включения амперметра с шунтирующим резистором, рассчитайте отсутствующие в таблице величины

Задача 1.1

I_N , А	N_N , дел.	I_{IM} , А	N , дел.	I , А	R_{IM} , Ом	$R_{ш}$, Ом	n -	C_A , А/дел.	C_A' , А/дел.
?	100	0,8	40	?	0,5	0,013	?	?	?

Задача 1.2

I_H , А	N_H , дел.	$I_{им}$, А	N , дел.	I , А	$R_{им}$, Ом	$R_{ш}$, Ом	n -	C_A , А/дел.	C_A' , А/дел.
5	?	?	60	?	?	0,2	5	0,05	?

Задача 1.3

I_H , А	N_H , дел.	$I_{им}$, А	N , дел.	I , А	$R_{им}$, Ом	$R_{ш}$, Ом	n -	C_A , А/дел.	C_A' , А/дел.
10	?	4,6	?	?	0,54	?	10	0,1	?

Задача 1.4

I_H , А	N_H , дел.	$I_{им}$, А	N , дел.	I , А	$R_{им}$, Ом	$R_{ш}$, Ом	n -	C_A , А/дел.	C_A' , А/дел.
5	?	1,5	30	30	?	0,05	?	?	?

Задача 1.5

I_H , А	N_H , дел.	$I_{им}$, А	N , дел.	I , А	$R_{им}$, Ом	$R_{ш}$, Ом	n -	C_A , А/дел.	C_A' , А/дел.
?	100	1,6	?	?	0,5	?	?	0,04	0,2

Задача 1.6

I_H , А	N_H , дел.	$I_{им}$, А	N , дел.	I , А	$R_{им}$, Ом	$R_{ш}$, Ом	n -	C_A , А/дел.	C_A' , А/дел.
?	300	?	?	66	?	0,03	11	?	0,33

Задача 1.7

I_H , А	N_H , дел.	$I_{им}$, А	N , дел.	I , А	$R_{им}$, Ом	$R_{ш}$, Ом	n -	C_A , А/дел.	C_A' , А/дел.
1	100	?	?	16	0,4	0,01	?	?	?

Задача 1.8

I_H , А	N_H , дел.	$I_{им}$, А	N , дел.	I , А	$R_{им}$, Ом	$R_{ш}$, Ом	n -	C_A , А/дел.	C_A' , А/дел.
?	300	?	100	?	0,27	?	?	0,03	0,3

Задача 1.9

$I_H,$ А	$N_H,$ дел.	$I_{им},$ А	$N,$ дел.	$I,$ А	$R_{им},$ Ом	$R_{ш},$ Ом	n -	$C_A,$ А/дел.	$C_A',$ А/дел.
15	?	?	?	50	?	0,02	10	?	0,5

Задача 1.10

$I_H,$ А	$N_H,$ дел.	$I_{им},$ А	$N,$ дел.	$I,$ А	$R_{им},$ Ом	$R_{ш},$ Ом	n -	$C_A,$ А/дел.	$C_A',$ А/дел.
2	?	1,4	?	?	0,2	?	?	0,02	1,0

Задача 1.11

$I_H,$ А	$N_H,$ дел.	$I_{им},$ А	$N,$ дел.	$I,$ А	$R_{им},$ Ом	$R_{ш},$ Ом	n -	$C_A,$ А/дел.	$C_A',$ А/дел.
?	100	0,8	40	?	0,5	0,013	?	?	?

Задача 1.12

$I_H,$ А	$N_H,$ дел.	$I_{им},$ А	$N,$ дел.	$I,$ А	$R_{им},$ Ом	$R_{ш},$ Ом	n -	$C_A,$ А/дел.	$C_A',$ А/дел.
5	?	?	60	?	?	0,2	5	0,05	?

Задача 1.13

$I_H,$ А	$N_H,$ дел.	$I_{им},$ А	$N,$ дел.	$I,$ А	$R_{им},$ Ом	$R_{ш},$ Ом	n -	$C_A,$ А/дел.	$C_A',$ А/дел.
1	100	?	?	16	0,4	0,01	?	?	?

Задача 1.14

$I_H,$ А	$N_H,$ дел.	$I_{им},$ А	$N,$ дел.	$I,$ А	$R_{им},$ Ом	$R_{ш},$ Ом	n -	$C_A,$ А/дел.	$C_A',$ А/дел.
?	300	?	100	?	0,27	?	?	0,03	0,3

Задача 1.15

$I_H,$ А	$N_H,$ дел.	$I_{им},$ А	$N,$ дел.	$I,$ А	$R_{им},$ Ом	$R_{ш},$ Ом	n -	$C_A,$ А/дел.	$C_A',$ А/дел.
15	?	?	?	50	?	0,02	10	?	0,5

Задание 2. Изобразить схему включения вольтметра с добавочным резистором, рассчитать отсутствующие в таблице величины.

Задача 2.1

U_H , В	N_H , дел.	$U_{им}$, В	N , дел.	U , В	$R_{им}$, Ом	R_d , Ом	m -	C_V , В/дел.	C_V' , В/дел.
?	100	?	30	300	30	120	?	?	?

Задача 2.2

U_H , В	N_H , дел.	$U_{им}$, В	N , дел.	U , В	$R_{им}$, Ом	R_d , Ом	m -	C_V , В/дел.	C_V' , В/дел.
300	?	?	?	600	1	?	?	3	12

Задача 2.3

U_H , В	N_H , дел.	$U_{им}$, В	N , дел.	U , В	$R_{им}$, Ом	R_d , Ом	m -	C_V , В/дел.	C_V' , В/дел.
?	300	60	?	?	?	90	3	?	9

Задача 2.4

U_H , В	N_H , дел.	$U_{им}$, В	N , дел.	U , В	$R_{им}$, Ом	R_d , Ом	m -	C_V , В/дел.	C_V' , В/дел.
600	150	40	?	?	10	100	?	?	?

Задача 2.5

U_H , В	N_H , дел.	$U_{им}$, В	N , дел.	U , В	$R_{им}$, Ом	R_d , Ом	m -	C_V , В/дел.	C_V' , В/дел.
?	100	?	60	?	30	?	?	3	15

Задача 2.6

U_H , В	N_H , дел.	$U_{им}$, В	N , дел.	U , В	$R_{им}$, Ом	R_d , Ом	m -	C_V , В/дел.	C_V' , В/дел.
300	150	160	?	?	?	30	5	?	10

Задача 2.7

U_H , В	N_H , дел.	$U_{им}$, В	N , дел.	U , В	$R_{им}$, Ом	R_d , Ом	m -	C_V , В/дел.	C_V' , В/дел.
?	300	?	?	300	15	?	?	0,5	5

Задача 2.8

U _н , В	N _н , дел.	U _{им} , В	N, дел.	U, В	R _{им} , Ом	R _д , Ом	m -	C _v , В/дел.	C _{v'} , В/дел.
150	?	45	30	450	?	180	?	?	?

Задача 2.9

U _н , В	N _н , дел.	U _{им} , В	N, дел.	U, В	R _{им} , Ом	R _д , Ом	m -	C _v , В/дел.	C _{v'} , В/дел.
300	?	?	?	480	10	?	?	2	12

Задача 2.10

U _н , В	N _н , дел.	U _{им} , В	N, дел.	U, В	R _{им} , Ом	R _д , Ом	m -	C _v , В/дел.	C _{v'} , В/дел.
150	300	?	?	200	5	45	?	?	?

Задача 2.11

U _н , В	N _н , дел.	U _{им} , В	N, дел.	U, В	R _{им} , Ом	R _д , Ом	m -	C _v , В/дел.	C _{v'} , В/дел.
?	300	60	?	?	?	90	3	?	9

Задача 2.12

U _н , В	N _н , дел.	U _{им} , В	N, дел.	U, В	R _{им} , Ом	R _д , Ом	m -	C _v , В/дел.	C _{v'} , В/дел.
?	100	?	60	?	30	?	?	3	15

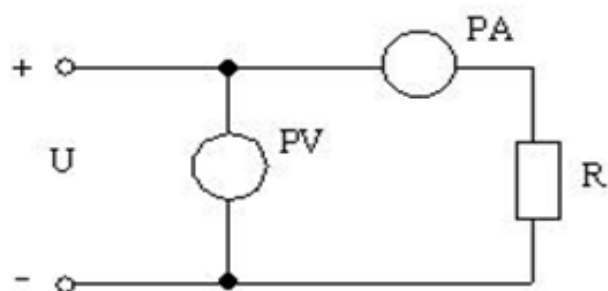
Задача 2.13

U _н , В	N _н , дел.	U _{им} , В	N, дел.	U, В	R _{им} , Ом	R _д , Ом	m -	C _v , В/дел.	C _{v'} , В/дел.
?	300	?	?	300	15	?	?	0,5	5

Задача 2.14

U _н , В	N _н , дел.	U _{им} , В	N, дел.	U, В	R _{им} , Ом	R _д , Ом	m -	C _v , В/дел.	C _{v'} , В/дел.
300	150	160	?	?	?	30	5	?	10

Задание 3. Рассчитать отсутствующие в таблице величины при косвенном измерении сопротивления резистора с использованием схемы



Задача 3.1

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и МА, В	R _и МА, Ом	R _и , Ом	R _д , Ом	β_M , %
1,6	8	?	?	?	0,24	?	?	?

Задача 3.2

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и МА, В	R _и МА, Ом	R _и , Ом	R _д , Ом	β_M , %
?	12	6	?	0,54	?	?	1,91	?

Задача 3.3

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и МА, В	R _и МА, Ом	R _и , Ом	R _д , Ом	β_M , %
3	?	?	?	?	?	0,2	?	-33,4

Задача 3.4

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и МА, В	R _и МА, Ом	R _и , Ом	R _д , Ом	β_M , %
?	?	?	25	5	?	?	5	20

Задача 3.5

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и М _А , В	R _и М _А , О _м	R _и , О _м	R _д , О _м	β _м , %
?	15	5	?	?	0,5	?	?	?

Задача 3.6

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и М _А , В	R _и М _А , О _м	R _и , О _м	R _д , О _м	β _м , %
6	?	?	?	?	?	6	4,3	?

Задача 3.7

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и М _А , В	R _и М _А , О _м	R _и , О _м	R _д , О _м	β _м , %
10	20	10	?	2	?	?	?	11,1

Задача 3.8

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и М _А , В	R _и М _А , О _м	R _и , О _м	R _д , О _м	β _м , %
?	?	?	30	6	?	12	10	?

Задача 3.9

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и М _А , В	R _и М _А , О _м	R _и , О _м	R _д , О _м	β _м , %
?	30	3	?	?	0,6	?	?	6,38

Задача 3.10

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и М _А , В	R _и М _А , О _м	R _и , О _м	R _д , О _м	β _м , %
15	45	?	?	?	0,24	?	?	?

Задача 3.11

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _и М _А , В	R _и М _А , О _м	R _и , О _м	R _д , О _м	β _м , %
6	?	?	?	?	?	6	4,3	?

Задача 3.12

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _{ИМА} , В	R _{ИМА} , Ом	R _И , Ом	R _д , Ом	β_m , %
?	12	6	?	0,54	?	?	1,91	?

Задача 3.13

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _{ИМА} , В	R _{ИМА} , Ом	R _И , Ом	R _д , Ом	β_m , %
10	20	10	?	2	?	?	?	11,1

Задача 3.14

I, А	U, В	I _д , А	U _д , В	U _{ИМА} , В	R _{ИМА} , Ом	R _И , Ом	R _д , Ом	β_m , %
1,6	8	?	?	?	0,24	?	?	?

Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач, оформление задач и правильность полученного результата.

Контроль выполнения: сдача решенных задач в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 2 часа

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 11

Тема: "Выбор автоматических выключателей и предохранителей для защиты двигателей"

Цель:

Приобретение навыков расчета и подбора аппаратуры защиты двигателей.

В процессе работы над темой учащиеся должны:

знать: виды, назначение, устройство аппаратов защиты

уметь: выбирать аппараты защиты двигателей, рассчитывать номинальный ток плавкой вставки предохранителя, пусковой ток двигателя

Источники учебной информации:

- 1.М.В. Немцов, И.И. Светлаков Электротехника с основами электроники. Ростов-на-Дону «Феникс», 2008, § 12.1- 12.4
2. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008, § 6.5-6.7
- 3.В.М. Прошин Электротехника, М. «Академия», 2010 г. §3.2.2 , 3.3.1, 3.3.2.
4. Интернет-ресурсы.
- 5.Краткие сведения из теории.

1. Теоретическое введение

Электрический предохранитель — электрический аппарат, выполняющий защитную функцию. Предохранитель защищает электрическую цепь и её элементы от перегрева и возгорания при протекании высокой силы тока.

Автоматический предохранитель (правильное название: *Автоматический выключатель*, также называется «автомат защиты», «защитный автомат» или же просто «автомат») состоит из диэлектрического корпуса, внутри которого располагаются подвижный и неподвижный контакты. Подвижный контакт подпружинен, пружина обеспечивает усилие для быстрого расцепления контактов. Механизм расцепления приводится в действие одним из двух расцепителей: тепловым или электромагнитным.

Тепловой расцепитель представляет собой биметаллическую пластину, нагреваемую протекающим током. При протекании тока выше допустимого значения биметаллическая пластина изгибается и приводит в действие пружину, отводящую подвижный контакт, разрывая тем самым электрическую цепь. Время срабатывания зависит от тока (время-токовая характеристика) и может изменяться от секунд до часа. Минимальный ток, при котором должен срабатывать тепловой расцепитель, составляет 1,3 от

номинального тока предохранителя до 63 ампер и свыше 63 ампер 1,45 от номинального тока предохранителя. В отличие от плавкого предохранителя, автоматический предохранитель готов к следующему использованию после остывания пластины.

Магнитный (мгновенный) расцепитель представляет собой соленоид, подвижный сердечник которого приводит в действие пружину, отводящую подвижный контакт. Ток, проходящий через автоматический выключатель, течет по обмотке соленоида и вызывает втягивание сердечника при превышении заданного порога. Мгновенный расцепитель, в отличие от теплового, срабатывает очень быстро (доли секунды), но при значительно большем превышении тока: в 6 и более раз от номинального тока, в зависимости от типа (автоматические выключатели делятся на типы А, В, С, D, Е и К в зависимости от характеристики срабатывания расцепителей).

Выбор предохранителей для двигателей – производится по условию:

$$- \text{отстройки от пускового тока двигателя: } I_{\text{н}} \geq \frac{I_{\text{пд}}}{K}, \quad (1)$$

где $I_{\text{н}}$ – номинальный ток плавкой вставки предохранителя; $I_{\text{пд}}$ – пусковой ток двигателя; K – коэффициент, определяемый условиями пуска ($K = 2,5$ – легкий пуск; $K = 1,6-2$ – тяжелый пуск).

В общем случае номинальный ток плавкой вставки, через которую питаются несколько самозапускающихся двигателей, выбирают по выражению:

$$I_{\text{н}} \geq \frac{\sum_1^n I_{\text{пд}}}{K}, \quad (2)$$

где $\sum_1^n I_{\text{пд}}$ – сумма пусковых токов всех самозапускающихся двигателей.

Выбранный по условию (2) предохранитель проверяют на пуск самых крупных двигателей в нормальном режиме по выражению:

$$I_{\text{н}} \geq \frac{\sum_1^n I_{\text{нд}} + \sum_1^m I_{\text{пд}}}{K}, \quad (3)$$

где $\sum_1^n I_{\text{нд}}$ – сумма номинальных токов работающих двигателей;

$\sum_1^m I_{\text{пд}}$ – сумма пусковых токов самых крупных двигателей.

Выбор автоматических, воздушных выключателей (автоматов).

Для защиты двигателей обычно применяют автоматы с

комбинированными расцепителями:

- в режиме КЗ срабатывает электромагнитный (мгновенный) расцепитель, ток срабатывания которого отстраивается от номинального тока двигателя по формуле:

$$I_{\text{CP}}^{\text{M}} \geq (1,5 \div 1,8) \cdot I_{\text{HД}}, \quad (4)$$

где I_{CP}^{M} – ток срабатывания мгновенного расцепителя; $I_{\text{HД}}$ – пусковой ток двигателя.

- в режиме перегрузки срабатывает тепловой (зависимый) расцепитель, ток срабатывания которого отстраивается от номинального тока двигателя по условию:

$$I_{\text{CP}}^3 \geq I_{\text{HД}}, \quad (5)$$

где I_{CP}^3 – ток срабатывания зависимого расцепителя; $I_{\text{HД}}$ – номинальный ток двигателя.

Если температура эксплуатации автомата ($t_{\text{Э}}$) отличается от температуры, при которой расцепитель калибруется на заводе ($t_{\text{К}}$), рекомендуется сделать пересчет тока срабатывания по формуле:

$$I_{\text{CP}}^3 \geq I_{\text{HД}} \cdot [1 + 0,006 \cdot (t_{\text{К}} - t_{\text{Э}})], \quad (6)$$

Выбор автоматов для защиты группы двигателей – осуществляется по условиям: номинальный ток его зависимого расцепителя должен быть не меньше суммы номинальных токов группы двигателей, т. е.

$$I_{\text{CP}}^3 \geq \sum_1^n I_{\text{HД}}, \quad (7)$$

ток срабатывания независимого расцепителя должен быть отстроен от тока самозапуска всех двигателей:

$$I_{\text{CP}}^{\text{H}} \geq (1,5 \div 1,8) \sum_1^n I_{\text{HД}} \quad (8)$$

для обеспечения селективности с мгновенными расцепителями автоматов, защищающих двигатели, автомат, защищающий группу двигателей, должен иметь независимую выдержку времени.

2. Пример решения.

От цехового трансформатора кабелем питается сборка механической мастерской, к которой подключены четыре двигателя. Напряжение сети 380 В. Все двигатели работают одновременно. Типы двигателей приведены в табл. 1. Схема цеховой электрической сети, питающей сборку механической мастерской, приведена на рис. 1. Требуется выбрать аппараты защиты двигателей и кабеля, питающего сборку:

- а) автоматические выключатели $QF_1 - QF_5$ (рис. 1 (а));
 б) плавкие предохранители $F_1 - F_5$ (рис. 1(б)).

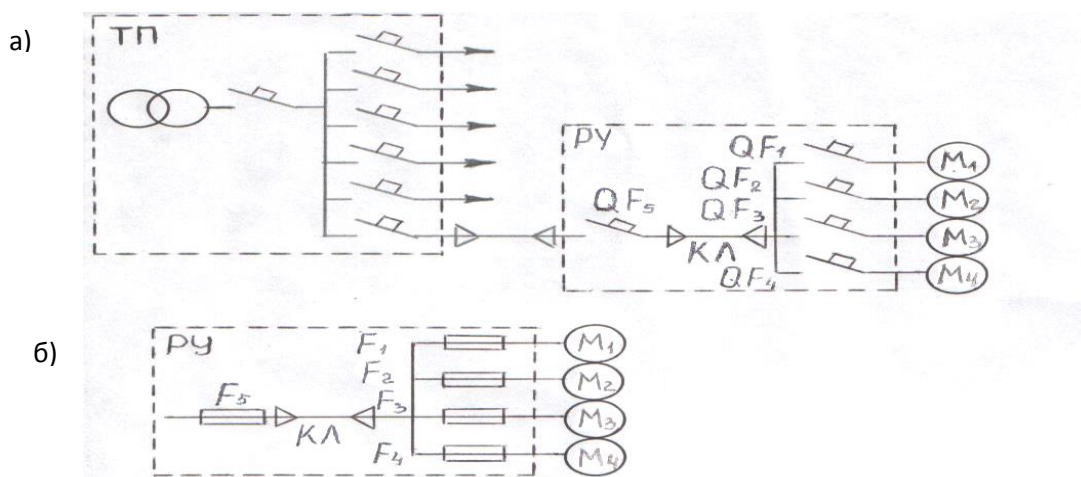


Рис. 1. Участок радиальной схемы цеховой электрической сети: ТП – трансформаторная подстанция; РУ – распределительное устройство; КЛ – кабель; $QF_1 - QF_5$ – автоматы; $M_1 - M_4$ – двигатели; $F_1 - F_5$ – плавкие предохранители.

Определим по мощности двигателей их номинальные и пусковые токи:
 номинальный ток (действующее значение):

$$I_{\text{ном.дв}} = \frac{P_{\text{ном}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi},$$

Пусковой ток (действующее значение):

$$I_{\text{п}} = K_I \cdot I_{\text{ном.дв}},$$

Ударный пусковой ток (амплитудное значение):

$$i_{\text{уд.п}} = (1,2 \div 1,4) \sqrt{2} \cdot I_{\text{п}},$$

Рассчитаем по выражению (1) номинальные токи вставок предохранителей, защищающие двигатели (рис.1б). Подберем по справочным данным ближайшие к расчетным номинальные токи вставок для предохранителей разных типов: ПР. – 2, ПН. – 2, НПР, НПН и занесем все вышеуказанные расчетные и справочные величины в табл.1.

Таблица 1

Мощность двигателя, кВт	Ток двигателя, А		Ток вставки, А			
	номинальный	пусковой	расчетный	принятый		
				ПР-2	ПН-2	НПН, НПР

11	21,1	158,25	68,4	80	80	80
11	22	165	69,92	80	80	80
7,5	14,8	111	47,04	60	50	63
7,5	15,1	98,2	41,61	60	50	63

Для предохранителя, защищающего кабель, питающий сборку, номинальный ток рассчитаем по выражению (2):

$$I_H = \frac{22,2 + 31,9 + 56,5 + 193}{2,5} = 122(\text{А}) .$$

Выбираем по ближайшему большему значению номинального тока предохранитель типа ПН-2 ($I_H = 250 \text{ А}$).

Проверяем правильность выбора по условию пуска двух самых крупных двигателей в нормальном режиме:

$$I_H \geq \frac{\sum_{1}^n I_{\text{НД}} + \sum_{1}^m I_{\text{ПД}}}{K} ,$$

где $\sum_{1}^n I_{\text{НД}}$ – сумма номинальных токов работающих двигателей;

$\sum_{1}^m I_{\text{ПД}}$ – сумма пусковых токов самых крупных двигателей.

$$I_H = \frac{158,25 + 165 + 14,8 + 15,1}{2,5} = 141,26 \text{ А} .$$

Предохранитель типа ПН-2 этому условию удовлетворяет ($250 > 212,98$).

Выберем для защиты той же группы двигателей автоматические выключатели (рис.1а). Расчетные и справочные данные заносим в таблицу 2.

Таблица 2.

Мощность двигателя, кВт	Ток двигателя, А		Расчетные токи срабатывания расцепителей, А		Принятые токи срабатывания расцепителей, А	
	номинальный	пусковой	Зависимые	Мгновенные	Зависимые	Мгновенные
11	21,1	158,2	$21,1 \times 1,09 = 23$	$1,5 \times 158,2 = 237$	35	400

11	22	5	23,98	247	35	400
7,5	14,8	165	16,13	166,5	20	180
7,5	15,1	111	16,5	147,3	20	180
		98,2				

Все двигатели имеют номинальные токи менее 50 А, поэтому для их защиты выбираем автомат АП50 – 3МТС $I_H = 50$ А.

Номинальный ток теплового расцепителя принимается ближайший больший номинального тока двигателя с поправкой на окружающую температуру: помещение, где установлены двигатели и автоматы обычное, отапливаемое, с температурой $t = 20$ °С; завод калибрует автоматы АП50 при температуре +35 °С, поэтому номинальные токи зависимых расцепителей выбираются по уравнению:

$$I_{CP}^3 = I_{HD} [1 + 0,006(35 - 20)] = 1,09 \cdot I_{HD}.$$

Ток срабатывания мгновенного расцепителя автомата принимается равным десятикратному току срабатывания теплового расцепителя.

Для защиты группы двигателей ток срабатывания независимого расцепителя автомата должен быть отстроен от тока самозапуска всех двигателей:

$$I_{CP}^H \geq (1,5 \div 1,8) \sum I_{п.д} = (1,5 \div 1,8) \cdot 532,5 = 798,6 - 958,4 \text{ А}.$$

По справочным данным выбираем автомат АЗ700 с $I_H = 160$ А.

Ток срабатывания зависимого расцепителя автомата АЗ700:

$$I_{CP}^3 = 1,4 \cdot I_H = 1,4 \cdot 160 = 224 \text{ А}, \text{ что удовлетворяет требованию:}$$

$$I_{CP}^3 \geq \sum_1^n I_{H.д}, \text{ так как } 224 \text{ А} > 73 \text{ А}.$$

Выдержку времени независимого расцепителя автомата АЗ700 приняли по справочным данным 0,15 с, что обеспечивает его селективность с мгновенными автоматами.

Ток срабатывания независимого расцепителя по справочным данным автомата А4100 равен:

$$I_{cp}^H = 7 \cdot I_{HA} = 7 \cdot 160 = 1120 \text{ А}$$

или с учетом разброса минимальный ток срабатывания независимого расцепителя:

$$I_{CP}^H = 6 \cdot I_{HA} = 6 \cdot 160 = 960 \text{ A},$$

что удовлетворяет условию отстройки от токов самозапуска группы двигателей (798,6-958,4 А).

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

1. Общие сведения об аппаратуре управления и защиты.
2. Тепловая защита электроустановок.
3. Автоматические воздушные выключатели.
4. Типовая задача

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы темы и выполните следующие задания, используя литературу

Задание 1.

От цехового трансформатора кабелем питается сборка механической мастерской, к которой подключены четыре двигателя. Напряжение сети 380 В. Все двигатели работают одновременно. Тип двигателя в соответствии с индивидуальным вариантом контрольного задания выбрать из табл. 1. В тех случаях, когда номинальное напряжение выбранных двигателей 660 В, необходимо изменить его на напряжение 380 В. Схема цеховой электрической сети, питающей сборку механической мастерской, приведена на рис.1. Требуется выбрать аппараты защиты двигателей и кабеля, питающего сборку:

- а) автоматические выключатели QF₁ – QF₅ (рис. 1 (а));
- б) плавкие предохранители F₁ - F₅ (рис. 1(б)).

Таблица 1. Электродвигатели асинхронные

№ вариант а	Тип двигателя	P _{ном} , кВт	U _{ном} , В	Примечание
1	4А 112	7,5	380	Условия пуска двигател ей легкие: t _п = (2-5) с
2	М2 У3	11	660	
3	4А 132	11	380	
4	М2 У3	7,5	380	
5	4А 132	11	660	
6	М2 У3	11	380	
7	4А 132 S4	7,5	380	

8	УЗ	11	380	
9	4А 132	11	660	
10	М4 УЗ	7,5	380	

Задание 2. Выполните тест.

1. Что называют электрическими аппаратами?

1. это устройства, предназначенные для использования в электротехнике, а также для защиты при ненормальных режимах работы;
2. это устройства, предназначенные для управления электрическими и неэлектрическими объектами;
3. это устройства, предназначенные для управления электрическими и неэлектрическими объектами, а также для защиты этих объектов при ненормальных режимах работы;
4. это устройства, предназначенные для защиты объектов при ненормальных режимах работы;

2. На какие группы подразделяются электрические аппараты?

1. коммутирующие, реле и регуляторы, аппараты управления, датчики;
2. реле и регуляторы, аппараты управления;
3. коммутирующие, датчики;
4. коммутирующие, реле;

3. На какие группы подразделяются электрические аппараты, в зависимости от напряжения?

1. высоковольтные аппараты;
2. низковольтные и высоковольтные аппараты;
3. разъединители, пакетные выключатели;
4. бесконтактные аппараты, геркон;

4. Каково назначение электромагнита коммутирующего аппарата?

1. служит для преобразования электроэнергии в механическое усилие, под действием которого якорь притягивается и происходит замыкание контактов;
2. служит для преобразования электроэнергии в механическое усилие;
3. служит для преобразования электроэнергии;

5. Что называют тяговой характеристикой?

6. Что называют механической характеристикой?

1. зависимость электромагнитной силы, действующей на якорь, от длины воздушного зазора;
2. это сумма сил сопротивления рабочей пружины, пружин подвижных контактов и реакции контактов;
3. это сумма различных сил сопротивления электрического аппарата;
4. зависимость электромагнитной силы, действующей на якорь, от напряжения в воздушном зазоре;

7. Что называют контактом?

1. это зона перехода электрического тока из одной токоведущей части в другую;
 2. это зона перехода магнитного поля из одной токоведущей части в другую;
8. Какие требования предъявляются к рабочим контактам?
1. долговечность, стойкость к влиянию внешней среды, надежность соединения;
 2. долговечность, надежность соединения;
 3. надежность соединения; стойкость к влиянию внешней среды;
9. Укажите способы гашения дуги, возникающей при размыкании контактов?
1. увеличение длины дуги при электромагнитном выдувании или втягивании в щелевую камеру;
 2. помещение контактов в масло; увеличение длины дуги при электромагнитном выдувании или втягивании в щелевую камеру;
 3. увеличение длины дуги; помещение контактов в масло;

Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач, оформление задач и правильность полученного результата.

Контроль выполнения: сдача решенных задач и ответов на тесты в тетради для ВСР.

Срок выполнения: 3 часа

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 12

Тема: «Синхронные машины»

Цель: проверка знаний, умений студентов выполнять задания по теме «Синхронные машины»

Источники учебной информации:

1. М.В. Немцов, И.И. Светлаков Электротехника с основами электроники. Ростов-на-Дону «Феникс», 2008, §9.1- 9.7
2. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008, §11.4-11.5
3. В.М. Прошин Электротехника, М. «Академия», 2010 г. §1.4.1-1.4.7
4. Интернет-ресурсы.

Для решения задач контрольной работы студенты должны:

знать устройство, принцип действия синхронных машин;
уметь рассчитывать параметры и характеристики синхронных машин.

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

1. Устройство и принцип действия синхронной машины. Назначение частей машины.
2. Режимы работы синхронной машины.
3. Энергетический баланс и КПД синхронного генератора.
4. Электромагнитный момент и угловая характеристика синхронного генератора.

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы и выполните тестовую контрольную работу по вариантам.

Вариант 1

1. Синхронизм синхронного генератора, работающего в энергосистеме невозможен, если:

- а) Вращающий момент турбины больше амплитуды электромагнитного момента.
- б) Вращающий момент турбины меньше амплитуды электромагнитного момента.
- в) Эти моменты равны
- г) Вопрос задан некорректно

2. Каким образом, возможно, изменять в широких пределах коэффициент мощности синхронного двигателя?

- а) Воздействуя на ток в обмотке статора двигателя
- б) Воздействуя на ток возбуждения двигателя
- в) В обоих этих случаях
- г) Это сделать не возможно

3. Какое количество полюсов должно быть у синхронного генератора, имеющего частоту тока 50 Гц, если ротор вращается с частотой 125 об/мин?

- а) 24 пары
- б) 12 пар
- в) 48 пар
- г) 6 пар

4. С какой скоростью вращается ротор синхронного генератора?

- а) С той же скоростью, что и круговое магнитное поле токов статора
- б) Со скоростью, большей скорости вращения поля токов статора
- в) Со скоростью, меньшей скорости вращения поля токов статора
- г) Скорость вращения ротора определяется заводом - изготовителем

5. С какой целью на роторе синхронного двигателя иногда размещают дополнительную короткозамкнутую обмотку?

- а) Для увеличения вращающего момента
- б) Для уменьшения вращающего момента
- в) Для раскручивания ротора при запуске
- г) Для регулирования скорости вращения

6. У синхронного трехфазного двигателя нагрузка на валу уменьшилась в 3 раза. Изменится ли частота вращения ротора?

- а) Частота вращения ротора увеличилась в 3 раза
- б) Частота вращения ротора уменьшилась в 3 раза
- в) Частота вращения ротора не зависит от нагрузки на валу
- г) Частота вращения ротора увеличилась

7. Синхронные компенсаторы, используемые для улучшения коэффициента мощности промышленных сетей, потребляют из сети

- а) индуктивный ток
- б) реактивный ток
- в) активный ток
- г) емкостный ток

8. Каким должен быть зазор между ротором и статором синхронного генератора для обеспечения синусоидальной формы индуцируемой ЭДС?

- а) Увеличивающимся от середины к краям полюсного наконечника
- б) Уменьшающимся от середины к краям полюсного наконечника
- в) Строго одинаковым по всей окружности ротора
- г) Зазор должен быть 1- 1,5 мм

9. С какой частотой вращается магнитное поле обмоток статора синхронного генератора, если в его обмотках индуцируется ЭДС частотой 50Гц, а индуктор имеет четыре пары полюсов?

- а) 3000 об/мин
- б) 750 об/мин
- в) 1500 об/мин
- г) 200 об/мин

10. Синхронные двигатели относятся к двигателям:

- а) с регулируемой частотой вращения
- б) с нерегулируемой частотой вращения
- в) со ступенчатым регулированием частоты вращения
- г) с плавным регулированием частоты вращения

11. К какому источнику электрической энергии подключается обмотка статора синхронного двигателя?

- а) К источнику трёхфазного тока
- б) К источнику однофазного тока
- в) К источнику переменного тока
- г) К источнику постоянного тока

12. При работе синхронной машины в режиме генератора электромагнитный момент является:

- а) вращающим
- б) тормозящими
- в) нулевыми
- г) основной характеристикой

13. В качестве, каких устройств используются синхронные машины?

- а) Генераторы
- б) Двигатели
- в) Синхронные компенсаторы
- г) Всех перечисленных

14. Турбогенератор с числом пар полюсов $p=1$ и частотой вращения магнитного поля 3000 об/мин. Определить частоту тока.

- а) 50 Гц
- б) 500 Гц
- в) 25 Гц
- г) 5 Гц

15. Включения синхронного генератора в энергосистему производится:

- а) В режиме холостого хода
- б) В режиме нагрузки
- в) В рабочем режиме
- г) В режиме короткого замыкания

Вариант 2

1. Синхронизм синхронного генератора, работающего в энергосистеме невозможен, если:

а) Вращающий момент турбины больше амплитуды электромагнитного момента.

б) Вращающий момент турбины меньше амплитуды электромагнитного момента.

в) Эти моменты равны

г) Вопрос задан некорректно

2. Каким образом, возможно, изменять в широких пределах коэффициент мощности синхронного двигателя?

а) Воздействуя на ток в обмотке статора двигателя

б) Воздействуя на ток возбуждения двигателя

в) В обоих этих случаях

г) Это сделать не возможно

3. Какое количество полюсов должно быть у синхронного генератора, имеющего частоту тока 50 Гц, если ротор вращается с частотой 125 об/мин?

а) 24 пары

б) 12 пар

в) 48 пар

г) 6 пар

4. С какой скоростью вращается ротор синхронного генератора?

а) С той же скоростью, что и круговое магнитное поле токов статора

б) Со скоростью, большей скорости вращения поля токов статора

в) Со скоростью, меньшей скорости вращения поля токов статора

г) Скорость вращения ротора определяется заводом - изготовителем

5. С какой целью на роторе синхронного двигателя иногда размещают дополнительную короткозамкнутую обмотку?

а) Для увеличения вращающего момента

б) Для уменьшения вращающего момента

в) Для раскручивания ротора при запуске

г) Для регулирования скорости вращения

6. У синхронного трехфазного двигателя нагрузка на валу уменьшилась в 3 раза. Изменится ли частота вращения ротора?

а) Частота вращения ротора увеличилась в 3 раза

б) Частота вращения ротора уменьшилась в 3 раза

в) Частота вращения ротора не зависит от нагрузки на валу

г) Частота вращения ротора увеличилась

7. Синхронные компенсаторы, использующиеся для улучшения коэффициента мощности промышленных сетей, потребляют из сети

а) индуктивный ток

б) реактивный ток

в) активный ток

г) емкостный ток

8. Каким должен быть зазор между ротором и статором синхронного генератора для обеспечения синусоидальной формы индуцируемой ЭДС?

а) Увеличивающимся от середины к краям полюсного наконечника

б) Уменьшающимся от середины к краям полюсного наконечника

в) Строго одинаковым по всей окружности ротора

г) Зазор должен быть 1- 1,5 мм

9. С какой частотой вращается магнитное поле обмоток статора синхронного генератора, если в его обмотках индуцируется ЭДС частотой 50 Гц, а индуктор имеет четыре пары полюсов?

а) 3000 об/мин

б) 750 об/мин

в) 1500 об/мин

г) 200 об/мин

10. Синхронные двигатели относятся к двигателям:

а) с регулируемой частотой вращения

б) с нерегулируемой частотой вращения

в) со ступенчатым регулированием частоты вращения

г) с плавным регулированием частоты вращения

11. К какому источнику электрической энергии подключается обмотка статора синхронного двигателя?

а) К источнику трёхфазного тока

б) К источнику однофазного тока

в) К источнику переменного тока

г) К источнику постоянного тока

12. При работе синхронной машины в режиме генератора электромагнитный момент является:

- а) вращающим
- б) тормозящими
- в) нулевыми
- г) основной характеристикой

13. В качестве, каких устройств используются синхронные машины?

- а) Генераторы
- б) Двигатели
- в) Синхронные компенсаторы
- г) Всех перечисленных

14. Турбогенератор с числом пар полюсов $p=1$ и частотой вращения магнитного поля 3000 об/мин. Определить частоту тока.

- а) 50 Гц
- б) 500 Гц
- в) 25 Гц
- г) 5 Гц

15. Включения синхронного генератора в энергосистему производится:

- а) В режиме холостого хода
- б) В режиме нагрузки
- в) В рабочем режиме
- г) В режиме короткого замыкания

Критерии оценки: умение использовать теоретические знания при решении задач, оформление задач и правильность полученного результата.

Контроль выполнения: сдача решенных задач в тетради для ВСП.

Срок выполнения: 1 часа

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 13

Тема: «Варикапы. Светодиоды. Фотодиоды»

Цели: продолжить формирование представлений о полупроводниковых приборах, их физических свойствах и применении.

Источники учебной информации:

1.М.В. Немцов, И.И. Светлаков Электротехника с основами электроники. Ростов-на-Дону «Феникс», 2008, § 10.7

2.Интернет-ресурсы

В процессе работы над темой учащиеся должны:

знать:

- устройство приборов и принцип действия;
- области применения;
- ВАХ приборов;
- условное обозначение на схемах;
- вычислять параметры приборов;
- выделять главное в изучаемом материале и преподносить в доступной и наглядной форме

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

- 1.Варикапы
- 2.Светодиоды
- 3.Фотодиоды

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберите теоретические вопросы темы и выполните следующие задания.

Задание 1. Составьте презентацию , используя учебники, справочную литературу, Интернет-ресурсы

Критерии оценки: четкость, последовательность изложения учебного материала, использование дополнительной информации, оформление материала в соответствии с требованиями

Контроль результата: защита выполненной работы.

Срок выполнения: 2 часа.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 14

Тема: «Стабилизаторы тока и напряжения».

Цели: продолжить формирование представлений о полупроводниковых устройствах, их физических свойствах и применении.

Источники учебной информации:

1. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008. § 10.12
2. Интернет-ресурсы

В процессе работы над темой учащиеся должны:

знать:

- устройство приборов и принцип действия;
- области применения;
- ВАХ приборов;
- условное обозначение на схемах;
- схемы включения

уметь:

- вычислять параметры приборов;
- выделять главное в изучаемом материале и преподносить в доступной и наглядной форме

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Теоретические вопросы:

1. Стабилизаторы тока
2. Стабилизаторы напряжения

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разберитесь теоретические вопросы темы и выполните следующие задания.

Задание 1. Составьте презентацию, используя учебники, справочную литературу, Интернет-ресурсы

Критерии оценки: четкость, последовательность изложения учебного материала, использование дополнительной информации, оформление материала в соответствии с требованиями

Контроль результата: защита выполненной работы.

Срок выполнения: 2 часа.

Источники учебной информации:

1. М.В. Немцов, И.И. Светлаков Электротехника с основами электроники. Ростов-на-Дону «Феникс», 2007
2. И.А. Данилов Общая электротехника с основами электроники. М.: «Высшая школа», 2008
3. В.М. Прошин Электротехника: учебник для нач. проф. образования. М.: «Академия», 2010.
4. В.И. Полещук Задачник по электротехнике и электронике М.: «Академия», 2008.
5. Ярочкина Г.В. Электротехника. Рабочая тетрадь. Рекомендовано для учащихся среднего проф. образования. М.: «ИРПО», 2000.
6. Интернет-ресурсы

Характеристика заданий и критерии оценки.

1. Подготовка информационного сообщения – это вид внеаудиторной самостоятельной работы по подготовке небольшого по объему устного сообщения для озвучивания на семинаре, практическом занятии. Сообщаемая информация носит характер уточнения или обобщения, несет новизну, отражает современный взгляд по определенным проблемам.

Сообщение отличается от докладов и рефератов не только объемом информации, но и ее характером – сообщения дополняют изучаемый вопрос фактическими или статистическими материалами. Оформляется задание письменно, оно может включать элементы наглядности (иллюстрации, демонстрацию).

Регламент времени на озвучивание сообщения – до 5 мин.

Затраты времени на подготовку сообщения зависят от трудности сбора информации, сложности материала по теме, индивидуальных особенностей студента и определяются преподавателем. Ориентировочное время на подготовку информационного сообщения – 1 ч.

Критерии оценки:

- актуальность темы, 1 балл;
- соответствие содержания теме, 1 балла;
- глубина проработки материала, 1 балла;
- грамотность и полнота использования источников, 1 балл;
- наличие элементов наглядности, 1 балла.

Максимальное количество баллов: 5

Оценка выставляется по количеству набранных баллов.

2. Написание реферата – это более объемный, чем сообщение, вид самостоятельной работы студента, содержащий информацию, дополняющую и развивающую основную тему, изучаемую на аудиторных занятиях (приложение 1). Ведущее место занимают темы, представляющие профессиональный интерес, несущие элемент новизны. Реферативные материалы должны представлять письменную модель первичного документа – научной работы, монографии, статьи. Реферат может включать обзор нескольких источников и служить основой для доклада на определенную тему на семинарах, конференциях.

Регламент озвучивания реферата – 7-10 мин.

Затраты времени на подготовку материала зависят от трудности сбора информации, сложности материала по теме, индивидуальных особенностей студента и определяются преподавателем. Ориентировочное время на подготовку – 4 ч.

Порядок сдачи и защиты рефератов.

1. Реферат сдается на проверку преподавателю за 1-2 недели до зачетного занятия

2. При оценке реферата преподаватель учитывает

- качество
- степень самостоятельности студента и проявленную инициативу
- связность, логичность и грамотность составления
- оформление в соответствии с требованиями ГОСТ.

3.

Защита тематического реферата может проводиться на выделенном одном занятии в рамках часов учебной дисциплины или конференции или по одному реферату при изучении соответствующей темы, либо по договоренности с преподавателем.

4. Защита реферата студентом предусматривает

- доклад по реферату не более 5-7 минут
- ответы на вопросы оппонента.

На защите запрещено чтение текста реферата.

5. Общая оценка за реферат выставляется с учетом оценок за работу, доклад, умение вести дискуссию и ответы на вопросы.

Содержание и оформление разделов реферата

Титульный лист. Является первой страницей реферата и заполняется по строго определенным правилам.

В верхнем поле указывается полное наименование учебного заведения.

В среднем поле дается заглавие реферата, которое проводится без слова " тема " и в кавычки не заключается.

Далее, ближе к правому краю титульного листа, указываются фамилия, инициалы студента, написавшего реферат, а также его курс и группа. Немного ниже или слева указываются название кафедры, фамилия и инициалы преподавателя - руководителя работы.

В нижнем поле указывается год написания реферата.

После титульного листа помещают **оглавление**, в котором приводятся все заголовки работы и указываются страницы, с которых они начинаются.

Заголовки оглавления должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать их или давать в другой формулировке и последовательности нельзя.

Все заголовки начинаются с прописной буквы без точки на конце. Последнее слово каждого заголовка соединяют отточием (.....) с соответствующим ему номером страницы в правом столбце оглавления.

Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом. Заголовки каждой последующей ступени смещают на три - пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени.

Введение. Здесь обычно обосновывается актуальность выбранной темы, цель и содержание реферата, указывается объект (предмет) рассмотрения, приводится характеристика источников для написания работы и краткий обзор имеющейся по данной теме литературы. Актуальность предполагает оценку своевременности и социальной значимости выбранной темы, обзор литературы по теме отражает знакомство автора реферата с имеющимися источниками, умение их систематизировать, критически рассматривать, выделять существенное, определять главное.

Основная часть. Содержание глав этой части должно точно соответствовать теме работы и полностью ее раскрывать. Эти главы должны показать умение исследователя сжато, логично и аргументировано излагать материал, обобщать, анализировать, делать логические выводы.

Заключительная часть. Предполагает последовательное, логически стройное изложение обобщенных выводов по рассматриваемой теме.

Библиографический список использованной литературы составляет одну из частей работы, отражающей самостоятельную творческую работу автора, позволяет судить о степени фундаментальности данного реферата.

В работах используются следующие способы построения библиографических списков: по алфавиту фамилий, авторов или заглавий; по тематике; по видам изданий; по характеру содержания; списки смешанного построения. Литература в списке указывается в алфавитном порядке (более распространенный вариант - фамилии авторов в алфавитном порядке), после указания фамилии и инициалов автора указывается название литературного источника, место издания (пишется сокращенно, например, Москва - М., Санкт - Петербург - СПб ит.д.), название издательства (например, Мир), год издания (например, 1996), можно указать страницы (например, с. 54-67). Страницы можно указывать прямо в тексте, после указания номера, под которым литературный источник находится в списке литературы (например, 7 (номер лит. источника) , с. 67- 89). Номер литературного источника

указывается после каждого нового отрывка текста из другого литературного источника.

В **приложении** помещают вспомогательные или дополнительные материалы, которые загромождают текст основной части работы (таблицы, карты, графики, неопубликованные документы, переписка и т.д.). Каждое приложение должно начинаться с нового листа (страницы) с указанием в правом верхнем углу слова " Приложение" и иметь тематический заголовок. При наличии в работе более одного приложения они нумеруются арабскими цифрами (без знака " № "), например, " Приложение 1". Нумерация страниц, на которых даются приложения, должна быть сквозной и продолжать общую нумерацию страниц основного текста. Связь основного текста с приложениями осуществляется через ссылки, которые употребляются со словом " смотри " (оно обычно сокращается и заключается вместе с шифром в круглые скобки - (см. прил. 1)).

Критерии оценки реферата

- актуальность темы, 1 балл;
- соответствие содержания теме, 3 балла;
- глубина проработки материала, 3 балла;
- грамотность и полнота использования источников, 1 балл;
- соответствие оформления реферата требованиям, 2 балла;
- доклад, 5 баллов;
- умение вести дискуссию и ответы на вопросы, 5 баллов.

Максимальное количество баллов: 20.

19-20 баллов соответствует оценке «5»

15-18 баллов – «4»

10-14 баллов – «3»

менее 10 баллов – «2»

3. Создание материалов-презентаций – это вид самостоятельной работы студентов по созданию наглядных информационных пособий, выполненных с помощью мультимедийной компьютерной программы PowerPoint (приложение). Этот вид работы требует координации навыков студента по сбору, систематизации, переработке информации, оформления ее в виде подборки материалов, кратко отражающих основные вопросы изучаемой темы, в электронном виде. То есть создание материалов-презентаций расширяет методы и средства обработки и представления учебной информации, формирует у студентов навыки работы на компьютере.

Материалы-презентации готовятся студентом в виде слайдов с использованием программы Microsoft PowerPoint. В качестве материалов-презентаций могут быть представлены результаты любого вида внеаудиторной самостоятельной работы, по формату соответствующие режиму презентаций.

Затраты времени на создание презентаций зависят от степени трудности материала по теме, его объема, уровня сложности создания презентации, индивидуальных особенностей студента и определяются преподавателем.

Ориентировочное время на подготовку – 1,5 ч

Критерии оценки

- соответствие содержания теме, 1 балл;
- правильная структурированность информации, 5 баллов;
- наличие логической связи изложенной информации, 5 балл;
- эстетичность оформления, его соответствие требованиям, 3 балла;
- работа представлена в срок, 1 балл.

Максимальное количество баллов: 15.

14-15 баллов соответствует оценке «5»

11-13 баллов – «4»

8-10 баллов – «3»

менее 8 баллов – «2»

4. Подготовка и презентация доклада. Доклад-это сообщение по заданной теме, с целью внести знания из дополнительной литературы, систематизировать материал, проиллюстрировать примерами, развивать навыки самостоятельной работы с научной литературой, познавательный интерес к научному познанию.

Тема доклада должна быть согласована с преподавателем и соответствовать теме занятия.

Материалы при его подготовке, должны соответствовать научно-методическим требованиям ССУЗа и быть указаны в докладе.

Необходимо соблюдать регламент, оговоренный при получении задания.

Иллюстрации должны быть достаточными, но не чрезмерными.

Работа студента над докладом-презентацией включает отработку навыков ораторства и умения организовать и проводить диспут.

Студент в ходе работы по презентации доклада, отрабатывает умение ориентироваться в материале и отвечать на дополнительные вопросы слушателей.

Студент в ходе работы по презентации доклада, отрабатывает умение самостоятельно обобщить материал и сделать выводы в заключении.

Докладом также может стать презентация реферата студента, соответствующая теме занятия.

Студент обязан подготовить и выступить с докладом в строго отведенное время преподавателем, и в срок.

Необходимо помнить, что выступление состоит из трех частей: вступление, основная часть и заключение.

Вступление помогает обеспечить успех выступления по любой тематике. Вступление *должно содержать*:

- название презентации (доклада)
- сообщение основной идеи
- современную оценку предмета изложения
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов
- живую интересную форму изложения
- акцентирование оригинальности подхода

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должна даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение - это ясное четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели.

Примерный план публичного выступления

1. Приветствие

«Добрый день!»

«Уважаемый «(имя и отчество преподавателя)

«Уважаемые присутствующие!»

2. Представление (Ф.И., группа, и т.д.)

«Меня зовут...Я учащийся (-щаяся)...группы, техникума №..., города....»

3. Цель выступления

«Цель моего выступления – дать новую информацию по теме.

4. Название темы

«Название темы»

5.Актуальность

«Актуальность и выбор темы определены следующими факторами: во-первых,..., во-вторых,...»

6. Кратко о поставленной цели и способах ее достижения

«Цель моего выступления – ... основные задачи и способы их решения: 1..., 2..., 3...»

получены новые знания следующего характера:...,

выдвинуты новые гипотезы и идеи:...,

определены новые проблемы (задачи)»

7. Благодарность за внимание

«Благодарю за проявленное внимание к моему выступлению»

8. Ответы на вопросы

«Спасибо (благодарю) за вопрос...

А) Мой ответ...

Б) У меня, к сожалению, нет ответа, т.к. рассмотрение данного вопроса не входило в задачи моего исследования.

9. Благодарность за интерес и вопросы по теме

«Благодарю за интерес и вопросы по подготовленной теме. Всего доброго»

Факторы, влияющие на успех выступления

До, во время и после выступления на конференции докладчику необходимо учесть существенные факторы, непосредственно связанные с формой выступления - это внешний вид и речь докладчика, используемый демонстрационный материал, а также формы ответов на вопросы в ходе выступления.

Внешний вид докладчика

Одежда – чистая, элегантная, деловая, комфортная, не должна пестрить цветами.

Прическа – аккуратная.

Мимика – отражающая уверенность и дружелюбие по отношению к аудитории.

Фигура – подтянутая: спина – прямая, плечи – развернуты.

Движения – свободные, уверенные, плавные, неагрессивные.

Речь

Громкость – доступная для восприятия слов отдаленными слушателями, но без крика и надрыва.

Произношение слов – внятное, четкое, уверенное, полное (без глотания окончаний), с правильным литературным ударением.

Темп – медленный – в значимых зонах информации, средний – в основном изложении, быстрый – во вспомогательной информации.

Интонация – дружественная, спокойная, убедительная, выразительная, без ироничных и оскорбительных оттенков.

Критерии оценки доклада

- актуальность темы, 1 балл;
- соответствие содержания теме, 1 балл;
- глубина проработки материала, 1 балл;
- грамотность и полнота использования источников, 1 балл;
- соответствие оформления доклада требованиям, 1 балл.
- умение вести дискуссию и ответы на вопросы, 5 баллов.

Максимальное количество баллов: 10.

9-10 баллов соответствует оценке «5»

7-8 баллов – «4»

5-7 баллов – «3»

менее 5 баллов – «2»

5. Написание конспекта первоисточника (статьи, монографии, учебника, книги и пр.) – представляет собой вид внеаудиторной самостоятельной работы студента по созданию обзора информации, содержащейся в объекте конспектирования, в более краткой форме (приложение 2). В конспекте должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы, аргументы, этапы доказательства и выводы. Ценность конспекта значительно повышается, если студент излагает мысли своими словами, в лаконичной форме.

Конспект должен начинаться с указания реквизитов источника (фамилии автора, полного наименования работы, места и года издания). Особо значимые места, примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамку, пометками на полях, чтобы акцентировать на них внимание и прочнее запомнить.

Работа выполняется письменно. Озвучиванию подлежат главные положения и выводы работы в виде краткого устного сообщения (3-4 мин) в рамках теоретических и практических занятий. Контроль может проводиться и в виде проверки конспектов преподавателем.

Затраты времени при составлении конспектов зависят от сложности материала по теме, индивидуальных особенностей студента и определяются преподавателем. Ориентировочное время на подготовку конспекта статьи – 2 ч

Критерии оценки:

- содержательность конспекта, соответствие плану, 3 балла;
- отражение основных положений, результатов работы автора, выводов, 5 баллов;
- ясность, лаконичность изложения мыслей студента, 3 балла;
- наличие схем, графическое выделение особо значимой информации, 1 балл;
- соответствие оформления требованиям, 1 балл;
- грамотность изложения, 1 балл;
- конспект сдан в срок, 1 балл.

Максимальное количество баллов: 15.

14-15 баллов соответствует оценке «5»

11-13 баллов – «4»

8-10 баллов – «3»

менее 8 баллов – «2»

6. Содержание и оформление опорных конспектов. Опорный конспект – это развернутый план вашего ответа на теоретический вопрос. Он призван помочь последовательно изложить тему, а преподавателю лучше понять и следить за логикой ответа.

Опорный конспект должен содержать все то, что учащийся собирается предъявить преподавателю в письменном виде. Это могут быть чертежи, графики, формулы, формулировки законов, определения, структурные схемы.

Основные требования к содержанию опорного конспекта

1. Полнота – это значит, что в нем должно быть отображено все содержание вопроса.
2. Логически обоснованная последовательность изложения.

Основные требования к форме записи опорного конспекта

1. Опорный конспект должен быть понятен не только вам, но и преподавателю.
2. По объему он должен составлять примерно один - два листа, в зависимости от объема содержания вопроса .
3. Должен содержать, если это необходимо, несколько отдельных пунктов, обозначенных номерами или пробелами.
4. Не должен содержать сплошного текста.
5. Должен быть аккуратно оформлен (иметь привлекательный вид).

Методика составления опорного конспекта

1. Разбить текст на отдельные смысловые пункты.
2. Выделить пункт, который будет главным содержанием ответа.
3. Придать плану законченный вид (в случае необходимости вставить дополнительные пункты, изменить последовательность расположения пунктов).
4. Записать получившийся план в тетради в виде опорного конспекта, вставив в него все то, что должно быть, написано – определения, формулы, выводы, формулировки, выводы формул, формулировки законов и т.д.

Затраты времени при составлении опорного конспекта зависят от сложности материала по теме, индивидуальных особенностей студента и определяются преподавателем.

Ориентировочное время на подготовку – 2 ч

Критерии оценки:

- соответствие содержания теме, 1 балл;
- правильная структурированность информации, 3 балла;
- наличие логической связи изложенной информации, 4 балла;
- соответствие оформления требованиям, 3 балла;
- аккуратность и грамотность изложения, 3 балла;
- работа сдана в срок, 1 балл.

Максимальное количество баллов: 15.

14-15 баллов соответствует оценке «5»

11-13 баллов – «4»

8-10 баллов – «3»

менее 8 баллов – «2»

7. Составление глоссария – вид самостоятельной работы студента, выражающейся в подборе и систематизации терминов, непонятных слов и выражений, встречающихся при изучении темы. Развивает у студентов способность выделять главные понятия темы и формулировать их. Оформляется письменно, включает название и значение терминов, слов и понятий в алфавитном порядке.

Затраты времени зависят от сложности материала по теме, индивидуальных особенностей студента и определяются преподавателем. Ориентировочное время на подготовку глоссария не менее чем из 20 слов – 1ч

Критерии оценки:

- соответствие терминов теме, 2 балл;
- многоаспектность интерпретации терминов и конкретизация их трактовки в соответствии со спецификой изучения дисциплины, 5 баллов;
- соответствие оформления требованиям, 2 балла;
- работа сдана в срок, 1 балл.

Максимальное количество баллов: 10.

9-10 баллов соответствует оценке «5»

7-8 баллов – «4»

5-7 баллов – «3»

менее 5 баллов – «2»

8. Составление сводной (обобщающей) таблицы по теме – это вид самостоятельной работы студента по систематизации объемной информации, которая сводится (обобщается) в рамки таблицы (приложение 7). Формирование структуры таблицы отражает склонность студента к систематизации материала и развивает его умения по структурированию информации. Краткость изложения информации характеризует способность к ее свертыванию. В рамках таблицы наглядно отображаются как разделы одной темы (одноплановый материал), так и разделы разных тем (многоплановый материал). Такие таблицы создаются как помощь в изучении большого объема информации, желая придать ему оптимальную форму для запоминания. Задание чаще всего носит обязательный характер, а его качество оценивается по качеству знаний в процессе контроля. Оформляется письменно.

Затраты времени на составление сводной таблицы зависят от объема информации, сложности ее структурирования и определяется преподавателем. Ориентировочное время на подготовку – 1 ч

Критерии оценки:

- соответствие содержания теме, 1 балл;
- логичность структуры таблицы, 2 балла;
- правильный отбор информации, 2 балла;
- наличие обобщающего (систематизирующего, структурирующего, сравнительного) характера изложения информации, 3 балла;
- соответствие оформления требованиям, 1 балл;
- работа сдана в срок, 1 балл.

Максимальное количество баллов: 10.

9-10 баллов соответствует оценке «5»

7-8 баллов – «4»

5-7 баллов – «3»

менее 5 баллов – «2»

9. Составление тестов и эталонов ответов к ним – это вид самостоятельной работы студента по закреплению изученной информации путем ее дифференциации, конкретизации, сравнения и уточнения в контрольной форме (вопроса, ответа) (приложение 9). Студент должен составить как сами тесты, так и эталоны ответов к ним. Тесты могут быть различных уровней сложности, целесообразно предоставлять студенту в этом свободу выбора, главное, чтобы они были в рамках темы. Количество тестов (информационных единиц) можно определить либо давать произвольно. Контроль качества тестов можно вынести на обсуждение ("Кто их больше

составил?", "Чьи тесты более точны, более интересны?" и т. д.) непосредственно на практическом занятии. Оценку их качества также целесообразно провести в рамках занятия. Задание оформляется письменно.

Затраты времени на составление тестов зависят от объема информации, сложности ее структурирования и определяются преподавателем. Ориентировочное время на подготовку одного тестового задания – 6 мин., теста из 10 заданий – 1 ч.

Критерии оценки:

- соответствие содержания тестовых заданий теме, 1 балл;
- включение в тестовые задания наиболее важной информации, 5 балла;
- разнообразие тестовых заданий по уровням сложности, 2 балла;
- наличие правильных эталонов ответов, 1 балл;
- тесты представлены на контроль в срок, 1 балл.

Максимальное количество баллов: 10.

9-10 баллов соответствует оценке «5»

7-8 баллов – «4»

5-7 баллов – «3»

менее 5 баллов – «2»

10. Составление кроссвордов по теме и ответов к ним – это разновидность отображения информации в графическом виде и вид контроля знаний по ней. Работа по составлению кроссворда требует от студента владения материалом, умения концентрировать свои мысли и гибкость ума. Разгадывание кроссвордов чаще применяется в аудиторных самостоятельных работах как метод самоконтроля и взаимоконтроля знаний.

Составление кроссвордов рассматривается как вид внеаудиторной самостоятельной работы и требует от студентов не только тех же качеств, что необходимы при разгадывании кроссвордов, но и умения систематизировать информацию. Кроссворды могут быть различны по форме и объему слов.

Затраты времени на составление кроссвордов зависят от объема информации, ее сложности и определяются преподавателем. Ориентировочное время на подготовку одного кроссворда объемом не менее 10 слов – 1 ч

Критерии оценки:

- соответствие содержания теме, 1 балл;
- грамотная формулировка вопросов, 5 баллов;

- кроссворд выполнен без ошибок, 3 балла;
- работа представлена на контроль в срок, 1 балл.

Максимальное количество баллов: 10.

9-10 баллов соответствует оценке «5»

7-8 баллов – «4»

5-7 баллов – «3»

менее 5 баллов – «2»

11. Научно-исследовательская (проектная) деятельность студента,

– этот вид деятельности предполагает самостоятельное формулирование проблемы и ее решение, либо решение сложной предложенной проблемы с последующим контролем преподавателя, что обеспечит продуктивную творческую деятельность и формирование наиболее эффективных и прочных знаний (знаний-трансформаций). Этот вид задания может выполняться в ходе занятий студента в кружке по дисциплине или планироваться индивидуально и требует достаточной подготовки и методического обеспечения.

Роль преподавателя и роль студента в этом случае значительно усложняются, так как основной целью является развитие у студентов исследовательского, научного мышления. Такой вид деятельности под силу не всем студентам, планируя его, следует учитывать индивидуальные особенности студента. Более сложна и система реализации такого вида деятельности, более емки затраты времени как студента, так и преподавателя.

Ориентировочные затраты времени на такие работы – 15-30 часов

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТУ

(оформление, содержание и структура, творческий результат, технологическая документация, презентация)

1.ТРЕБОВАНИЯ к оформлению

Проект может быть написан от руки разборчивым почерком или представлен в электронном варианте через 2 интервала на стационарных листах бумаги (формат А4) с одной стороны. Размер полей: левое, верхнее и нижнее поле — 20 мм, правое — 10 мм.

Проект имеет хорошо организованную структуру, выполнен аккуратно и удобен для чтения, отличается внешней привлекательностью.

Культура изложения проекта:

- отсутствие орфографических и грамматических ошибок, стилистическая грамотность;
- использование специальной терминологии;
- полнота приложений (приложения: таблицы, схемы, чертежи, фотографии, иллюстрации и т.д. называются и нумеруются);
- содержит различную анимацию, соответствующий фон и цвет;

- графический дизайн (картинки и изображения правильно подобраны и размещены и соответствуют содержанию).

2. Требования к содержанию и структуре проекта

Содержание:

- цель и тема проекта ясно изложены;
- связь с программой дополнительного образования детей;
- содержание проекта понятно, представлено логично и удобно для восприятия;
- самостоятельные исследования обучающихся понятным образом иллюстрируют основополагающие вопросы;
- оригинальность: исследовательский подход к собранным и проанализированным материалам, использование широкого спектра первоисточников, материалы проекта богаты элементами мультимедиа, усиливающие содержательную часть проекта и помогающие восприятию сложных вопросов;
- практическое применение проекта: описание проекта отображает четкую последовательность мероприятий по его внедрению, компоненты проекта хорошо подготовлены для использования.

Структура:

1. ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ /1 стр./

В верхней части титульного листа - название образовательного учреждения, объединения, в центре титульного листа - название темы проекта, ниже и темы справа - сведения об авторе: Ф.И.О. обучающегося, год рождения, возраст и год обучения в объединении; Ф.И.О. педагога дополнительного образования, внизу листа — год написания проекта.

2. СОДЕРЖАНИЕ / 2 стр. и далее /

Содержание, как правило, состоит из следующих частей:

введения, основной части, заключения, списка литературы, названия полученного продукта проекта. Могут быть дополнения: приложения (таблицы, диаграммы, схемы, чертежи, образцы, иллюстрации, фотографии и т.п.), общие сведения об авторе.

***Введение**

Содержит обоснование актуальности и новизны темы, цель проекта, историю возникновения. Необходимо показать, почему данный вопрос может представлять интерес или иметь практическое значение. Здесь же раскрываются задачи, которые автор ставит при написании работы. Можно сказать об основных этапах выполнения проекта и перечислить методы его выполнения / например, наблюдение, беседа, анкетирование, тестирование, изучение литературы, анализ, сравнение, обобщение, сопоставление с известными фактами, выполнение практического задания и др./.

***Основная часть.**

Содержит материал, отобранный для рассмотрения и написания темы, проблемы. Показываются разнообразные теории по данному вопросу, сопоставление нескольких источников информации и приводятся

самостоятельно решенные задачи. Выполнение заданий и упражнений, подразумевающих взаимосвязь разных объединений. Здесь же можно сказать о достигнутых результатах и по отдельным вопросам темы. Проводится демонстрация приложений / технологическая карта изделия, схемы, чертежи, таблицы, рисунки, эскизы, сколки, фотографии, образцы изделий, иллюстрации, диаграммы и т.д. / и полученного результата проекта.

***Заключение.**

Оценка результата. Содержит основные выводы и заключения, к которым автор пришел в ходе работы над проектом. Можно представить отношение автора к выполненному проекту/ что было сложно или что нового открыл для себя/.

3. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

Источники перечисляются в алфавитном порядке: Ф.И.О. автора, название работы, место издания, название издательства, год издания.

4. НАЗВАНИЕ полученного результата проекта (творческий продукт).

3. Требования к творческому результату проекта:

- результат проекта может быть мультимедийной презентацией, сценкой, письменным отчетом, изготовленным макетом, изделием, моделью;
- качество выполненного готового изделия / эстетическое, конструктивное, технологическое, экономически обоснованное/.

4. Требования к технологической документации результата (изделия, модели, макета).

Назначение изделия, эскиз, технологическая карта, чертеж, материалы, инструменты, оборудование, правила техники безопасности, расход материалов и расчет цены изделия, удобство пользования и оригинальность применения, дизайн изделия, использование традиций народной культуры. **Технологическая карта** изделия — документ / в виде таблицы/, в котором описан весь технологический процесс, состоящий из ряда последовательных операций, с указанием материалов, инструментов и графического рисунка.

5. Требования к презентации.

Автору проекта необходимо готовиться к презентации проекта как к публичному выступлению, говорить громко, четко объясняя содержание и поддерживая зрительный контакт с аудиторией.

На презентацию проекта отводится до 5 минут.

В публичном выступлении требуется:

- обращение — приветствие к участникам конференции, членам жюри, гостям;
- мотивировать выбор темы, дать общую характеристику структуры проекта;
- ориентироваться во времени выступления;
- осведомленность автора во всех областях проекта;
- умение автора проекта выделять главное в тексте;
- выразительность и эмоциональность выступления;

- умение автора усиливать общее впечатление от материалов презентации единством элементов дизайна и содержанием;
- охарактеризовать полезность результата проекта;
- использование ИКТ;
- в завершении выступления необходимо сделать выводы.

Критерии оценки:

- Оформление проекта, 10 баллов
 1. Соответствие стандартным требованиям.
 2. Единый стиль оформления.
 3. Отсутствие орфографических и пунктуационных ошибок.
 4. Общий дизайн, отвечающий требованиям эстетики.
 5. Сочетание фона с графическими элементами.
 6. Творчество и оригинальность
- Содержание проекта, 30 баллов
 1. Аргументированность выбора темы, наличие целей проектирования.
 2. Обоснование потребности.
 3. Практическая направленность проекта и значимость выполненной работы.
 4. Выполнение принятых этапов проектирования.
 5. Законченность проекта, выбор профессии.
 6. Самостоятельность, подготовленность проекта к восприятию другими людьми.
- Иллюстративный материал, 20 баллов
 1. Соответствие изображений, диаграмм и таблиц основному содержанию проекта.
 2. Изображения интересны, привлекательны, размещены корректно, не накладываются на текст.
 3. Качество помещаемых изображений
- Объем информации, 20 баллов
 1. Информация должна быть точной, полезной, исчерпывающей, выводы логически обоснованными, краткими, точными.
 2. Полнота библиографии, цитаты
- Оценка защиты проекта, 20 баллов
 1. Композиция, полнота представления работы.

2. Объем и глубина знаний по теме.
3. Коммуникативная ориентация, культура речи.
4. Использование наглядных средств, чувство времени, удержание внимания аудитории.

Максимальное количество баллов: 100.

90-100 баллов соответствует оценке «5»

75-89 баллов – «4»

55-74 баллов – «3»

менее 55 баллов – «2»

12. Изготовление информационных моделей (одиночных) или блоков моделей, выполнение практических работ – это вид самостоятельной работы, в которой кроме умения работать с информацией используются практические навыки по наглядному пространственному ее отображению. Создавая ту или иную модель, или блок моделей, студент уточняет известную ему информацию, переводит ее в объемную форму, усиливает зрительное восприятие деталей объекта изучения, конкретизирует строение и его структуру, либо отображает последовательность технологического процесса его изготовления. При изготовлении моделей используются приемы выделения деталей, используя цвет, цифры, наименования. К готовой модели создается пояснение – указатель. Выполнение практических работ проводится согласно описанию хода работ (*приложение 9*). Готовая модель или результаты практической работы демонстрируются на занятиях с кратким пояснением либо представляются студентом в качестве наглядного пособия для самостоятельного изучения темы.

Затраты времени на выполнение практической работы, составление информационной модели зависят от объема работы по изготовлению, сложности обработки информации, индивидуальных навыков студента и определяются преподавателем.

Ориентировочное время на подготовку одиночной модели или выполнение практической работы – 2 ч

Критерии оценки:

- соответствие содержания теме, 1 балл;
- творческое исполнение задания, 10 баллов;
- практическая значимость модели и возможность ее использования на практических занятиях, 3 балла ;
- эстетичность оформления, 5 баллов;
- работа представлена на контроль в срок, 1 балл.

Максимальное количество баллов: 20.

19-20 баллов соответствует оценке «5»

15-18 баллов – «4»

10-14 баллов – «3»

менее 10 баллов – «2»

13. Решение задач

Прежде всего, приступая к решению задач по физике, пусть и самой простой, необходимо внимательно и несколько раз прочитать условие и попытаться выявить явление, установить основные законы, которые используются в задаче, а после приступить к непосредственно поиску правильного ответа. Для грамотного поиска ответа, в действительности, необходимо хорошо владеть только двумя умениями – уяснить физический смысл, который отражает суть задания, и верно выстраивать цепочку различных мини-вопросов, ведущих к ответу на основной вопрос задачи. Определившись, в итоге, с законом, который применяется в определенной задаче. Необходимо начинать задавать себе конкретные, короткие вопросы, при этом каждый следующий должен непременно быть связан с предшествующим, либо главным законом задачи. В результате, у вас выстроится точная логическая цепочка из взаимосвязанных мини-вопросов, а также мини-ответов к ним, то есть появится структурированность, определенный каркас, который поможет найти выражение в формулах, связанных между собой. В итоге, получив подобную структуру, необходимо просто решить полученную систему уравнений с несколькими переменными и получить ответ.

Решение задачи можно условно разбить на четыре этапа и в соответствии с данными этапами установить **критерии оценки**:

1. Ознакомиться с условием задачи (анализ условия задачи и его наглядная интерпретация схемой или чертежом), 0,5 балл.
2. Составить план решения задачи (составление уравнений, связывающих физические величины, которые характеризуют рассматриваемое явление с количественной стороны), 2 балла;
3. Осуществить решение (совместное решение полученных уравнений относительно той или иной величины, считающейся в данной задаче неизвестной), 2 балла;
4. Проверка правильности решения задачи (анализ полученного результата и числовой расчет), 0,5 балла.

Максимальное количество баллов: 5.

Оценка выставляется по количеству набранных баллов.

Содержание

Пояснительная записка.....	3
Инструкции по работе с методическими указаниями.....	4
Задания для внеаудиторной самостоятельной работы.....	5
Критерии оценки	7
Внеаудиторная самостоятельная работа № 1.....	8
Внеаудиторная самостоятельная работа № 2.....	19
Внеаудиторная самостоятельная работа № 3.....	23
Внеаудиторная самостоятельная работа № 4.....	49
Внеаудиторная самостоятельная работа № 5.....	51
Внеаудиторная самостоятельная работа № 6.....	60
Внеаудиторная самостоятельная работа № 7.....	73
Внеаудиторная самостоятельная работа № 8.....	78
Внеаудиторная самостоятельная работа № 9.....	87
Внеаудиторная самостоятельная работа № 10.....	95
Внеаудиторная самостоятельная работа № 11.....	106
Внеаудиторная самостоятельная работа № 12.....	115
Внеаудиторная самостоятельная работа № 13.....	121
Внеаудиторная самостоятельная работа № 14.....	122
Источники учебной информации	123
Приложения.....	124

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВНЕАУДИТОРНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЕ ПО «ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОНИКЕ»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВСЕХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Составитель *О.П. Тарасова, преподаватель*

Издательство ГАПОУ СО «ННХТ».
446200, Новокуйбышевск, ул. Кирова, 6