

*Областное государственное бюджетное
образовательное учреждение
среднего профессионального образования
«Иркутский авиационный техникум»*

УТВЕРЖДАЮ

Директор ОГБОУ СПО «ИАТ»

_____ В.Г. Семенов

**Комплект методических указаний по выполнению
лабораторных и практических работ по дисциплине
ОП.03 Электротехника и электронная техника**

**образовательной программы (ОП)
по специальности СПО**

**160108 Производство летательных аппаратов
базовой подготовки**

Иркутск 2013

Перечень практических работ

№ работы	Название работы	Объём часов на выполнение работы	Страница
1	Схемы со смешанным соединением конденсаторов. Расчёт цепей.	2	3-4
2	Работа со схемами: Структурный анализ схемы; чтение схем; законы Кирхгофа; составлений уравнений по законам Кирхгофа.	2	5-8
3	Расчёт цепей методом свёртывания Анализ работы электрических цепей при изменении одного из параметров	2	9-10
4	Расчёт цепей различными методами	2	11 -
5	Контрольная работа: Расчёт цепей различными методами	2	
6	Расчёт магнитных цепей	2	
7	Определение параметров величин переменного тока	2	
8	Расчёт цепей с двумя параметрами	2	
9	Расчёт неразветвлённой цепи RLC	2	
10	Расчёт трёхфазной цепи по векторной диаграмме	2	
11	Контрольная работа: Расчёт цепей переменного тока	2	

Перечень лабораторных работ

№ работы	Название работы	Объём часов	Страница
1	Инструктаж по технике безопасности. Методические указания по проведению лабораторных работ	2	
1	Электрические приборы	2	
2	Исследование различных режимов работы электрической цепи постоянного тока	2	
3	Исследование цепи постоянного тока с последовательным соединением резисторов	2	
4	Исследование цепи постоянного тока с параллельным соединением резисторов	2	
5	Исследование цепи с последовательным соединением катушки и активного сопротивления, влияние ф/магнитного сердечника на работу электрической цепи	2	
6	Исследование цепи с последовательным соединением катушки и конденсатора. Резонанс напряжений	2	
7	Проверка выполнения свойств резонанса напряжений расчётным методом	2	
8	Исследование трёхфазной цепи соединение звезда	2	

Практическое занятие № 1

СХЕМЫ СО СМЕШАННЫМ СОЕДИНЕНИЕМ КОНДЕНСАТОРОВ

Цель работы. Приобрести навыки расчёта цепей со смешанным соединением конденсаторов и проверить выполнение закона сохранения заряда и электрической энергии.

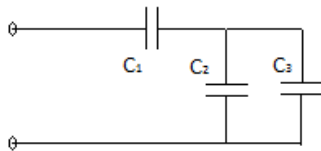
Контроль: проверочная работа по индивидуальным карточкам.

Задание. По данной схеме рассчитать указанные величины: эквивалентные емкости различных участков и всей цепи, напряжения и заряды на отдельных участках и всей цепи, энергию конденсаторов и проверить выполнение закона сохранения электрической энергии.

Задание состоит из следующих этапов работы:

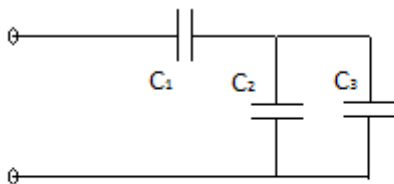
1. Прочитать схему: определять вид соединения элементов; выделить участки с последовательным и параллельным соединением конденсаторов.
2. Свернуть цепь, найти эквивалентную емкость;
3. Рассчитать заряды, напряжения на указанных участках, энергию конденсаторов;
4. Проверить выполнение закона сохранения электрической энергии.

Вариант № 1. Три конденсатора с ёмкостью $C_1 = 0,2$ мкФ, $C_2 = C_3 = 0,4$ мкФ соединены по схеме и подключены к источнику постоянного напряжения 250 В. Найти общий электрический заряд, заряд и напряжения на отдельных конденсаторах. Определить электрическую энергию, запасённую всей батареей конденсаторов



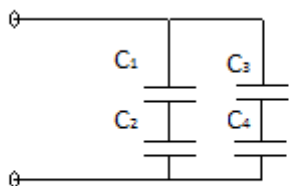
Вариант № 3

Три конденсатора с ёмкостью $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 1$ мкФ, $C_3 = 2$ мкФ соединены по схеме и подключены к источнику постоянного напряжения 120 В. Найти общую ёмкость, общий электрический заряд, заряд и напряжения на отдельных конденсаторах. Определить электрическую энергию, запасённую всей батареей конденсаторов



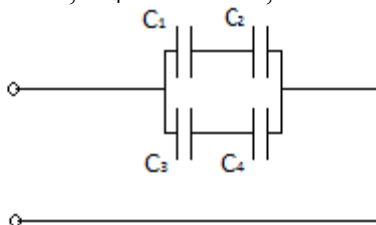
Вариант № 4

По данной схеме определить общую ёмкость, общий электрический заряд, заряд и напряжения на отдельных конденсаторах. Определить электрическую энергию, запасённую всей батареей конденсаторов, если $C_1 = 1 \text{ мкФ}$, $C_2 = 1,5 \text{ мкФ}$, $C_3 = 2,5 \text{ мкФ}$, $C_4 = 0,5 \text{ мкФ}$, входное напряжение 15 В



Вариант № 6

По данной схеме определить общую ёмкость, общий электрический заряд, заряд и напряжения на отдельных конденсаторах, электрическую энергию, запасённую всей батареей конденсаторов, если $C_1 = C_2 = 40 \text{ мкФ}$, $C_3 = 30 \text{ мкФ}$, $C_4 = 60 \text{ мкФ}$, $U = 120 \text{ В}$



Всего 24 варианта

Выполнив работу, студент должен:

Знать:

1. *Электротехническую терминологию:* Электрическая ёмкость, электрическое напряжение, электрический заряд, энергия конденсатора.
2. *Основные законы и принципы теоретической электротехники:* Свойства последовательного и параллельного соединения конденсаторов; закон сохранения энергии

Уметь:

1. Читать принципиальные, электрические и монтажные схемы: определять вид соединения конденсаторов;
2. Использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности: расчёт емкостей, зарядов и энергий при различных соединениях конденсаторов.

Практическое занятие № 2

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СХЕМЫ, ЧТЕНИЕ СХЕМ, СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ПО ЗАКОНАМ КИРХГОФА.

Цель работы:

Научиться читать схемы электрических цепей;

Приобрести навыки составления уравнений по законам Кирхгофа;

Контроль: проверочная работа по индивидуальным карточкам.

Задание состоит из следующих этапов работы:

1. Нарисовать схему электрической цепи (соблюдая: порядок следования элементов и размеры элементов согласно ГОСТ 2.702 -75)
2. Прочитать данную схему:
 - а) определить структурный анализ схемы: количество ветвей, всех узлов независимых узлов, независимых контуров.
 - б) по структуре схемы определить:
 - количество токов в данной схеме,
 - количество независимых уравнений по двум законам Кирхгофа,
 - количество независимых уравнений по первому закону Кирхгофа,
 - количество независимых уравнений по второму закону Кирхгофа
3. Записать независимые уравнения по законам Кирхгофа

Выполнив работу, студент должен:

Знать:

1. *Электротехническую терминологию:*

Структура схемы: электрический узел, электрическая ветвь, электрический контур.

3. *Основные законы и принципы теоретической электротехники:* Законы Кирхгофа:
 - первый закон Кирхгофа и правила составления уравнений;
 - второй закон Кирхгофа и правила составления уравнений

Уметь:

3. Читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;

Контрольные вопросы:

1. Структурный анализ схемы; определение: узел, ветвь, контур;
2. Законы Кирхгофа;
3. Правила составления уравнений по законам Кирхгофа;
4. Изображение электрических схем;
5. Составление уравнений по законам Кирхгофа;
6. Чтение схем

Краткие теоретические сведения

Прочитать схему - значит дать полный структурный анализ цепи, записать законы Кирхгофа, определить участки с различными соединениями элементов, выбрать рациональный метод расчёта.

Структурный анализ схемы

Электрическая ветвь - участок с последовательным соединением элементов, по которым протекает один и тот же ток;

Электрический узел – место соединения не менее трёх ветвей;

Электрический контур – замкнутый путь по нескольким ветвям.

По структурному анализу схемы определяют количество:

n_b - количество ветвей (n_b),

n_y - количество всех узлов

n_{ny} - количество независимых узлов $n_{ny} = n_y - 1$

$n_{нк}$ - количество независимых контуров. Независимый контур отличающийся хотя бы одной новой ветвью, то есть все смежные контура независимы

По количеству ветвей в схеме определяют:

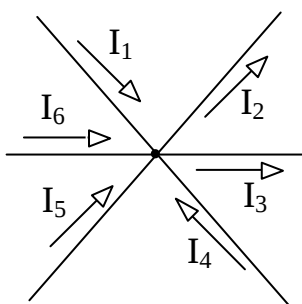
1. количеству токов;
2. количеству независимых уравнений составленных по двум законам Кирхгофа,

По количеству независимых узлов в схеме определяют число независимых уравнений, составленных по первому закону Кирхгофа и число независимых уравнений по МУН (методу узловых напряжений)

По количеству независимых контуров в схеме определяют число независимых уравнений, составленных по второму закону Кирхгофа, и число независимых уравнений по МКТ (методу контурных токов)

Примечание: Изображают схемы соблюдая: порядок следования элементов и размеры элементов согласно ГОСТ 2.702 -75

Первый закон Кирхгофа - алгебраическая сумма токов в узле равна нулю



$$I_6 + I_1 - I_2 - I_3 + I_4 + I_5 = 0$$

При составлении уравнений, выбирают правило знаков.

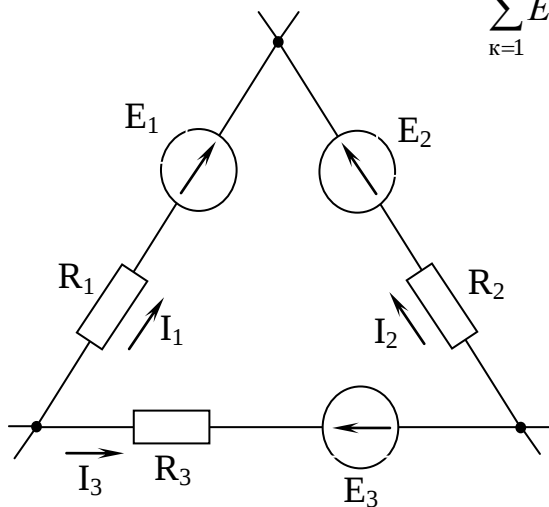
Правила составления уравнений:

1. Токи приходящие в данный узел, берут со знаком «+»,
2. Токи уходящие из этого узла берут со знаком «-»

Следствие из закона Кирхгофа: сумма токов приходящих в узел всегда равна сумме токов, выходящих из этого узла: $I_6 + I_1 + I_4 + I_5 = I_2 + I_3$

Второй закон Кирхгофа.

Алгебраическая сумма э.д.с. в любом замкнутом контуре электрической цепи равна алгебраической сумме падений напряжений вдоль этого контура.



$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^n U_k = \sum_{k=1}^n I_k R_k$$

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

При составлении уравнений внимательно расставлять знаки при ЭДС и падениях напряжений.

Правила составления уравнений по второму закону Кирхгофа:

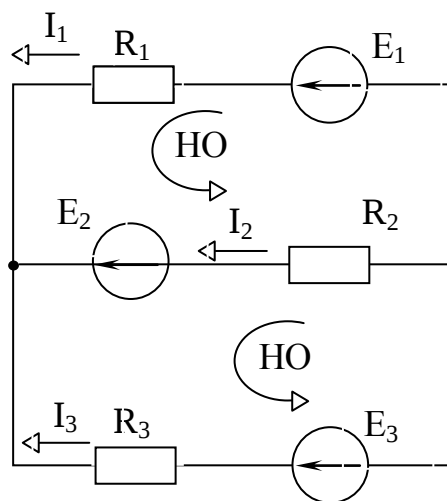
1. ЭДС положительно (пишут со знаком «+»), если направления ЭДС и обхода контура – совпадают, если не совпадают – минус «-»;
2. падения напряжений IR берутся со знаком «+», если направления тока и обхода контура совпадают, минус, если не совпадают.

Пример решения задачи

Задача 1: Составить уравнения по законам Кирхгофа для заданной схемы

Структурный анализ схемы: количество ветвей $n_b = 3$, поэтому три тока: I_1, I_2, I_3 ;

$n_y = 2$ - количество всех узлов; $n_{ny} = n_y - 1 = 2 - 1 = 1$; количество независимых контуров $n_{нк} = 2$



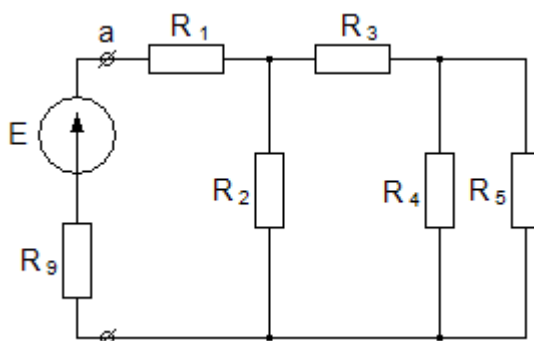
Система независимых уравнений, составленных по двум законам Кирхгофа состоит из трёх уравнений, так как количество ветвей $n_b = 3$; из них одно уравнение по первому закону Кирхгофа, так как один независимый узел $n_{ny} = 1$ и два по второму закону Кирхгофа, так как два независимых контура $n_{нк} = 2$

1. Произвольно выберем направления обхода контуров и обозначим на схеме условные положительные направления токов в ветвях.

2. Составим систему независимых уравнений:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ I_1 R_1 - I_2 R_2 = E_1 - E_2 \\ I_2 R_2 - I_3 R_3 = E_2 - E_3 \end{cases}$$

Задача 2: Определить число токов в данной схеме. Выбрать рациональный метод расчёта.



Формулы расчёта для данной схемы методом свёртывания:

$$R_{4,5} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}; \quad R_{3-5} = R_3 + R_{4,5};$$

$$R_{2-5} = \frac{R_2 \cdot R_{3-5}}{R_2 + R_{3-5}}; \quad R = R_1 + R_{2-5}$$

Решение: число ветвей соответствует числу токов в электрической цепи, по структурному анализу схемы: количество ветвей пять, $n_B = 5$, поэтому пять токов: I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 .

Рационально решать данную схему методом свёртывания, так как в схеме один источник электрической энергии. Заменяя последовательные и параллельные участки эквивалентными сопротивлениями, найдем внешнее сопротивление цепи.

Контроль: проверочная работа по индивидуальным карточкам.

Для заданной схемы электрической цепи:

Прочитать данную схему:

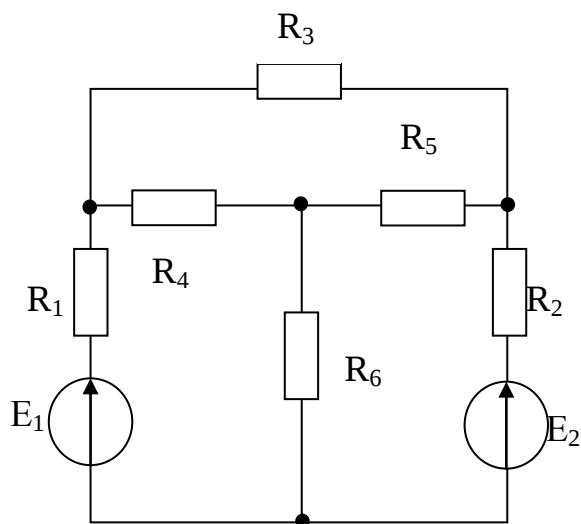
а) определить структурный анализ схемы: количество ветвей, всех узлов независимых узлов, независимых контуров.

б) по структуре схемы определить:

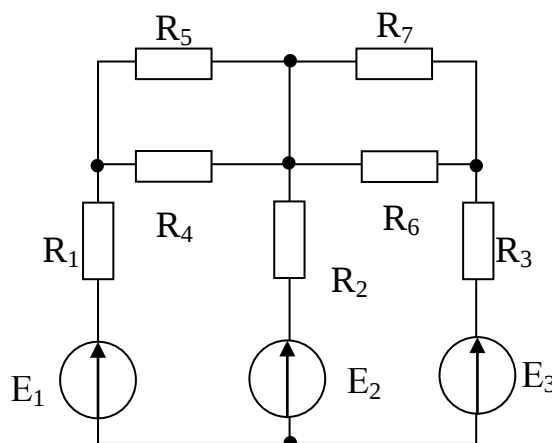
- количество токов в данной схеме,
- количество независимых уравнений по двум законам Кирхгофа,
- количество независимых уравнений по первому закону Кирхгофа,
- количество независимых уравнений по второму закону Кирхгофа

2. Записать независимые уравнения по законам Кирхгофа

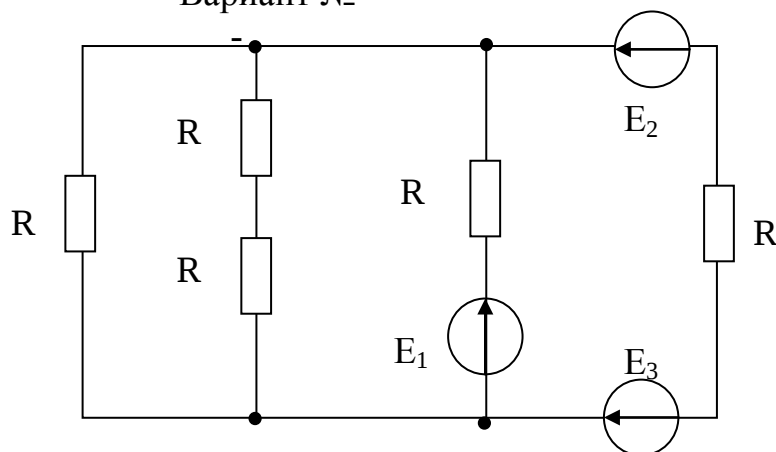
Вариант №2



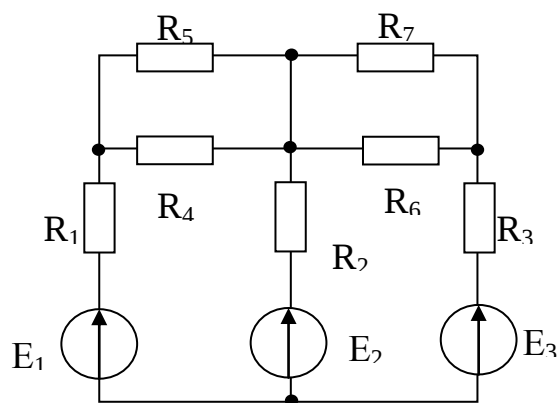
Вариант №2



Вариант №2



Вариант №2



Практическое занятие № 3

РАСЧЁТ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА МЕТОДОМ СВЁРТЫВАНИЯ. АНАЛИЗ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ОДНОГО ИЗ ПАРАМЕТРОВ

Цель работы: приобрести навыки расчёта электрических цепей методом свёртывания. Анализировать работу цепи при внезапном изменении одного из параметров.

Контроль: проверочная работа по индивидуальным карточкам.

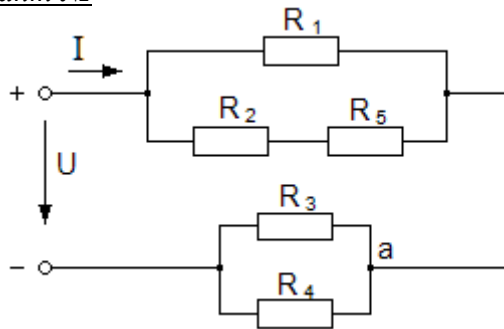
Задание. По данной схеме рассчитать электрическую цепь методом свёртывания.

Провести анализ работы цепи, при изменении указанного сопротивления, не производя расчётов.

Задание состоит из следующих этапов работы:

1. Прочитать данную схему: определить количество токов; выделить участки с последовательным и параллельным соединением резисторов;
2. Нарисовать схему электрической цепи (соблюдая: порядок следования элементов и размеры элементов согласно ГОСТ 2.702 -75), нанести направления токов и входного напряжения.
3. Кратко записать условие задачи;
4. Рассчитать цепь: найти, указанные в индивидуальном задании величины (сопротивление цепи, токи ветвей, напряжения, мощности, потенциалы точек)
5. Провести анализ работы цепи (по индивидуальному заданию)

Вариант №



Дано: $U_2 = 36 \text{ В}$

$R_1 = 6 \text{ Ом}; R_2 = 6 \text{ Ом}$

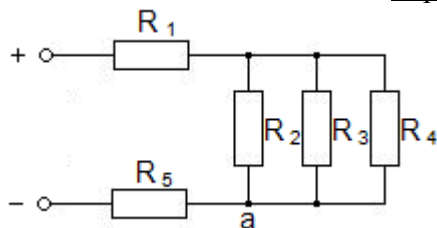
$R_3 = 3 \text{ Ом}; R_4 = 6 \text{ Ом}$

$R_5 = 6 \text{ Ом}$

Найти: токи ветвей, P_4 ; R ; U ; U_1 ; U_3 ; U_4 ; U

Как изменятся указанные величины, если $R_2 \uparrow$.

Вариант №



Дано: $U_2 = 12 \text{ В}$

$R_1 = 2 \text{ Ом}; R_2 = 15 \text{ Ом}$

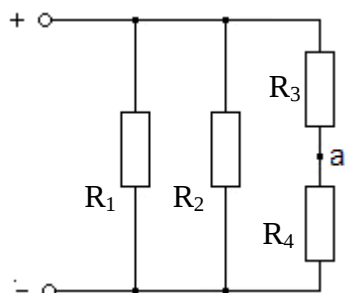
$R_3 = 10 \text{ Ом}; R_4 = 6 \text{ Ом}$

$R_5 = 8 \text{ Ом}$

1) Найти: φ_a ; P_4 ; R ; U ; U_1 ; U_5 ; I ; I_1 ; I_2 ; I_3 .

2) Как изменятся указанные величины, если $R_3 \uparrow$.

Вариант №



Дано: $P = 100 \text{ Вт}$

$R_1 = 24 \text{ Ом}; R_2 = 8 \text{ Ом}$

$R_3 = 8 \text{ Ом}; R_4 = 4 \text{ Ом}$

Найти: токи ветвей: I φ_a ; U ; U_3 ; U_4 ; I_1 ; I_2 ; I_3 .
Как изменятся указанные величины, если $R_3 \uparrow$.

Выполнив работу, студент должен:

Знать:

Основные законы и принципы теоретической электротехники:

1. Закон Ома для полной цепи и для участка цепи;
2. Свойства последовательного и параллельного соединения резисторов;
3. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей: метод свёртывания

Уметь:

1. Читать принципиальные, электрические и монтажные схемы: определять количество токов в цепи, вид соединения резисторов; выбор рационального метода расчёта электрической цепи;
2. Использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности: применение закона Ома и свойств последовательного и параллельного соединения резисторов:
 - а) при расчёте цепи по заданной схеме;
 - б) провести анализ работы цепи при внезапном изменении одного из параметров, не производя расчётов, на основе закона Ома, свойств последовательного или параллельного соединения резисторов.

Практическое занятие № 4 **РАСЧЁТ ЦЕПЕЙ С НЕСКОЛЬКИМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭДС** **РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ**

Цель работы: приобрести навыки расчёта электрических цепей с несколькими источниками различными методами.

Задание. Рассчитать электрическую цепь по заданной схеме различными методами: Метод контурных токов (МКТ), метод узловых напряжений (МУН), метод законов Кирхгофа. Задание состоит из следующих этапов работы:

1. Нарисовать схему электрической цепи
2. Кратко записать условие задачи
3. Прочитать данную схему
4. Выбрать рациональный метод расчёта (наименьшее количество независимых уравнений)
5. Рассчитать цепь методом узловых напряжений
6. Записать уравнения для расчета цепи методом контурных токов; выразить токи ветвей через контурные токи
7. Записать уравнения для расчета цепи методом законов Кирхгофа

Выполнив работу, студент должен:

Знать:

1. *Основные законы и принципы теоретической электротехники:* Законы Кирхгофа
2. *Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей:*
 - метод контурных токов (МКТ) основан на втором законе Кирхгофа; 10
 - метод узловых напряжений (МУН) основан на первом законе Кирхгофа

Уметь:

1. Читать принципиальные, электрические и монтажные схемы:

- а) определять структурный анализ схемы: количество ветвей, всех узлов, независимых узлов, независимых контуров.
 - б) по структуре схемы определить:
 - количество токов в данной схеме,
 - количество независимых уравнений составленных по двум законам Кирхгофа,
 - количество независимых уравнений составленных по первому закону Кирхгофа,
 - количество независимых уравнений составленных по второму закону Кирхгофа
 - количество независимых уравнений составленных по МКТ
 - количество независимых уравнений составленных по МУН
 - в) выбор рационального метода расчёта электрической цепи;
2. *Использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности:* применение законов Кирхгофа для расчёта цепей различными методами: контурных токов (МКТ), узловых напряжений (МУН)

Практическое занятие № 5

Контрольная работа № 1:

РАСЧЁТ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Цель: проверить степень усвоения:

- изображение и чтение электрических схем;
- законов Кирхгофа и их практического применения;
- методики расчета цепи различными способами; выбор рационального метода расчёта.

Задание. Провести расчёт данной электрической цепи различными методами.

План работы:

1. Краткая запись условия задачи:
 - единицы измерения электрических величин и параметров в системе СИ;
2. Нарисовать схему данной электрической цепи:
 - а) строго соблюдая порядок следования элементов в заданной схеме;
 - б) изображая размеры элементов с соблюдением ГОСТ 2.702 -75
3. Чтение схемы:
 - а) структурный анализ схемы: определить количество: ветвей, всех узлов, независимых узлов, независимых контуров.
 - б) по структуре схемы определить:
 - количество токов в данной схеме,
 - сколько всего независимых уравнений необходимо составить по двум законам Кирхгофа,
 - сколько независимых уравнений необходимо составить по первому закону Кирхгофа,
 - сколько независимых уравнений по второму закону Кирхгофа.
4. Выбор рационального метода расчёта (наименьшее количество независимых уравнений).
5. Расчёт цепи *методом узловых напряжений*.
 - а) указать на схеме:
 - базисный узел,
 - независимый узел,
 - направление узлового напряжения;
 - б) составление уравнения по методу узловых напряжений;

- в) расчёт проводимостей ветвей;
 - г) расчёт узлового напряжения;
 - д) нанесение направления токов ветвей;
 - е) составление уравнения по второму закону Кирхгофа по контуру через нужную ветвь и узловое напряжение;
 - ж) выразить ток ветви через узловое напряжение и рассчитать его.
 - з) проверка решения задачи по первому закону Кирхгофа.
6. Расчёт цепи **методом контурных токов**:
- а) указать на схеме направления контурных токов;
 - б) составление системы уравнений по методу контурных токов;
 - в) расчёт контурных токов;
 - г) нанесение на схему направления токов ветвей;
 - д) выразить токи ветвей через контурные токи и рассчитать их.
7. **Метод законов Кирхгофа**:
- а) нанесение на схему направления токов ветвей;
 - б) составление системы независимых уравнений по законам Кирхгофа.

Практическое занятие № 6 РАСЧЁТ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ

Цель: приобрести навыки расчёта магнитных цепей.

Уметь проводить аналогию с электрическими цепями, применять основные законы, лежащие в основе расчёта магнитных цепей.

Расчёт магнитных цепей основан на принципе непрерывности линий магнитной индукции и закона полного тока

Задание. Необходимо рассчитать неразветвлённую магнитную цепь, у которой известны: марка материала, из которого изготовлен сердечник, размеры магнитопровода в мм, число витков обмотки. В зависимости от условия, рассматривается решение прямой или обратной задачи.

1. Определить ток в обмотке, при котором создаётся магнитный поток ($\Phi = 3,2 \cdot 10^{-3}$ Вб)
 2. Найти ток в обмотке, обеспечивающий в зазоре магнитную индукцию (0,65 Тл)
 3. Определить магнитный поток в сердечнике, если ток в обмотке известен (равен 6 А).
 4. Найти ток в обмотке, обеспечивающий на втором участке магнитную индукцию (1 Тл)
- Всего 16 вариантов

План решения прямой задачи:

1. Нарисовать магнитную цепь; выделить участки с одинаковым сечением;
2. Рассчитать:
 - средние силовые линии участков;
 - площади сечения участков;
3. Записать формулу магнитного потока, из неё найти магнитную индукцию участка, по таблицам или кривой намагничивания найти напряжённость данного участка магнитной цепи

Примечание: при переходе из одной среды в другую магнитный поток неизменный.

4. Рассчитать напряжённость воздушного зазора из формулы $B_0 = \mu_0 H_0$
5. Записать закон полного тока: $F = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_0 l_0$
6. Вычислить ток из формулы: $F = I w$

Выполнив работу, студент должен:

Знать:

1. Электротехническую терминологию:

магнитная индукция, напряжённость магнитного поля, магнитная проницаемость, магнитодвижущая сила (сила намагничивания), магнитный поток, магнитная цепь: обозначения, единицы измерения и формулы расчёта.

2. *Основные законы и принципы теоретической электротехники:* закон полного тока; непрерывность магнитного потока.
3. *Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей:* расчёт неразветвлённых магнитных цепей

Уметь:

Рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей

Практическое занятие № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕЛИЧИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Текущий контроль

Задание №1. (рассчитано 25-30 минут)

Цель: Проверить степень освоения и закрепления материала.

Проводится письменный опрос поэтому заданию сразу после изучения темы «Параметры величин переменного тока и способы их изображения»

- а) Определить **параметры величин** тока и напряжения.
- б) Построить векторную диаграмму и прочесть её.

Задание №2 (рассчитано на 60-80 мин.)

Цель: Проверить степень освоения и закрепления материала по теме «Электрические цепи переменного тока»

Проводится после изучения темы: «Особенности цепей переменного тока», как итоговая работа.

По индивидуальным карточкам необходимо:

- а) определить параметры тока и напряжения;
- б) рассчитать сдвиг фаз между напряжением и током;
- в) определить характер нагрузки (либо по векторной диаграмме, либо по сдвигу фаз между током и напряжением);
- г) построить предполагаемую схему замещения электрической цепи;
- д) рассчитать полученную электрическую цепь;
- е) определить **параметры цепи** переменного тока по изображенной схеме.

Пункты «д,е» рассчитаны на студентов с хорошими и отличными знаниями по теории, способности мыслить нестандартно.

Задание. По данным законам изменения тока и напряжения определить: параметры величин, построить векторную диаграмму, сдвиг фаз, изобразить предполагаемую схему.

- | | |
|--------------|--|
| Вариант № 1. | $u = 84,6 \sin (251,2 t + 30^\circ) \text{ В}$
$i = 5,64 \sin (251,2 t - 60^\circ) \text{ А.}$ |
| Вариант № 2 | $u = 42,3 \sin (376,8 t - 45^\circ) \text{ В,}$
$i = 4,23 \sin (376,8 t - 45^\circ) \text{ А.}$ |
| Вариант № 3 | $u = 169,2 \sin (1256 t - 90^\circ) \text{ В,}$
$i = 28,2 \sin (1256 t - 45^\circ) \text{ А.}$ |
| Вариант № 4 | $u = 112,8 \sin (1884 t + 32^\circ) \text{ В,}$
$i = 28,2 \sin (1884 t - 58^\circ) \text{ А.}$ |
| Вариант № 5 | $u = 119,85 \sin (150,72 t - 60^\circ) \text{ В,}$
$i = 4,23 \sin (150,72 t - 30^\circ) \text{ А.}$ |
| Вариант № 6 | $u = 211,5 \sin (3768 t - 50^\circ) \text{ В,}$ |

Вариант № 7	$i = 1,49 \sin (3768 t - 30^\circ) \text{ A.}$ $u = 310,2 \sin (157 t + 42^\circ) \text{ B,}$ $i = 0,31 \sin (157 t - 90^\circ) \text{ A.}$
Вариант № 8	$u = 179 \sin (471 t + 29^\circ) \text{ B,}$ $i = 3,58 \sin (471 t + 79^\circ) \text{ A.}$
Вариант № 9	$u = 70,5 \sin (105 t - 37^\circ) \text{ B,}$ $i = 0,705 \sin (105 t - 90^\circ) \text{ A.}$
Вариант № 10	$u = 169,2 \sin (3140 t + 53^\circ) \text{ B,}$ $i = 7,05 \sin (3140 t - 37^\circ) \text{ A.}$
Всего 36 вариантов	

Практическое занятие № 8 РАСЧЁТ ЦЕПЕЙ С ДВУМЯ ПАРАМЕТРАМИ *Определение параметров реальной катушки*

Цель. Приобретение навыков по расчёту цепей переменного тока с двумя параметрами и закрепление знаний полученных на теоретических занятиях и в процессе самостоятельной подготовки по данной теме.

Задание. По показаниям приборов определить параметры реальной катушки, построить векторную диаграмму и записать законы изменения тока и напряжений, если амперметр и вольтметр при включении катушки в цепь постоянного тока показали 0,5 А и 20 В, в цепи переменного тока 1 А и 50 В. Изобразить схему замещения с измерительными приборами.

Дано: $U_{\sim} = 20$ $U_{\sim} = 50$

$I_{\sim} = 0,5 \text{ A, } I_{\sim} = 1 \text{ A}$

Найти:

1. Параметры катушки: R, L
2. Рассчитать цепь;
3. Построить векторную диаграмму;
4. Записать мгновенные значения тока и напряжений.

Решение.

1. Рассчитать **активное сопротивление катушки** (по показаниям приборов в цепи постоянного тока):

$$R = U / I_{\sim} = 20 / 0,5 = 40 \text{ Ом}$$

2. Рассчитать полное сопротивление цепи Z :

$$Z = U_{\sim} / I_{\sim} = 50 / 1 = 50 \text{ Ом,} \quad \text{но } Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

3. Индуктивное сопротивление:

$$X_L^2 = Z^2 - R^2 = 50^2 - 40^2 = 900; \quad X_L = 30 \text{ Ом,} \quad \text{но } X_L = 2 \pi f L = \omega L$$

4. Индуктивность катушки:

$$L = X_L / 2 \pi f = 30 / 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 0,0955 \text{ Гн.}$$

Параметры катушки найдены: $R = 40 \text{ Ом, } L = 0,0955 \text{ Гн} = 95,5 \text{ мГн}$

Для построения векторной диаграммы рассчитаем:

- действующие значения величин напряжений:

$$U_R = I \cdot R = 1 \cdot 40 = 40 \text{ Ом;}$$

$$U_L = I \cdot X_L = 1 \cdot 30 = 30 \text{ Ом;}$$

- коэффициент мощности $\cos \varphi$:

$$\cos \varphi = R / Z = 40 / 50 = 0,8$$

- сдвиг фаз между напряжением и током φ :

$$\varphi = + 37^\circ, \quad \text{но } \varphi = \Psi_u - \Psi_i$$

- начальная фаза напряжения равна 0° ;

- начальная фаза тока:

$$\Psi_i = \Psi_u - \varphi = 0^\circ - 37^\circ = -37^\circ$$

- угловая скорость ω : $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ рад/с}$, так как промышленная частота: $f = 50 \text{ Гц}$

Для построения векторной диаграммы выбирают масштаб (для токов один, для всех напряжений - одинаковый).

План построения векторной диаграммы:

1. Построить вектор тока (с учетом его начальной фазы), так как в последовательной цепи по всем элементам течет один ток.
2. Векторы напряжений строить относительно тока строго в той последовательности, как параметры изображены на схеме замещения (**помни**: на участке с активным сопротивлением ток и напряжение совпадают по фазе, с индуктивностью - вектор напряжения опережает вектор тока на 90°).

Законы изменения тока и напряжений:

$$i = I_m \sin(\omega t + \Psi_i) = 1,41 \sin(314t - 37^\circ) \text{ A.}$$

$$u = U_m \sin \omega t = 70,5 \sin 314 t \text{ B.}$$

$$u_R = U_m \sin(\omega t + \Psi_{uR}) = 56,4 \sin(314 t - 37^\circ) \text{ B,}$$

$$u_L = U_m \sin(\omega t + \Psi_{uL}) = 42,3 \sin(314 t + 53^\circ) \text{ B}$$

Контрольные вопросы:

1. Записать формулу мгновенного значения тока, (напряжения) и дать характеристику параметров, входящих в нее.
2. Перечислить параметры реальной катушки, объяснить физический смысл.
3. Объяснить методику построения векторных диаграмм.
4. Как рассчитать сдвиг фаз между током и напряжением в цепи?
5. Какие значения (мгновенные, действующие, амплитудные) показывают измерительные приборы электромагнитной и динамической системы в цепях переменного тока?

Рекомендуемая литература:

1. Березкина Т.Ф. и др. «Задачник по общей электротехнике с основами электроники» Учеб. пособие для студ. М. Высш.шк.2001г. стр.84-87.
2. Евдокимов Ф.Е. «ТОЭ» учеб. для студ. образоват. учреждений средн. проф.образования М.Издательский центр «Академия»,2004. стр.278-286.

Практическое занятие № 9 РАСЧЕТ НЕРАЗВЕТВЛЕННЫХ ЦЕПЕЙ

Цель: приобрести навыки расчёта неразветвлённых цепей переменного тока и закрепить знания студентов, полученные на теоретических занятиях и в процессе самостоятельной подготовки по данной теме.

Контрольные вопросы:

1. Назвать параметры цепей переменного тока; их физический смысл.
2. Объяснить особенности цепи RLC. Как определить характер нагрузки по реактивным сопротивлениям?
3. Объяснить методику построения векторных диаграмм.
4. Как рассчитать сдвиг фаз между током и напряжением в цепи?
5. Как определить характер нагрузки по сдвигу фаз φ между током и напряжением? 15

Задание. Катушка с активным сопротивлением 10 Ом и индуктивностью 60 мГн соединена последовательно с конденсатором ёмкостью 72 мкФ и подключена к источнику переменного напряжения с частотой 50 Гц и амплитудным значением напряжения 110 В. Определить действующее значение тока, полное сопротивление цепи,

полную, активную и реактивную мощности. Построить векторную диаграмму тока и напряжений.

Выполнив работу, студент должен:

Знать:

3. *Электротехническую терминологию:*
 - Амплитудные, действующие и мгновенные значения величин их формулы;
 - Параметры цепей переменного тока: индуктивность, ёмкость, активное сопротивление, их физический смысл.
 - Реактивные сопротивления электрической цепи переменного тока, их обозначения и формулы расчёта.
 - Полное сопротивление цепи;
 - Сдвиг фаз, характеристика цепи по сдвигу фаз
4. *Основные законы и принципы теоретической электротехники:* особенности цепей переменного тока
5. *Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей:* особенности цепей переменного тока, решение задач по векторным диаграммам.

Уметь:

Рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей, строить векторные диаграммы

Образец решения задачи:

Задача. В неразветвленной цепи CRL, напряжение на входе изменяется по закону: $u = 112,8 \sin(800t + 60^\circ)$ В; параметры цепи: $C = 31,25$ мкФ, $L = 125$ мГн, $R = 80$ Ом. Изобразить схему замещения. Рассчитать цепь. Построить векторную диаграмму.

Решение.

1. Найдем реактивные сопротивления:
 $X_L = \omega L = 800 \cdot 0,125 = 100$ Ом; $X_C = 1 / \omega C = 10^6 / 800 \cdot 31,25 = 40$ Ом.
2. Вычислим полное сопротивление цепи Z :
 $Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 = 80^2 + (100 - 40)^2 = 10000$, $Z = 100$ Ом.
3. Определим действующие значения величин:
 $U = U_m / \sqrt{2} = 112,8 / 1,41 = 80$ В,
 $I = U / Z = 80 / 100 = 0,8$ А,
 $U_C = I \cdot X_C = 0,8 \cdot 40 = 32$ В,
 $U_R = I \cdot R = 0,8 \cdot 80 = 64$ В,
 $U_L = I \cdot X_L = 0,8 \cdot 100 = 80$ В.
4. Составляющие напряжения всей цепи:
активная $U_a = U_R = 64$ В,
реактивная $U_p = U_L - U_C = 100 - 80 = 20$ В.
5. Коэффициент мощности $\cos\varphi$:
 $\cos\varphi = R : Z = 80 : 100 = 0,8$,
6. Сдвиг фаз между напряжением и током φ :
 $\varphi = +37^\circ$, так как $X_L > X_C$
 $\varphi = \psi_u - \psi_i$,
7. Начальные фазы:
напряжения $\psi_u = 60^\circ$, (по условию)
тока $\psi_i = \psi_u - \varphi = 60 - 37 = 23^\circ$
8. Мощности цепи:
активная: $P = I \cdot U_R = 0,8 \cdot 64 = 51,2$ Вт,

реактивная: $Q = I \cdot U_p = 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ ВАр}$,

полная: $S = I \cdot U = 0,8 \cdot 80 = 64 \text{ ВА}$.

Указания к построению векторной диаграммы.

1. Выбрать масштаб для тока и напряжений.
2. Построить начальную фазу тока (угол $\psi_i = +23^\circ$)
3. На луче угла построить вектор тока.
4. Векторы напряжений строить относительно тока строго по схеме замещения

ПРИМЕЧАНИЕ: вектор тока опережает вектор напряжения на ёмкости **C** на угол 90° , на активном сопротивлении **R** ток и напряжение совпадают по фазе, на индуктивности **L** – напряжение опережает ток на угол 90° .

5. Прочитать векторную диаграмму, сделать вывод о характере нагрузки по векторной диаграмме.

Задачи для самостоятельного решения:

№ 5.126 Березкина Т.Ф., Гусев Н.Г., Масленников В.В. «Задачник по общей электротехнике с основами электроники» Учеб. пособие для студ. М. Высш.шк.2001г

Рекомендуемая литература:

- 1.Березкина Т.Ф. и др. «Задачник по общей электротехнике с основами электроники» Учеб. пособие для студ. М. Высш.шк.2001г. стр.84-90.
2. Евдокимов Ф.Е. «ТОЭ» учеб. для студ. образоват. учреждений средн. проф.образования М.Издательский центр «Академия»,2004. стр.291 - 302.

Практическое занятие № 10 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2 РАСЧЁТ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Цель: проверить уровень практических навыков расчёта цепей переменного тока и знания студентов, полученные на теоретических занятиях и в процессе самостоятельной подготовки по данной теме.

Задание: По данной схеме рассчитать электрическую цепь, построить векторную диаграмму тока и напряжений, проанализировать работу электрической цепи при изменении частоты источника, если характер нагрузки не изменился.

Работа состоит из следующих этапов:

1. Краткая запись условия задачи:
 - единицы измерения электрических величин и параметров в системе СИ;
2. Изображение схемы данной электрической цепи: с соблюдением:
 - порядка следования элементов;
 - размеры элементов согласно ГОСТ 2.702 -75
3. Расчёт цепи:
 - а) полное сопротивление цепи;
 - б) общий ток;
 - в) напряжения на отдельных элементах
 - г) активную и реактивную составляющие напряжения всей цепи;
 - д) коэффициент мощности;
 - е) сдвиг фаз между напряжением и током всей цепи;
 - ж) мощности цепи: активную, реактивную, полную.
4. Построение векторной диаграммы:
 - а) начальная фаза тока;
 - б) построение вектора тока и напряжений, с соблюдением масштаба;
 - в) чтение векторной диаграммы и вывод о характере нагрузки;

5. Анализ работы цепи: как изменились указанные величины: X_L , X_C , Z , I , U , U_a , U_p , $\cos \varphi$, φ , U_L , U_C , P , Q , S , при изменении частоты источника, если характер нагрузки в целом не изменился:

построив необходимые графики для доказательства.

Примечание: для проведения анализа изобразить графики реактивных сопротивлений X_L , X_C , в зависимости от частоты.

↓ - величина уменьшилась;

→ - величина не изменилась;

↑ - величина увеличилась

Практическое занятие № 11 РАСЧЁТ ТРЁХФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ

Цель. Приобрести навыки расчёта трёхфазных цепей.

Строить и читать векторные диаграммы и по ним создавать схемы трёхфазных цепей.

Задание: По заданной векторной диаграмме для трёхфазной цепи определить характер нагрузки в каждой фазе, изобразить предполагаемую схему и вычислить значение каждого сопротивления в фазах. По векторной диаграмме, построенной в масштабе, определить графически ток в нулевом проводе.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1 (5.3 Евдокимов)

Осветительная установка здания имеет 150 электрических ламп с номинальной мощностью 60 Вт каждая при номинальном напряжении $U_{\text{ном}} = 220$ В. Лампы включены в трехфазную сеть с линейным напряжением $U_{\text{л}} = 220$ В и образуют равномерную нагрузку. Определить фазные и линейные токи, мощность осветительной нагрузки в каждой фазе и всей цепи. Изобразить схему.

Задача 2. Осветительная установка здания имеет 150 электрических ламп с номинальной мощностью $P = 60$ Вт каждая при номинальном напряжении $U_{\text{ном}} = 127$ В. Лампы включены в трехфазную сеть с линейным напряжением $U_{\text{л}} = 220$ В и образуют равномерную нагрузку. Определить способ включения ламп; необходимые токи в электрической цепи. Изобразить схему.

Задача 3. В трехфазную четырёхпроводную сеть с линейным напряжением 380 В включены шесть одинаковых электроламп ($P_{\text{ном}} = 100$ Вт, $U_{\text{ном}} = 220$ В, по две в фазе). Определить токи в проводах (линейных и нулевом). Изобразить схему электрической цепи. Построить векторную диаграмму

Задача 4. В трехфазной цепи с нулевым проводом в одной из фаз перегорела лампа. Как изменится работа цепи, если нагрузка была равномерная.

Выполнив работу, студент должен:

Знать:

1. *Электротехническую терминологию:*
 - трёхфазные системы, соединения фаз генератора и потребителя по схеме: звезда и треугольник
 - нулевой провод, его назначение; линейные провода
 - линейные и фазные напряжения и токи, их обозначения и формулы расчёта.
2. *Основные законы и принципы теоретической электротехники:* особенности трёхфазных цепей; назначение нулевого провода
3. *Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей:* расчёт цепей трёхфазного тока, решение задач по векторным диаграммам.