



ГБПОУ «Пермский политехнический колледж имени
Н.Г. Славянова»

Методические указания
для обучающихся по выполнению практических занятий
по дисциплине

ОП.08 «Электротехника и электроника»

специальности

15.02.19 Сварочное производство

Рассмотрено на заседании
предметной цикловой комиссии
«Выпускающая студентов на
государственную итоговую
аттестацию»
протокол № 8
«8» февраля 2024г.
Председатель ЦИК

Вепрева С.В.



Автор:

преподаватель

ГБПОУ «ППК им. Н.Г. Славянова»

Мазунина Зульфия Хасимовна

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Пояснительная записка | 3 |
| 2 | Содержание практических занятий | |
| | Практическая работа № 1 «Расчёт параметров при смешанном соединении конденсаторов» | 5 |
| | Практическая работа № 2 «Расчёт эквивалентного сопротивления цепи» | 9 |
| | Практическая работа № 3 «Расчёт электрических цепей постоянного тока при смешанном соединении резисторов» | 14 |
| | Практическая работа № 4 «Изучение последовательного соединения резисторов и проверка закона Ома» | 25 |
| | Практическая работа № 5 «Изучение параллельного соединения резисторов и проверка закона Ома» | 28 |
| | Практическая работа № 6 «Расчёт коэффициента полезного действия электрической мощности» | 31 |
| | Практическая работа № 7 «Расчет магнитной цепи» | 35 |
| | Практическая работа № 8 «Определение магнитных величин катушки» | 42 |
| | Практическая работа № 9 «Исследование неразветвленной цепи переменного тока с активным сопротивлением и индуктивностью» | 45 |
| | Практическая работа № 10 «Расчет неразветвленной цепи переменного тока» | 48 |
| | Практическая работа № 11 «Расчет параметров трехфазной цепи переменного тока» | 54 |
| | Практическая работа № 12 «Технические характеристики электроизмерительных приборов» | 61 |
| | Практическая работа № 13 «Исследование полупроводникового стабилизатора» | 65 |
| | Практическая работа № 14 «Исследование одно, двух-полупериодного выпрямителя» | 68 |
| 3 | Список источников и литературы | 71 |

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических занятий обучающимися по дисциплине **ОП.08 Электротехника и электроника** предназначены для обучающихся по специальности *15.02.19 Сварочное производство*.

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в выполнении практических работ по дисциплине **ОП.08 Электротехника и электроника**

Настоящие методические указания содержат работы, которые позволят обучающимся закрепить теоретические знания, сформировать необходимые умения и навыки деятельности по специальности *15.02.19 Сварочное производство* направлены на формирование следующих компетенций:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской

Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных российских духовно-нравственных ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК0 9 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 1.1. Выбирать методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с учетом условий производства.

ПК 1.2. Выполнять техническую подготовку производства сварных конструкций.

ПК 2.2. Выбирать вид и параметры режимов обработки материала с учетом применяемой технологии.

ПК 3.1. Определять причины, приводящие к образованию дефектов в сварных соединениях.

ПК 3.3. Разрабатывать меры по предупреждению и устранению дефектов сварных соединений и изделий.

ПК 4.4. Организовывать ремонт и техническое обслуживание сварочного оборудования.

В результате выполнения практических занятий по дисциплине **ОП.08 Электротехника и электроника** обучающиеся должны:

уметь:

- выбирать электрические, электронные приборы и электрооборудование;
- производить расчеты простых электрических цепей;
- рассчитывать параметры различных электрических цепей и схем;
- снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями

знать:

- классификацию электронных приборов, их устройство и область применения;
- методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей;
- параметры электрических схем и единицы их измерения;
- способы получения, передачи и использования электрической энергии;
- характеристики и параметры электрических и магнитных полей, параметры различных электрических цепей

Описание каждого практического занятия содержит: раздел, тему, количество часов, цели работы, что должен знать и уметь обучающийся, теоретическую часть, порядок выполнения работы, контрольные вопросы, учебно-методическое и информационное обеспечение.

На выполнение практических занятий по дисциплине **ОП.08 Электротехника и электроника** отводится *28 часов*.

Содержание практических занятий

Практическая работа №1

«Расчет параметров при смешанном соединении конденсаторов»

Раздел 1. Основы электростатики

Тема 1: Электрическое поле

Количество часов: 2

Цели:

- Научиться рассчитывать и определять параметры при смешанном соединении конденсаторов;
- Научиться проводить анализ работы электрических цепей при изменении режимов работы отдельных участков цепи.

Теоретическая часть:

Конденсатор – система из двух разделенных диэлектриком проводников, на которых могут накапливаться заряды противоположных знаков. Конденсаторы различают: по емкости (постоянной и переменной), по форме (плоские, цилиндрические, сферические), по роду диэлектрика (воздушные, керамические, электролитические, слюдяные).

Расчет электрической цепи производится для различного вида соединений методом «свертывания». Для определения эквивалентной емкости свернуть цепь по направлению к источнику питания. Ветвь, в которую включен источник, сворачивается в последнюю очередь.

Ветвь электрической цепи- это участок, расположенный между двумя узлами.

В процессе свертывания цепи (при замене группы конденсаторов одним конденсатором) строить схемы замещения. В каждой схеме замещения показывать емкость. В конце свертывания определить эквивалентную емкость, общее напряжение в ветвях.

Основным параметром конденсаторов является электрическая емкость, характеризующая отношения заряда, сообщенного проводником к напряжению который этот заряд создает на поверхности проводника $C=q/U(\Phi)$. Для получения нужной электроемкости, конденсаторы соединяют друг с другом параллельно, последовательно и смешанно.

1. при последовательном соединении конденсаторов:

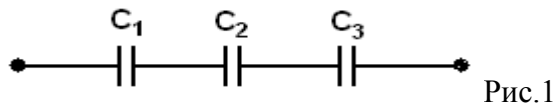


Рис.1

1. Заряды, независимо от емкости равны:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3, \text{ Кл}$$

2. Общее напряжение:

$$U = U_1 + U_2 + U_3, \text{ В}$$

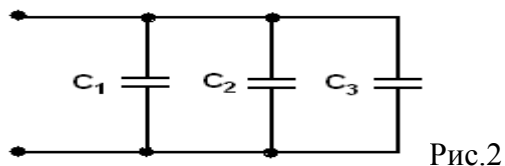
3. Напряжение на каждом конденсаторе:

$$U_1 = \frac{Q}{C_1}; \quad U_2 = \frac{Q}{C_2}; \quad U_3 = \frac{Q}{C_3}$$

4. Эквивалентная емкость находится из формулы

$$C_{\text{эkv}} = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3}{C_1 \cdot C_2 + C_2 \cdot C_3 + C_1 \cdot C_3}$$

2. при параллельном соединении конденсаторов



1. Общий заряд:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \text{ Кл}$$

2. На всех конденсаторах – одно напряжение:

$$U = U_1 = U_2 = U_3, \text{ В}$$

3. Напряжение на каждом конденсаторе:

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1}; \quad U_2 = \frac{Q_2}{C_2}; \quad U_3 = \frac{Q_3}{C_3}$$

4. Эквивалентная емкость:

$$C_{\text{эkv}} = C_1 + C_2 + C_3$$

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать электрическую цепь при смешанном соединении конденсаторов.
2. Начертить схему цепи для своего варианта (таблица № 1)
3. Определить следующие величины, относящиеся к данной цепи.
 - 3.1. Эквивалентную емкость цепи.
 - 3.2. Общий заряд, приложенный к цепи.
 - 3.3. Напряжение на каждом конденсаторе.

Таблица №1

| № варианта | № рисунка | C ₁ мкФ | C ₂ мкФ | C ₃ мкФ | C ₄ мкФ | C ₅ мкФ | U |
|------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 4 | 12 | 10 | U=75 В |
| 2 | 2 | 40 | 10 | 4 | 6 | 10 | U=25 В |
| 3 | 3 | 30 | 12 | 8 | 6 | 10 | U=100 В |
| 4 | 4 | 8 | 30 | 6 | 20 | 10 | U=120 В |
| 5 | 5 | 60 | 30 | 10 | 1 | 10 | U=10 В |
| 6 | 6 | 4 | 6 | 4 | 8 | 10 | U=54 В |
| 7 | 7 | 40 | 10 | 14 | 10 | 10 | U=120 В |
| 8 | 8 | 10 | 2 | 3 | 1 | 10 | U=30 В |
| 9 | 1 | 7 | 3 | 60 | 30 | 10 | U=270 В |
| 10 | 2 | 5 | 11 | 90 | 10 | 10 | U=125 В |
| 11 | 3 | 6 | 30 | 6 | 20 | 10 | U=15 В |
| 12 | 4 | 4 | 15 | 5 | 30 | 10 | U=64 В |
| 13 | 5 | 4 | 6 | 20 | 5 | 10 | U=140 В |
| 14 | 6 | 11 | 1 | 60 | 15 | 10 | U=20 В |
| 15 | 7 | 4 | 12 | 5 | 1 | 10 | U=200 В |
| 16 | 8 | 10 | 90 | 20 | 5 | 10 | U=260 В |
| 17 | 1 | 5 | 8 | 11 | 13 | 10 | U=10 В |
| 18 | 2 | 10 | 90 | 1 | 2 | 10 | U=48 В |
| 19 | 3 | 2 | 3 | 30 | 20 | 10 | U=68 В |
| 20 | 4 | 3 | 30 | 6 | 2 | 10 | U=8 В |

| | | | | | | | |
|----|---|----|----|----|----|----|---------|
| 21 | 5 | 6 | 20 | 10 | 5 | 10 | U=100B |
| 22 | 6 | 24 | 8 | 9 | 10 | 10 | U=120B |
| 23 | 7 | 40 | 2 | 6 | 10 | 10 | U=25 B |
| 24 | 8 | 3 | 60 | 30 | 30 | 10 | U=60 B |
| 25 | 1 | 12 | 8 | 5 | 6 | 10 | U=90B |
| 26 | 3 | 6 | 4 | 2 | 6 | 10 | U=1 8 B |
| 27 | 4 | 24 | 8 | 4 | 8 | 10 | U=100B |
| 28 | 8 | 10 | 20 | 2 | 4 | 10 | U=200B |
| 29 | 5 | 5 | 3 | 60 | 15 | 10 | U=10 B |
| 30 | 6 | 5 | 6 | 20 | 5 | 10 | U=60 B |

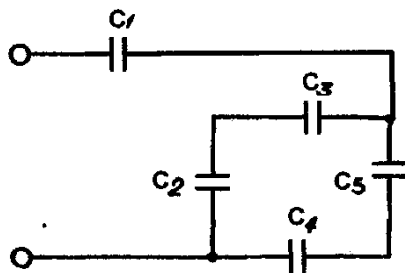


Схема 1

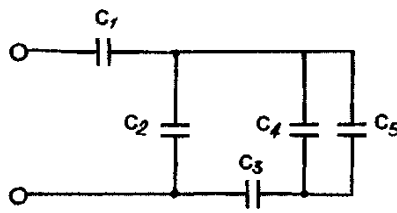


Схема 2

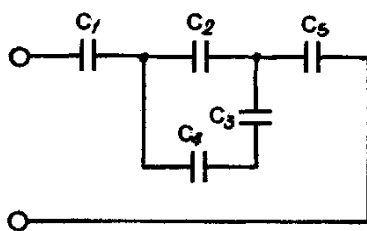


Схема 3

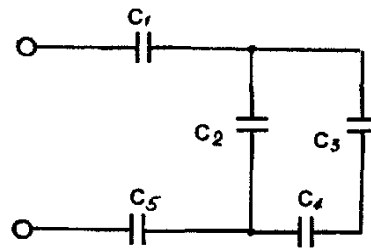


Схема 6

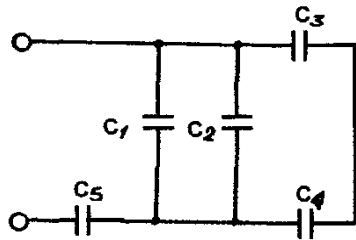


Схема 5

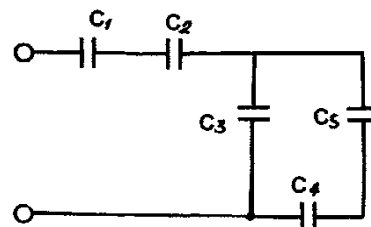


Схема 7

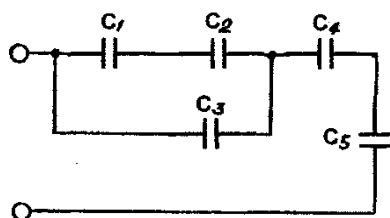


Схема 7

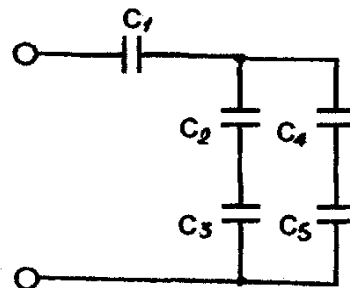


Схема 8

Контрольные вопросы:

- 5.1. Что такое конденсатор?
- 5.2. Дать определение электрической емкости?
- 5.3. Какое поле называется электрическим?
- 5.4. Что такое потенциал?
- 5.5. Чему равна сила взаимодействия двух зарядов?

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания в расчетной части.
Продemonстрировал умение применять теоретические знания при выполнении задания. Уверенно выполнил действия согласно условию задания.
- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.
Показал теоретические знания при расчетах, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.
- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.
- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.
Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.
Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.
Не выполнил норматив на положительную оценку.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

основная литература:

1. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719>— Текст : электронный.
2. Султангараев, И. С., Электротехника. Практикум (с примерами решения задач) : учебное пособие / И. С. Султангараев. — Москва : КноРус, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-406-11241-0. — URL: <https://book.ru/book/948696>— Текст : электронный.

дополнительная литература:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2024. — 318 с. — ISBN 978-5-406-12293-8. — URL: <https://book.ru/book/950679>— Текст : электронный.

Практическая работа №2

«Расчёт эквивалентного сопротивления цепи»

Раздел 2. Электротехника

Тема 2.1: Электрические цепи постоянного тока

Количество часов: 2

Цели: Научиться применять метод «расчета эквивалентного сопротивления цепи» при смешанном соединении сопротивлений.

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Выполнить расчеты по формулам;
- Ответить на контрольные вопросы;
- Сделать выводы по работе.

Теоретическая часть:

Расчет цепей начинается с определения эквивалентного сопротивления. Электрическая цепь может содержать несколько приемников энергии, имеющие различные сопротивления. При расчете цепей приходится сталкиваться с различными схемами соединений потребителей.

1. Последовательное соединение – это такое соединение, при котором к концу одного резистора присоединяется начало второго и при этом образуется неразветвленная цепь или участок цепи. (рис.1)

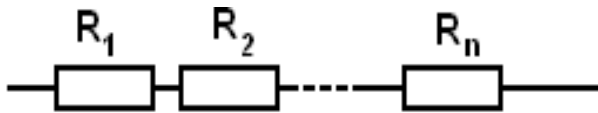


Рис.1. Последовательное соединение

Падение напряжения на всем участке цепи равно сумме падений напряжения на каждом резисторе:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad U_1 = I \cdot R_1, \quad U_2 = I \cdot R_2, \quad U_3 = I \cdot R_3 \text{ и т. д.}$$

Эквивалентное сопротивление участка цепи равно сумме сопротивлений отдельных резисторов:

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Мощность резисторов определяется по формулам:

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

2. Параллельное соединение – это такое соединение, когда начала всех резисторов, соединены в один узел, а концы – в другой. (рис.2)

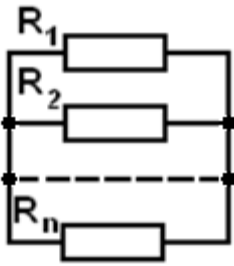


Рис.2. Параллельное соединение

Для параллельного соединения характерно одинаковое падение напряжения на каждом резисторе и на всем участке

$$U_1 = U_2 = U_3 = U$$

Сила тока в параллельных ветвях обратно пропорциональна сопротивлениям:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Сила тока в неразветвленной цепи равна сумме сил токов всех ветвей:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

Эквивалентное сопротивление двух ветвей:

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Эквивалентное сопротивление трёх ветвей:

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3}$$

Порядок выполнения работы

Задание: Определить эквивалентное сопротивление цепи («сворачивают» цепь), токи во всех ветвях и напряжения на каждом сопротивлении, если напряжение $U=120$ В

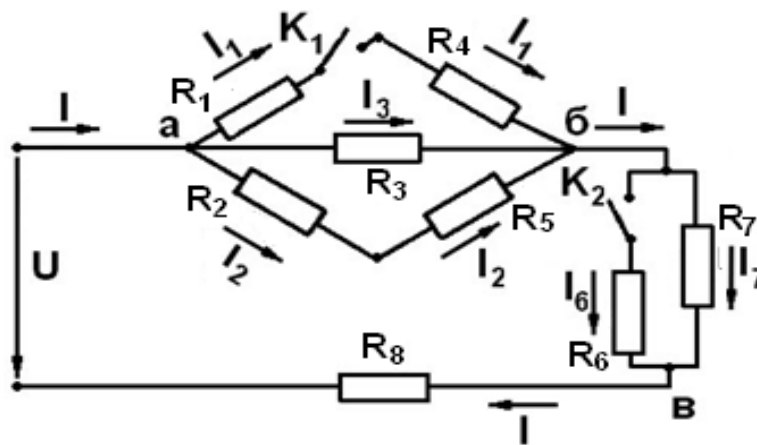


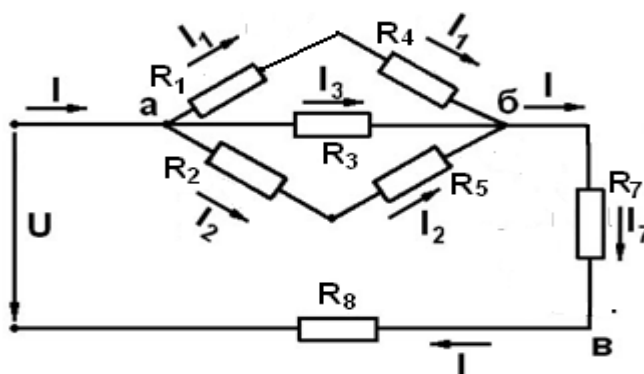
Таблица 1

| Вариант | Положение ключей | | R ₁ , Ом | R ₂ , Ом | R ₃ , Ом | R ₄ , Ом | R ₅ , Ом | R ₆ , Ом | R ₇ , Ом | R ₈ , Ом |
|---------|------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | K ₁ | K ₂ | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 2 | 0 | 1 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 3 | 1 | 0 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 4 | 0 | 1 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 8 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 9 | 0 | 1 | 6 | 4 | 2 | 3 | 2 | 8 | 4 | 2 |
| 10 | 1 | 0 | 2 | 1,5 | 1 | 3 | 1,5 | 6 | 3 | 3 |
| 11 | 1 | 0 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 12 | 0 | 1 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 13 | 1 | 0 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 14 | 0 | 1 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 15 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 16 | 0 | 1 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 17 | 0 | 1 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 18 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 19 | 0 | 1 | 6 | 4 | 2 | 3 | 2 | 8 | 4 | 2 |
| 20 | 1 | 0 | 2 | 1,5 | 1 | 3 | 1,5 | 6 | 3 | 3 |
| 21 | 1 | 0 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 22 | 0 | 1 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 23 | 1 | 0 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 24 | 0 | 1 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | 3 |
| 25 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 26 | 0 | 1 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 27 | 0 | 1 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 28 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 1,5 | 3 | 1,5 | 2 | 4 |
| 29 | 0 | 1 | 6 | 4 | 2 | 3 | 2 | 8 | 4 | 2 |
| 30 | 1 | 0 | 2 | 1,5 | 1 | 3 | 1,5 | 6 | 3 | 3 |

PS: 0 - ключ разомкнут, т.е. отключен; **1** – ключ замкнут, т.е. включен

Порядок выполнения работы

1. Согласно своего варианта выбрать данные из табл.1, начертить исходную схему.



| Вариант | Положение ключей | | R ₁ , Ом | R ₂ , Ом | R ₃ , Ом | R ₄ , Ом | R ₅ , Ом | R ₆ , Ом | R ₇ , Ом | R ₈ , Ом |
|---------|------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | K ₁ | K ₂ | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 1,5 | 2 | 1 | 3 | 1,5 | 3 | 3 | 6 |

2. Рассчитать последовательное соединение R₁-R₄.
3. Рассчитать параллельное соединение R₁₄-R₃.
4. Рассчитать последовательное соединение R₂-R₅.
5. Рассчитать параллельное соединение R₁₃₄-R₂₅.
6. Найти эквивалентное сопротивление, рассчитав последовательное соединение R₁₂₃₄₅-R₇₈.
7. Найти общий ток в цепи.
8. Найти токи на сопротивлениях R₇ и R₈.
9. Найти напряжения на сопротивлениях R₇ и R₈.
10. Найти напряжение между точками: а и б.
11. Найти ток на сопротивлениях R₁ и R₄; R₂ и R₅.
12. Найти ток на сопротивлении R₃.

Выводы: методом расчета эквивалентного сопротивления резисторов при их смешанном соединении получены такие результаты:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$1,8 + 2,3 + 8,4 = 12,5A$$

$$12,5A \approx 12,4A$$

Контрольные вопросы:

1. Что называется электрическим током и какое он имеет направление во внешней и во внутренней цепях источника тока?
2. Что называется падением напряжения на участке цепи?
3. Как соединены проводники, если по ним проходит один и тот же ток?
4. Напишите формулы для вычисления общего сопротивления при последовательном и параллельном соединении проводников.

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания в расчетной части.
Продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении задания. Уверенно выполнил действия согласно условию задания.
- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.
Показал теоретические знания при расчетах, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.
- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.
- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.
Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.
Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.
Не выполнил норматив на положительную оценку.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

основная литература:

1. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719>— Текст : электронный.
2. Султангараев, И. С., Электротехника. Практикум (с примерами решения задач) : учебное пособие / И. С. Султангараев. — Москва : КноРус, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-406-11241-0. — URL: <https://book.ru/book/948696>— Текст : электронный.

дополнительная литература:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2024. — 318 с. — ISBN 978-5-406-12293-8. — URL: <https://book.ru/book/950679>— Текст : электронный.

Практическая работа №3
«Расчёт электрических цепей постоянного тока
при смешанном соединении резисторов»

Раздел 2. Электротехника

Тема 2.1: Электрические цепи постоянного тока

Количество часов: 2

Цель: Научиться рассчитывать электрическую цепь постоянного тока и определять основные параметры при смешанном соединении резисторов;

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Выполнить расчеты по формулам;
- Ответить на контрольные вопросы;
- Сделать выводы по работе.

Теоретическая часть:

- Электрической цепью называют совокупность устройств, предназначенных для получения, передачи, преобразования и использования электрической энергии. Электрическая цепь состоит из отдельных устройств: источников электрической энергии; потребителей электрической энергии; коммутационной аппаратуры для включения и отключения цепи; электроизмерительных приборов; проводов.
- Расчет электрической цепи производится для различного вида соединений методом «свертывания». Поставить на схеме узлы и токи, определить, как включены резисторы. Для определения эквивалентного сопротивления свернуть цепь по направлению к источнику питания. Ветвь, в которую включен источник, сворачивается в последнюю очередь.
- Ветвь электрической цепи — это участок, расположенный между двумя узлами.
- В процессе свертывания цепи (при замене группы резисторов одним резистором) строить схемы замещения. В каждой схеме замещения показывать сопротивление, узлы соединения. В конце свертывания определить эквивалентное сопротивление, общее напряжение в ветвях. Для определения токов в ветвях начинать двигаться от последней схемы к первой. Для определения токов в ветвях необходимо знать сопротивление и напряжение этой ветви (**нельзя** для определения напряжения брать напряжение, приложенное к цепи). Для определения напряжения в ветвях необходимо вернуться к предыдущей схеме, найти этот участок (ветвь) и определить там напряжение

Порядок выполнения работы:

Задание 1. На рисунке 1.1 задана электрическая цепь постоянного тока смешанного соединения, состоящая из 7 резисторов. Даны значения сопротивлений резисторов, и одна из величин, действующих на входе цепи: напряжение, ток или мощность. Исходные данные сведены в таблицу 1.1:

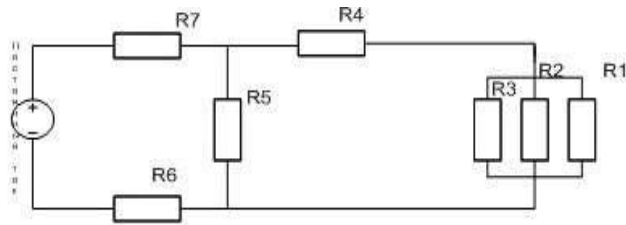


Рисунок 1.1 – Расчетная электрическая цепь

Таблица 1.1– Исходные данные для задачи 1

| P | U | I | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 |
|----|-----|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Вт | В | А | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом |
| ? | 240 | ? | 10 | 20 | 60 | 9 | 30 | 2 | 4 |

Определить:

$R_{э\text{кв}}$ – эквивалентное сопротивление цепи,

P – мощность, потребляемая цепью,

$I_{вх}$ – силу тока на входе цепи, или напряжение источника, в зависимости от заданной величины,

U_i, I_i – токи и напряжения на всех элементах цепи, а также $W_{эл}$ – расход энергии за 8 часов работы цепи.

Задача относится к теме "Электрические цепи постоянного тока".

Проводим поэтапное решение, предварительно обозначив стрелкой ток в каждом резисторе: номер тока должен соответствовать номеру резистора, по которому он проходит.

Решение.

I. Определение эквивалентного сопротивления цепи:

Для определения эквивалентного сопротивления цепи применяется метод «свертывания» цепи.

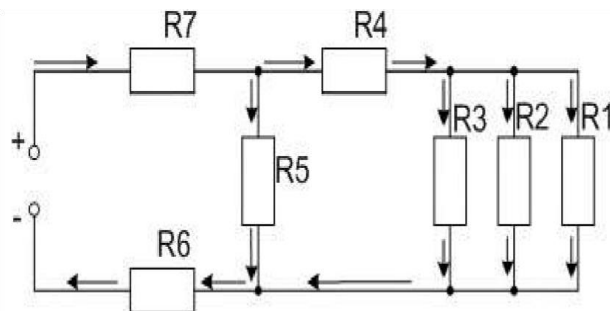


Рисунок 1.1(а) – Исходная заданная цепь.

Предполагаемое направление токов в элементах заданной цепи

«Свертывание» электрической цепи начинают с её конца.

1.1. В данном случае с группы резисторов R_1, R_2 и R_3 , включенных параллельно. При параллельном соединении складываются проводимости ветвей. Общее сопротивление группы определится как величина обратная суммарной проводимости:

1.2.

$$R_{123} = \frac{1}{g_{123}}, \text{ где: } g_{123} = g_1 + g_2 + g_3 = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{6+3+1}{60} = \frac{10}{60} = \frac{1}{6} \text{ Ом}$$

Найдем обратную величину : $R_{123} = 6 \text{ Ом}$

Сейчас 3 резистора можно заменить одним $- R_{123}$.

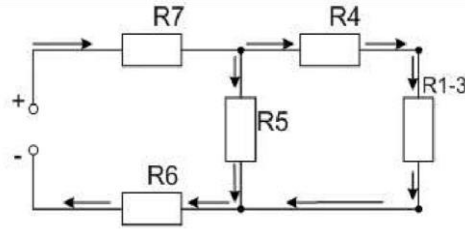


Рисунок 1.2

В полученной цепи резисторы R_{123} и R_4 соединены последовательно. При последовательном соединении общее сопротивление определяется суммой номиналов резисторов: $R_{1234} = R_{123} + R_4 = 6 + 9 = 15 \text{ Ом}$.

Вновь преобразуем схему, заменив 2 резистора на один им эквивалентный:

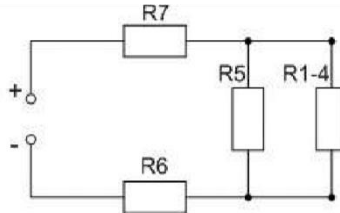


Рисунок 1.3 – 2 шаг упрощения цепи.

1.3. В новой схеме легко заменить образовавшуюся пару с параллельным включением R_{1234} и R_5 . Найдем их общее сопротивление, воспользовавшись формулой для двух параллельно включенных резисторов:

$$R_{\text{эkv}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{30 \cdot 15}{30 + 15} = 10 \text{ Ом}$$

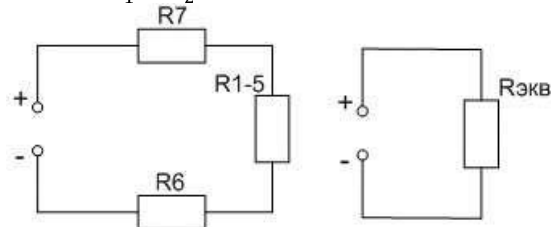


Рисунок 1.5 а) – 3 шаг упрощения цепи; б) – Упрощенная цепь.

1.4. После этого, схема преобразуется в схему цепи с простейшим соединением, а именно: R_7 , R_6 и R_{1-5} включены последовательно, сумма этих сопротивлений является последним шагом в определении эквивалентного сопротивления –

$R_{\text{эkv}}$.

$$R_{\text{эkv}} = R_7 + R_6 + R_{1-5} = 4 + 2 + 10 = 16 \text{ Ом}.$$

II. Определение тока на входе цепи

Для этого воспользуемся законом Ома: $I = \frac{U}{R}$

2.1

Так как напряжение $U = 240$ В приложено ко всей цепи имеющей эквивалентное сопротивление – $R_{\text{ЭКВ}} = 16$ Ом, тогда согласно закону Ома :

$$I_{\text{ВХ}} = \frac{U}{R_{\text{ЭКВ}}}, \quad I_{\text{ВХ}} = \frac{U}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{240}{16} = 15 \text{ А}$$

III. Расчет токов и напряжений в каждом элементе цепи.

Последний этап решения задачи начинается от входных зажимов, поэтому вернёмся к начальной схеме.

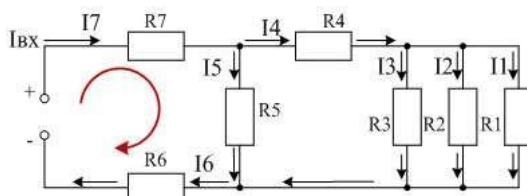


Рисунок 1.7 – Исходная заданная цепь. 1 контур

Запишем уравнение по 2-у закону Кирхгофа для первого от входных зажимов контура:

$$E = U_{\text{ВХ}} = I_7 \cdot R_7 + I_5 \cdot R_5 + I_6 \cdot R_6$$

Учитывая, что «входной» ток равен «выходному», имеем: $I_{\text{ВХ}} = I_7 = I_6 = 15$ А, тогда, зная значение токов и величины сопротивлений, можно по закону Ома (для участка цепи) найти падения напряжения на резисторах R_7 и R_6 : $U_7 = I_7 \cdot R_7 = 15 \cdot 4 = 60$ В.

$$U_6 = I_6 \cdot R_6 = 15 \cdot 2 = 30 \text{ В.}$$

После чего, напряжение на R_5 можно определить из 2 закона Кирхгофа: $U_5 = U_{\text{ВХ}} - U_7 - U_6 = 240 - 60 - 30 = 150$ В.

Ток I_5 найдем по закону Ома: $I_5 = U_5 / R_5 = 150 / 30 = 5$ А.

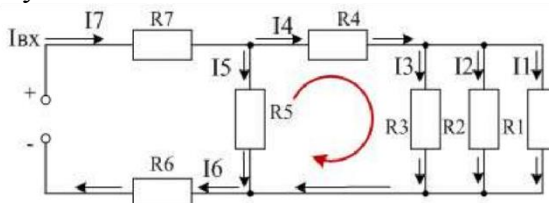


Рисунок 1.8 – Исходная заданная цепь. 2 контур

В исходной цепи по 2-у закону Кирхгофа для 2-го контура имеем:

$0 = U_4 + U_3 - U_5$, где: $U_3 = U_2 = U_1 = U_{123}$, действительно, цепочка из резистора R_4 и группы R_{123} (R_1, R_2, R_3) включена параллельно резистору R_5 .

Следовательно: $U_5 = (U_3 + U_4)$

Тогда: $U_3 + U_4 = 150$ В.

По 1 закону Кирхгофа запишем

Для узла А : $I_7 = I_5 + I_4$,

Для узла В: $I_4 = I_1 + I_2 + I_3$.

Найдем ток и напряжение на резисторе R_4 :

$$I_4 = I_7 - I_5 = 15 - 5 = 10 \text{ А}; \quad U_4 = I_4 \cdot R_4 = 10 \cdot 9 = 90 \text{ В}$$

3.4 Так как R_1, R_2 и R_3 , включены параллельно, то напряжения на каждом из них одинаковые $U_1 = U_2 = U_3 = U_{123}$ $U_{123} = U_5 - U_4 = 150 - 90 = 60$ В.

$$I_1 = U_{123} / R_1 = 60 : 10 = 6 \text{ А.}$$

$$I_2 = U_{123} / R_2 = 60 : 20 = 3 \text{ А.}$$

$$I_3 = U_{123} / R_3 = 60 : 60 = 1 \text{ А.}$$

Выполним проверку по первому закону Кирхгофа: $I_4 = I_1 + I_2 + I_3$.

$10A = 6A + 3A + 1A$ - равенство выполняется, следовательно, задача решена, верно. IV. Определение мощности и расхода энергии.

Мощность потребляемая цепью:

$$P = I \cdot U = 15 \cdot 240 = 3600 \text{ Вт}$$

$$\text{или } P = I^2 \cdot R_{\text{э.кв.}} = 15^2 \cdot 16 = 225 \cdot 16 = 3600 \text{ Вт}$$

Расход энергии цепью за восемь часов работы:

$$W_{\text{эл}} = P \cdot t = I \cdot U \cdot t = 15 \cdot 240 \cdot 8 = 28800$$

$$\text{Вт} \cdot \text{ч} = 28,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Результаты расчета записать в таблицу 1.3:

Таблица 1.3– Результаты расчета задачи 1.1

| $R_{\text{э.кв}}$ | $U_{\text{вх}}$ | $I_{\text{вх}}$ | U_1 | I_1 | U_2 | I_2 | U_3 | I_3 | U_4 | I_4 | U_5 | I_5 | U_6 | I_6 | U_7 | I_7 | P | W за 8 ч |
|-------------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|----------|
| Ом | В | А | В | А | В | А | В | А | В | А | В | А | В | А | В | А | кВт | кВт*ч |
| 16 | 240 | 15 | 60 | 6 | 60 | 3 | 60 | 1 | 90 | 10 | 150 | 5 | 30 | 15 | 60 | 15 | 3,6 | 28,8 |

Ход работы

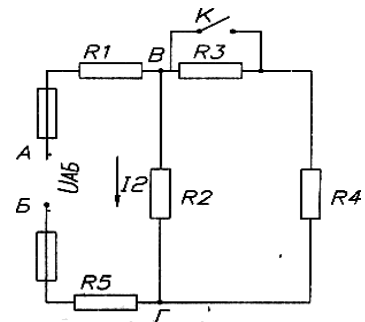
Рассчитать электрическую цепь постоянного тока по данным варианта.

Вариант 1

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 20 ч

Дано: $R_1=8 \text{ Ом}$ $R_2=6 \text{ Ом}$ $R_3=8 \text{ Ом}$
 $R_4=30 \text{ Ом}$ $R_5=10 \text{ Ом}$ $U_{\text{вг}}=20 \text{ В}$

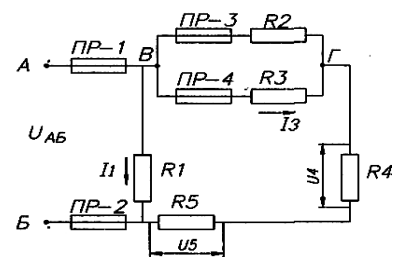


Вариант 2

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 10 ч

Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$; $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=2 \text{ Ом}$;
 $U_4 = 30 \text{ В}$.



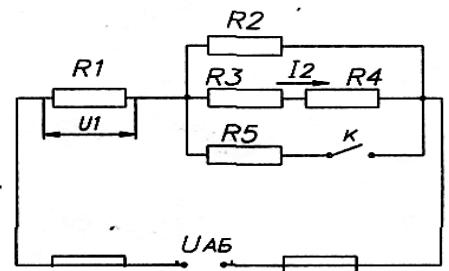
Вариант 3

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Напряжения на каждом сопротивлении
- 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью, если 1 кВт ч стоит 4.00 руб.

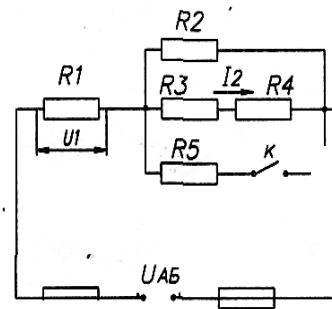
Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=11 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=10 \text{ Ом}$; $R_5=9 \text{ Ом}$; $U_{\text{общ}}=200 \text{ В}$

Вариант 4



Для цепи постоянного тока определить:

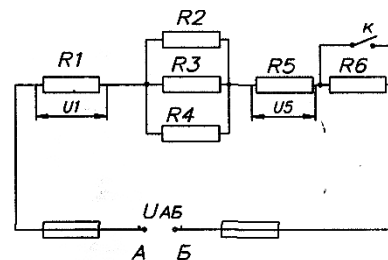
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность на каждом сопротивлении
 - 4 Расход энергии цепью за 20 ч.
- Дано: $R_1=6 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=8 \text{ Ом}$;
 $R_4=7 \text{ Ом}$; $R_5=6 \text{ Ом}$;
 5 $U_{AB}=120 \text{ В}$



Вариант 5

Для цепи постоянного тока определить:

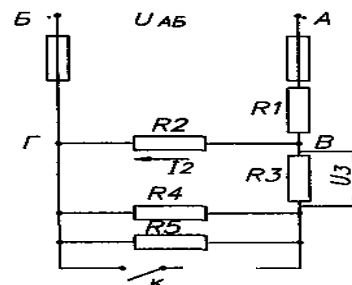
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Напряжения на каждом сопротивлении
 - 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 100 ч., если 1 кВт ч стоит 4руб.
- Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$; $R_4=6 \text{ Ом}$; $R_5=70 \text{ Ом}$;
 $R_6=10 \text{ Ом}$; $U_1=45 \text{ В}$



Вариант 6

Для цепи постоянного тока определить:

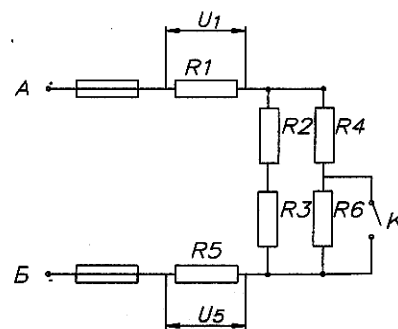
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Напряжения на каждом сопротивлении
 - 4 Расход энергии цепью за 50 ч.
- Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=10 \text{ Ом}$; $R_5=15 \text{ Ом}$; $U_3=60 \text{ В}$



Вариант 7

Для цепи постоянного тока определить;

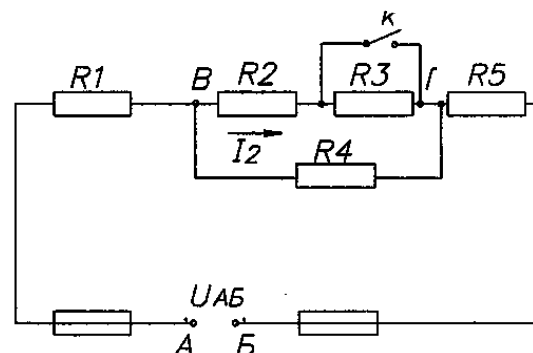
1. Эквивалентное сопротивление
 2. Токи в каждом сопротивлении
 3. Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
 4. Стоимость энергии, потребляемой цепью за 70 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.
- Дано: $R_1=1 \text{ Ом}$; $R_2=8 \text{ Ом}$; $R_3=2 \text{ Ом}$;
 $R_4=15 \text{ Ом}$; $R_5=3 \text{ Ом}$; $R_6=5 \text{ Ом}$; $I_{\text{общ}}=6 \text{ А}$.



Вариант 8

Для цепи постоянного тока определить:

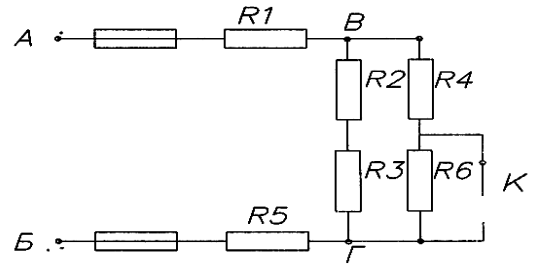
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
 - 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 80 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.
- Дано: $R_1=3 \text{ Ом}$; $R_2=8 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$; $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=4 \text{ Ом}$;
 $R_6=10 \text{ Ом}$; $I_2=4 \text{ А}$.



Вариант 9

Для цепи постоянного тока определить:

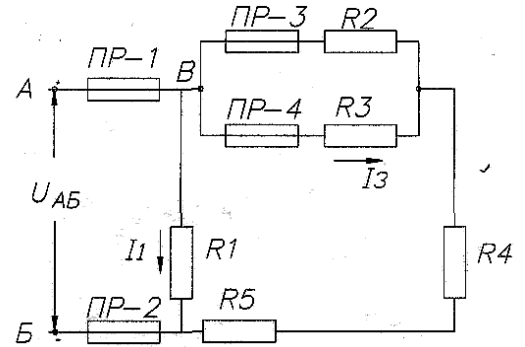
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
 - 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 70 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.,
- Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=8 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=3 \text{ Ом}$; $R_6=5 \text{ Ом}$; $I_5=6 \text{ А}$.



Вариант 10

Для цепи постоянного тока определить:

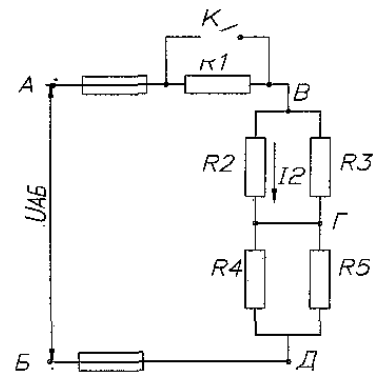
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
 - 4 Расход энергии цепью за 100 ч
- Дано: $R_1=12 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=20 \text{ Ом}$; $I_3=4 \text{ А}$



Вариант 11

Для цепи постоянного тока определить:

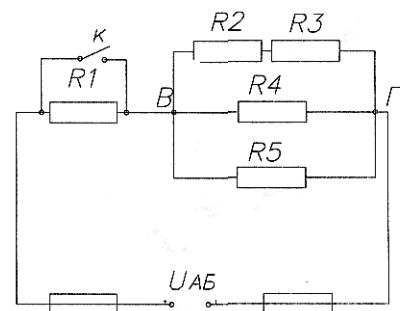
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
 - 4 Количество тепла, выделяемое на сопротивление R_2 за 10 ч
- Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=20 \text{ Ом}$; $R_3=5 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=12 \text{ Ом}$; $U_{ДВ} = 12 \text{ В}$



Вариант 12

Для цепи постоянного тока определить:

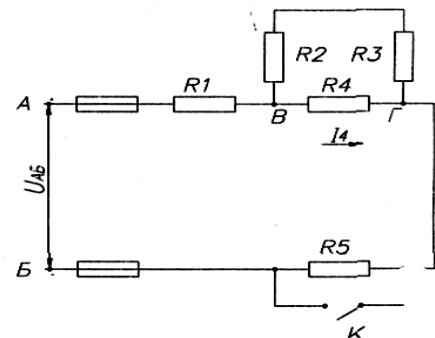
- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Напряжения на каждом сопротивлении
 - 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 300 ч., если 1 кВт ч стоит 4руб.
- Дано: $R_1=8 \text{ Ом}$; $R_2=12 \text{ Ом}$; $R_3=8 \text{ Ом}$;
 $R_4=5 \text{ Ом}$; $R_5=4 \text{ Ом}$; $I_{\text{общ}} = 10 \text{ А}$



Вариант 13

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
 - 2 Токи в каждом сопротивлении
 - 3 Мощность на каждом сопротивлении
 - 4 Расход энергии цепью за 200 ч
- Дано: $R_1=80 \text{ Ом}$ $R_2=60 \text{ Ом}$ $R_3=80 \text{ Ом}$
 $R_4=300 \text{ Ом}$ $R_5=100 \text{ Ом}$ $U_{ВГ}=20 \text{ В}$

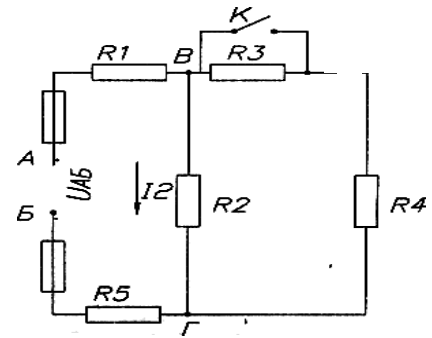


Вариант 14

Для цепи постоянного тока определить:

1. Эквивалентное сопротивление
2. Токи в каждом сопротивлении
3. Напряжения на каждом сопротивлении
4. Количество тепла, выделяемое на сопротивление R_2 за 100 ч

Дано: $R_1=2 \text{ Ом}$ $R_2=11 \text{ Ом}$ $R_3=4 \text{ Ом}$ $R_4=10 \text{ Ом}$ $R_5=40 \text{ Ом}$
 $I_{\text{общ}}=4 \text{ А}$

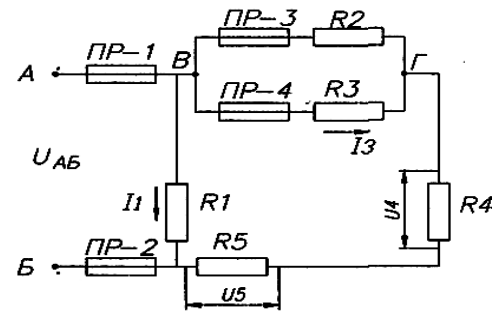


Вариант 15

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 100 ч

Дано: $R_1=12 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=20 \text{ Ом}$; $I_3=4 \text{ А}$

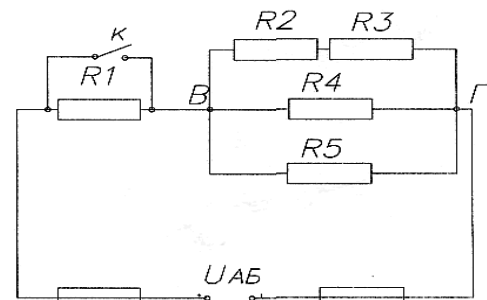


Вариант 16

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 100 ч

Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=2 \text{ Ом}$; $U_{AB} = 30 \text{ В}$.

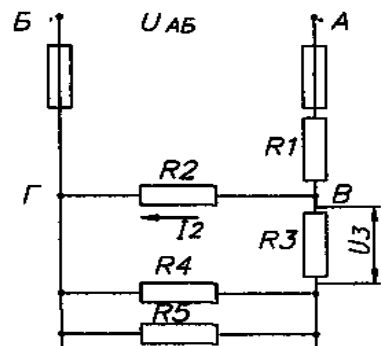


Вариант 17

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Напряжения на каждом сопротивлении
- 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 100 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.

Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$;
 $R_4=6 \text{ Ом}$; $R_5=7 \text{ Ом}$; $R_6=10 \text{ Ом}$; $U_3=45 \text{ В}$

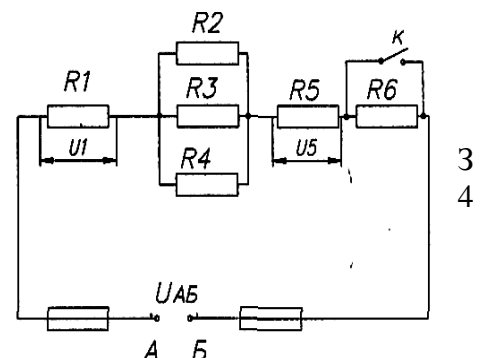


Вариант 18

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Напряжения на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 50 ч.

Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=10 \text{ Ом}$; $R_5=15 \text{ Ом}$; $U_1=60 \text{ В}$

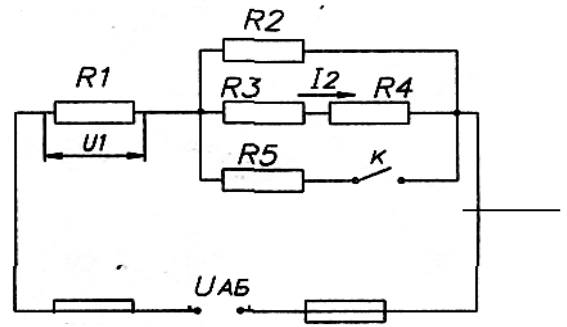


Вариант 19

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Напряжения на каждом сопротивлении
- 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью, если 1 кВт ч стоит 4 руб.

Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=11 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=10 \text{ Ом}$; $R_5=9 \text{ Ом}$; $U=200 \text{ В}$.

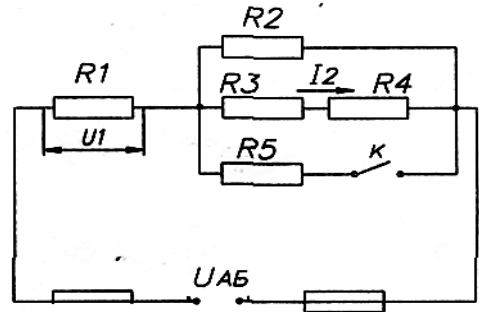


Вариант 20

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощности на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 20 ч.

Дано: $R_1=6 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=8 \text{ Ом}$;
 $R_4=7 \text{ Ом}$; $R_5=6 \text{ Ом}$; $U_{AB}=120 \text{ В}$

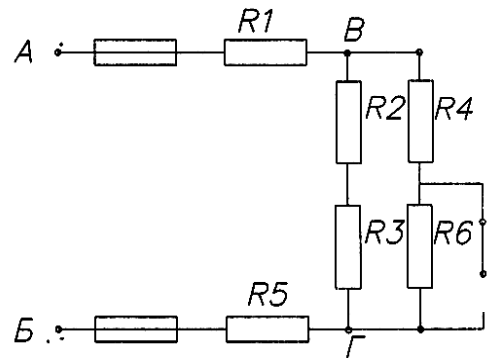


Вариант 21

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 70 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.

Дано: $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=8 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=3 \text{ Ом}$; $R_6=5 \text{ Ом}$; $I_5=6 \text{ А}$.

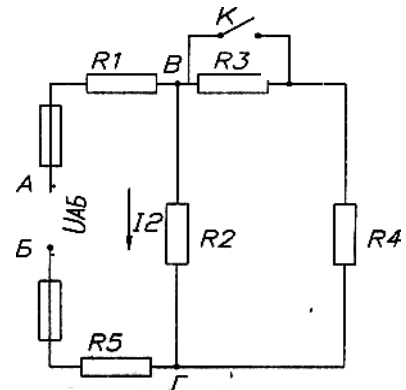


Вариант 22

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Количество тепла, выделяемое на сопротивление R2 за 10 ч

Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$; $R_2=20 \text{ Ом}$; $R_3=5 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=12 \text{ Ом}$; $U_{дв}=12 \text{ В}$.

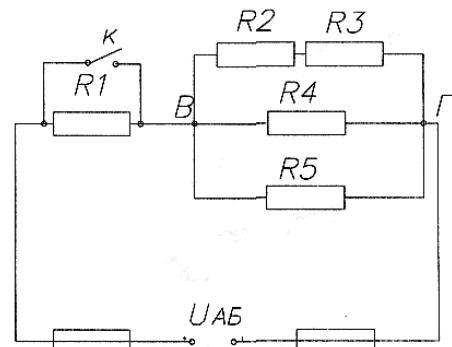


Вариант 23

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Стоимость энергии, потребляемой цепью за 70 ч., если 1 кВт ч стоит 4 руб.

Дано: $R_1=1 \text{ Ом}$; $R_2=8 \text{ Ом}$; $R_3=2 \text{ Ом}$;
 $R_4=15 \text{ Ом}$; $R_5=3 \text{ Ом}$; $R_6=5 \text{ Ом}$; $I_{\text{общ}}=4 \text{ А}$.

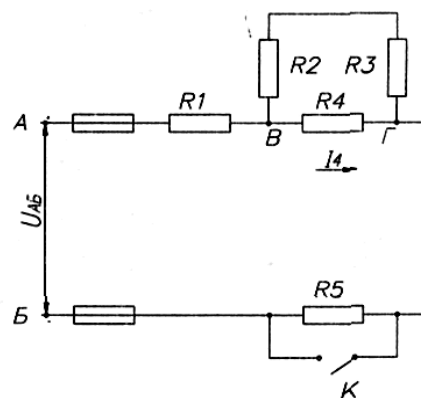


Вариант 24

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 200 ч

Дано: $R_1=80 \text{ Ом}$ $R_2=60 \text{ Ом}$ $R_3=80 \text{ Ом}$
 $R_4=300 \text{ Ом}$ $R_5=100 \text{ Ом}$ $U_{\text{вг}}=20 \text{ В}$

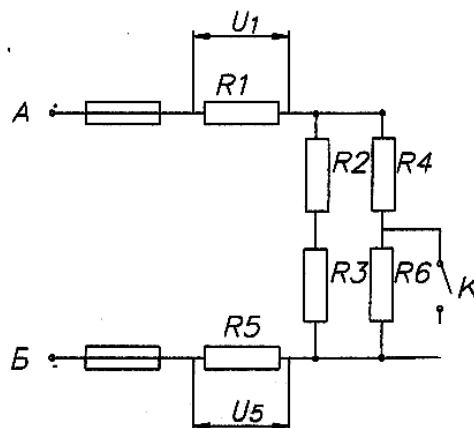


Вариант 25

Для цепи постоянного тока определить:

- 1 Эквивалентное сопротивление
- 2 Токи в каждом сопротивлении
- 3 Мощность в цепи и мощности на каждом сопротивлении
- 4 Расход энергии цепью за 100 ч

Дано: $R_1=12 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=15 \text{ Ом}$;
 $R_4=4 \text{ Ом}$; $R_5=20 \text{ Ом}$; $I_3=4 \text{ А}$



Контрольные вопросы:

1. Схема замещения – это?
2. Какое соединение называется последовательным? параллельным?
3. Сформулируйте первый закон Кирхгофа.
4. Что такое мощность? Ее единица измерения.
5. Сформулируйте второй закон Кирхгофа.

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания в расчетной части.

Продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении задания. Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при расчетах, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

основная литература:

1. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719> — Текст : электронный.

2. Султангараев, И. С., Электротехника. Практикум (с примерами решения задач) : учебное пособие / И. С. Султангараев. — Москва : КноРус, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-406-11241-0. — URL: <https://book.ru/book/948696> — Текст : электронный.

дополнительная литература:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2024. — 318 с. — ISBN 978-5-406-12293-8. — URL: <https://book.ru/book/950679> — Текст : электронный.

Практическая работа №4

«Изучение последовательного соединения резисторов и проверка закона Ома»

Раздел 2. Электротехника

Тема 2.1: Электрические цепи постоянного тока

Количество часов: 2

Цели:

1. Научиться собирать схему последовательно соединять сопротивления.
2. Опытным путём проверить, что ток в различных точках последовательной цепи имеет одну и ту же величину.
3. Убедиться, что сумма падений напряжений на отдельных сопротивлениях равна напряжению источника.

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Изучить методические указания и правила проведения лабораторных работ;
- Изучить правила сборки электрической схемы;
- Изучить правила техники безопасности в лаборатории «Электротехника»
- Измерить напряжение на резисторах;
- Измерить силу тока электрической цепи;
- Заполнить таблицу;
- Сделать выводы по работе.

Материальное обеспечение: лабораторный стенд; соединительные провода, амперметр до 1 А- 3 шт., вольтметр до 100 В- 1шт., резисторы $R_1= 100 \text{ Ом}$, $R_2= 220 \text{ Ом}$, $R_3= 470 \text{ Ом}$. источник питания – ЛАТР до 50В.

Теоретическая часть: Электрические цепи могут состоять из нескольких отдельных участков, соединённых между собой каждый из которых имеет электрическое сопротивление.

Резистор - это структурный элемент электрической цепи, назначение которого оказывать известное (номинальное) сопротивление электрическому току. При последовательном соединении нескольких потребителей подключить к источнику то в любой точке такой цепи величина тока будет одинакова. На каждом из последовательно соединённых сопротивлений ток создает падение напряжения, которое подсчитывается по формуле $U=I \cdot R$ (В)

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с лабораторным стендом.
2. Собрать схему, согласно рис.1

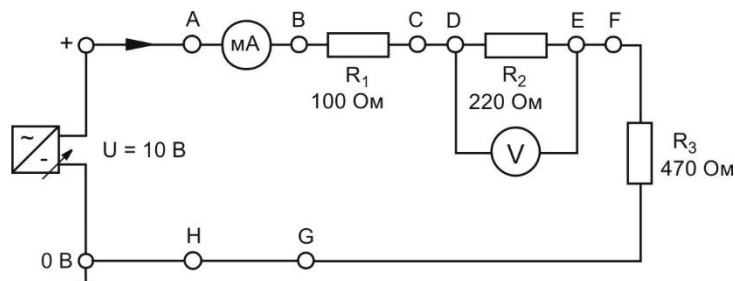


Рисунок 1 - Последовательное соединение резисторов.

- 3 Подключить схему к источнику тока и записать показания амперметра:
 - 3.1 подключить амперметр последовательно в любую другую точку цепи и убедиться в том, что показания совпадают с результатами первого измерения;

3.2 подключить вольтметр на первое сопротивление и измерить падение напряжения;

3.3. аналогично измерить и записать величины падений напряжений на втором и третьем сопротивлениях U_2 и U_3

3.4. используя формулу закона Ома для участка цепи, вычислить сопротивление всей цепи:

$$R'_0 = R_1 + R_2 + R_3$$

3.5. путем подсчетов проверить равенство $U_{06} = U_1 + U_2 + U_3$

3.6. Заполнить таблицу 1.

Таблица 1

| № | Измерить | | | | | | | Вычислить | | | | | |
|---|------------|------------|------------|---------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| | I_1 А | I_2 А | I_3 А | U_{06} В | U_1 В | U_2 В | U_3 В | R_1 Ом | R_2 Ом | R_3 Ом | R'_0 Ом | U_{06} В | I_{06} А |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |

Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) схемы экспериментов;
- в) таблицы полученных экспериментальных данных;
- г) результаты отчета;
- д) выводы по работе

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение называется последовательным?
2. Приведите примеры последовательного соединения потребителей?
3. Почему электрические лампы для освещения помещений не соединяются последовательно?
4. Изменится показание амперметра, если в схему данной лабораторной работы включить еще одну лампу?
5. Зависимость сопротивления от длины, сечения и материала проводника.

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания по сборке электрической схемы.

Продemonстрировал умение применять теоретические знания/правила выполнения/технологию при выполнении задания.

Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при сборке электрической схемы, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

Основные источники:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника: учебник / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-406-11277-9. — URL: <https://book.ru/book/948617>— Текст: электронный.
2. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум: учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2022. — 318 с. — ISBN 978-5-406-09932-2. — URL: <https://book.ru/book/943944>— Текст: электронный
3. Мартынова, И. О., Электротехника: учебник / И. О. Мартынова. — Москва: КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719> — Текст: электронный.

Дополнительные источники:

1. Мартынова, И.О.. Электротехника. Лабораторно-практические работы: Учебное пособие / И.О. Мартынова — Москва : КноРус, 2023. — 136 с. — ISBN 978-5-406-11494-0. — URL: <https://book.ru/book/949301>— Текст : электронный.

Интернет-ресурсы:

1. Основы электротехники [Электронный ресурс]. — URL: <http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z00000008/>
2. Мультимедийный курс по электротехнике и основам электроники [Электронный ресурс]. — URL: <http://eltray.com>

Практическая работа №5

«Изучение параллельного соединения резисторов и проверка закона Ома»

Раздел 2. Электротехника

Тема 2.1: Электрические цепи постоянного тока

Количество часов: 2

Цели:

1. Научиться соединять сопротивления параллельно.
2. Опытным путем проверить, что сумма токов в параллельных ветвях равна току источника.
3. Проверить характер распределения токов в параллельных ветвях.

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Изучить методические указания и правила проведения лабораторных работ;
- Изучить правила сборки электрической схемы;
- Измерить напряжение на резисторах;
- Измерить силу тока электрической цепи;
- Заполнить таблицу;
- Сделать выводы по работе.

Материальное обеспечение: лабораторный стенд; соединительные провода, амперметр до 1 А- 3 шт., вольтметр до 100 В- 1 шт., резисторы $R_1= 100 \text{ Ом}$, $R_2= 220 \text{ Ом}$, $R_3= 470 \text{ Ом}$; источник питания – ЛАТР до 50В.

Теоретическая часть:

Если несколько сопротивлений соединить параллельно и подключить такое соединение к источнику, то ток, создаваемый им, будет проходить по всем сопротивлениям одновременно. При этом величина тока, текущего по параллельной ветви, зависит от величины её сопротивления: чем больше сопротивление, тем меньше ток. Кроме того, общий ток, создаваемый источником, равен сумме токов, текущих по всех параллельных ветвях.

Особенностью параллельного соединения является то, что падения напряжения на каждом из параллельно включенных сопротивлений равны между собой и представляют напряжение источника тока.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с лабораторным стендом.
2. Собрать схему, приведенную на рис.1

Путем измерения тока и напряжения убедитесь в том, что при параллельном соединении падение напряжения одинаково на всех сопротивлениях и сумма частичных токов равна полному току.

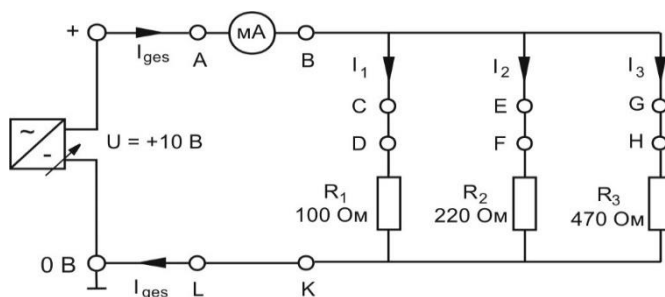


Рисунок 1 - Параллельное соединение резисторов

3. Подключить схему к источнику тока и записать показания амперметра (ток I_1).

3.1. Аналогично подключить амперметр последовательно со вторым, а затем с третьим сопротивлением для измерения токов I_2 и I_3

3.2. Включить амперметр последовательно в общий провод и измерить ток источника $I_{об}$

3.3. Расчетным путем убедиться в том, что $I_{об} = I_1 + I_2 + I_3$

3.4. Вольтметром измерить напряжение на зажимах источника тока, а также падение напряжения на каждом сопротивлении.

Если сопротивления или нагрузки соединены параллельно, падение напряжения на них будет одинаковым.

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U}{R_3};$$

3.5. Для расчета полного сопротивления применяется следующая формула:

$$R_{ges} = \frac{I}{\frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2} + \frac{I}{R_3}}$$

3.6. Полученные данные занести в таблицу

Таблица 1

| № | Измерить | | | | | | | Вычислить | | | | | |
|---|------------|------------|------------|---------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------------|---------------|---------------|
| | I_1 А | I_2 А | I_3 А | $U_{об}$ В | U_1 В | U_2 В | U_3 В | R_1 Ом | R_2 Ом | R_3 Ом | R'_{0} Ом | $U_{об}$ В | $I_{об}$ А |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |

Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- наименование работы и цель работы;
- схемы экспериментов;
- таблицы полученных экспериментальных данных;
- результаты отчета;
- выводы по работе

Контрольные вопросы:

- Какое соединение называется параллельным?
- Приведите примеры параллельного соединения потребителей?
- Почему потребители электрической энергии чаще всего соединяются параллельно?
- Как изменится величина общего тока и напряжения, если отключить одну из ламп?
- Закон Ома для участка цепи и полной цепи.

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания по сборке электрической схемы. Продемонстрировал умение применять теоретические знания/правила выполнения технологию при выполнении задания. Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при сборке электрической схемы, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

Основные источники:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника: учебник / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-406-11277-9. — URL: <https://book.ru/book/948617> — Текст: электронный.

2. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2022. — 318 с. — ISBN 978-5-406-09932-2. — URL: <https://book.ru/book/943944> — Текст: электронный

3. Мартынова, И. О., Электротехника: учебник / И. О. Мартынова. — Москва: КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719>— Текст: электронный.

Дополнительные источники:

1. Мартынова, И.О. Электротехника. Лабораторно-практические работы: Учебное пособие / И.О. Мартынова — Москва: КноРус, 2023. — 136 с. — ISBN 978-5-406-11494-0. — URL: <https://book.ru/book/949301>— Текст: электронный.

Интернет-ресурсы:

1. Основы электротехники [Электронный ресурс]. — URL: <http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z0000008/>

2. Мультимедийный курс по электротехнике и основам электроники [Электронный ресурс]. — URL: <http://eltray.com>

Практическая работа №6

«Расчёт коэффициента полезного действия электрической мощности»

Раздел 2. Основы электротехники

Тема 2.1: Электрические цепи постоянного тока

Количество часов: 2

Цели:

1. Научиться определять параметры постоянного тока и напряжения в электрической цепи.
2. Научиться определять коэффициент полезного действия путем измерения тока и напряжения.

Задачи:

- Изучить теоретический материал
- Изучить правила сборки электрической схемы
- Измерить напряжение на резисторах
- Измерить силу тока электрической цепи
- Рассчитать коэффициент полезного действия
- Заполнить таблицу

Материальное обеспечение:

- Лабораторный стенд с источником питания постоянного тока (рис.1)

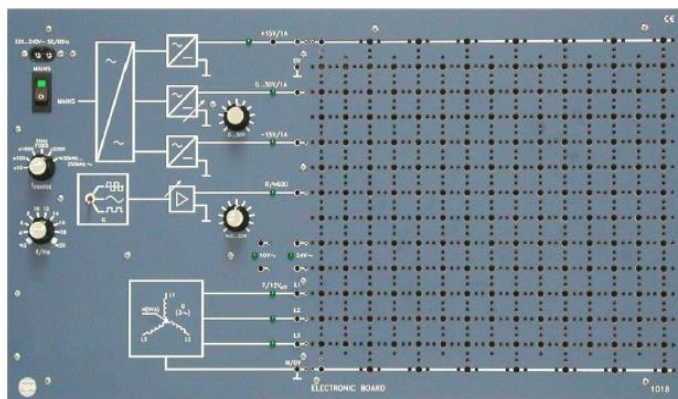


Рис.1 Лабораторный стенд

- Электроизмерительный прибор:

| | |
|---|-----------------|
| Мультиметр | |
| диапазон постоянного напряжения | 0,1 В – 30 В |
| диапазон постоянного тока | 0,1 мА – 300 мА |
| Источник питания | |
| Необходим только при использовании схем, собранных на монтажных платах компании hps | |
| - параметры сети | 230 В, 50/60 Гц |

| | |
|--|---------|
| - постоянное напряжение на выходе (регулируется во всем диапазоне) | 0-30 В |
| - выходной ток | 0-0,3 А |

- блок резисторов: $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 22 \text{ Ом}$, $R_3 = 33 \text{ Ом}$,
- соединительные провода.

Теоретическая часть:

В любом работающем механизме возникают потери мощности. Так, электродвигатель, потребляя определенное количество электроэнергии из сети, преобразует в механическую. При этом часть потребляемой энергии расходуется на нагревание обмоток, магнитопровода, на трение в подшипниках, вентиляцию. Таким образом, механическая мощность на валу двигателя несколько меньше мощности, потребляемой из сети.

Отношение полезной мощности к затраченной мощности или работе представляет собой качество преобразования одной энергии в другую и определяется как коэффициент полезного действия (КПД) η . Поскольку полезная мощность или работа всегда меньше подводимой мощности или работы величина КПД будет всегда <1 или $<100\%$.

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

$\eta = \text{КПД}$ в процентах или в виде числа <1
 $P_{zu}; W_{zu} = \text{затраченная мощность, единицы измерения: Вт, Вт}\cdot\text{с}$

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$$

$P_{ab}; W_{ab} = \text{полезная мощность, единицы измерения: Вт, Вт}\cdot\text{с}$

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с лабораторным стендом.
2. Собрать схему в соответствии с рис. 2. Два сопротивления R_1 и R_2 должны быть сбалансированы и должны быть нагружены на общую нагрузку.

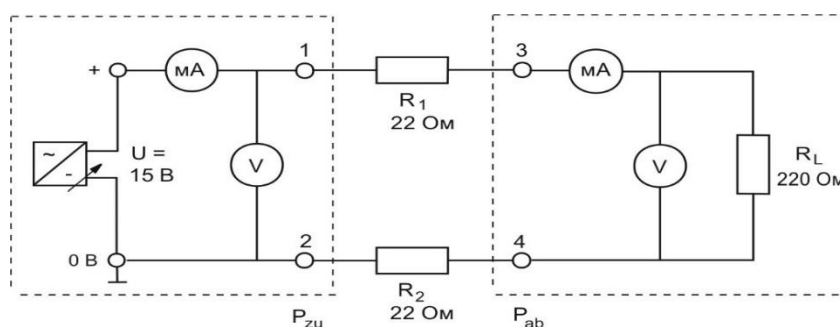


Рисунок 2- Коэффициент полезного действия электрической мощности

3 Подключить схему к источнику тока, измерить ток и напряжение в цепи подвода мощности к клеммам 1 и 2 и в цепи отбора мощности на клеммах 3 и 4.

4. Расчетным путем, вычислить:

4.1 подводимую мощность P_{zu}

$$P_{zu} = I \cdot U =$$

4.2 полезную мощность P_{ab}

$$P_{ab} = I \cdot U =$$

4.3 коэффициент полезного действия- КПД η

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} =$$

4.4 коэффициент полезного действия КПД в %

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100 =$$

5.. Заполнить таблицу 1.

Таблица1 Коэффициент полезного действия электрической мощности

| № п/п | Сопротивление | Показания амперметра | Показания вольтметра | Расчет P_{zu} | Расчет P_{ab} | Расчет КПД в % |
|-------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| 1 | $R_1=R_2= 10 \text{ Ом}$ | | | | | |
| 2 | $R_1=R_2= 22 \text{ Ом}$ | | | | | |
| 3 | $R_1=R_2= 33 \text{ Ом}$ | | | | | |

Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- наименование работы и цель работы;
- схемы экспериментов;
- таблицы полученных экспериментальных данных;
- результаты отчета;
- выводы по работе

Контрольные вопросы:

- Какими приборами измеряется работа и мощность тока?
- Что такое коэффициент полезного действия
- Что такое мощность, единицы измерения?
- Почему полезная мощность меньше подводимой мощности?

Критерии оценки за практическую работу:

• «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания по сборке электрической схемы.

Продемонстрировал умение применять теоретические знания/правила выполнения/технологии при выполнении задания.

Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при сборке электрической схемы, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

Основные источники:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника: учебник / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-406-11277-9. — URL: <https://book.ru/book/948617>— Текст: электронный.

2. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум: учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2022. — 318 с. — ISBN 978-5-406-09932-2. — URL: <https://book.ru/book/943944>— Текст: электронный

3. Мартынова, И. О., Электротехника: учебник / И. О. Мартынова. — Москва: КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719> — Текст: электронный.

Дополнительные источники:

1. Мартынова, И.О.. Электротехника. Лабораторно-практические работы: Учебное пособие / И.О. Мартынова — Москва : КноРус, 2023. — 136 с. — ISBN 978-5-406-11494-0. — URL: <https://book.ru/book/949301>— Текст : электронный.

Интернет-ресурсы:

1. Основы электротехники [Электронный ресурс]. – URL: <http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z0000008/>

2. Мультимедийный курс по электротехнике и основам электроники [Электронный ресурс]. – URL: <http://eltray.com>

Практическая работа №7

«Расчет магнитной цепи»

(прямая задача)

Раздел 2. Электротехника

Тема 2.2: Электромагнетизм и электромагнитная индукция

Количество часов: 2

Цель: освоить метод расчета магнитной цепи.

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Выполнить расчеты по формулам;
- Ответить на контрольные вопросы;
- Сделать выводы по работе.

Подготовка к работе: Устройство, содержащее сердечники из ферромагнитных материалов, через которые замыкается магнитный поток, называется магнитной цепью.

Прямая задача при решении не вызывает трудностей и сводится к аналитическим методам:

- 1) начертить магнитную цепь
- 2) соединить зажимы катушек согласно заданию и показать направление тока электрической цепи.
- 3) показать на чертеже магнитной цепи направление МДС каждой катушки и МДС всей магнитной цепи и на основании этого определить включение катушек (согласное или встречное).
- 4) провести на чертеже магнитной цепи среднюю магнитную силовую линию и определить её длину.
- 5) выяснить по заданному магнитному потоку и сечению магнитопровода магнитную индукцию по формуле

$$B = \frac{\Phi}{S} \text{ Тл,}$$

где: Φ – заданный магнитный поток, Вб,

S – сечение магнитопровода, м².

- 6) определить магнитную напряженность на участках цепи:
- в воздушном промежутке напряженность определяется расчетом

$$H_B = \frac{B}{\mu\mu_0}$$

где: $\mu=1$, $\mu_0=4\pi*10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$.

- в ферромагнетике из-за изменения μ в процессе работы магнитная напряженность $H_{ст}$ нельзя рассчитывать по формуле, поэтому её определяют по кривой намагничивания для заданного материала магнитопровода по рассчитанной магнитной индукции B .

- 7) определить магнитное напряжение на отдельных участках магнитопровода по формуле

$$U_{м.уч.} = H_{уч.} * l_{уч.}$$

- 8) определить МДС, которую необходимо образовать в магнитной цепи для создания заданного магнитного потока

$$F'_{.м} = \sum U_{м.уч.}$$

9) записать формулу МДС, которая создается в катушках с учетом их подключения за счет тока:

Согласное включение

$$F_M = F_{M1} + F_{M2} = IW_1 + IW_2$$

Встречное включение

$$F_M = F_{M1} - F_{M2} = IW_1 - IW_2$$

10) приравнять обе формулы МДС, так как по закону сохранения энергии МДС, которая создается в катушках за счет тока (это вырабатываемая энергия) должна быть равна МДС, которая тратится на определенных участках магнитопровода виде магнитного напряжения (это затрачиваемая энергия).

$$F'_M = F_M = I(W_1 \pm IW_2)$$

11) из этого равенства определить ток, необходимый для создания данного магнитного потока

$$I = \frac{F'_M}{W_1 \pm IW_2}$$

12) ответить на эти вопрос к задаче.

Для этого провести необходимые расчеты, связанные с изменением размера воздушного промежутка, по представленному алгоритму.

На рис.1. показана неразветвленная магнитная цепь, во всех сечениях которой магнитный поток Φ имеет одинаковую величину.

Расчет неразветвленной магнитной цепи

сводится к определению намагничивающей силы $I \cdot W$, которая требуется для получения заданного магнитного потока Φ или магнитной индукции B . При этом указываются размеры и материал всех участков магнитной цепи.

При расчетах магнитных цепей определение напряженности магнитного поля по заданному значению магнитной индукции рекомендуется вести по кривым намагничивания, приведенным на рис.2. При пользовании кривыми будьте внимательны, поскольку для определения H предложены две различных шкалы в зависимости от вида ферромагнитного материала.

На рис.2. пунктиром показано определение H по заданному значению B для чугуна: при $B=0,85$ Тл величина

$$H \approx 5700 \text{ А/м.}$$

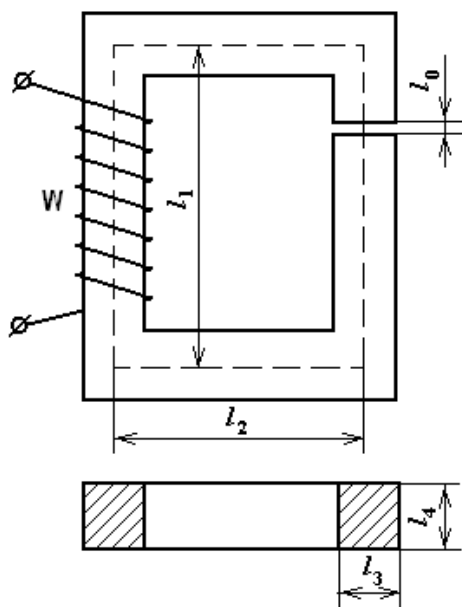


Рис.1

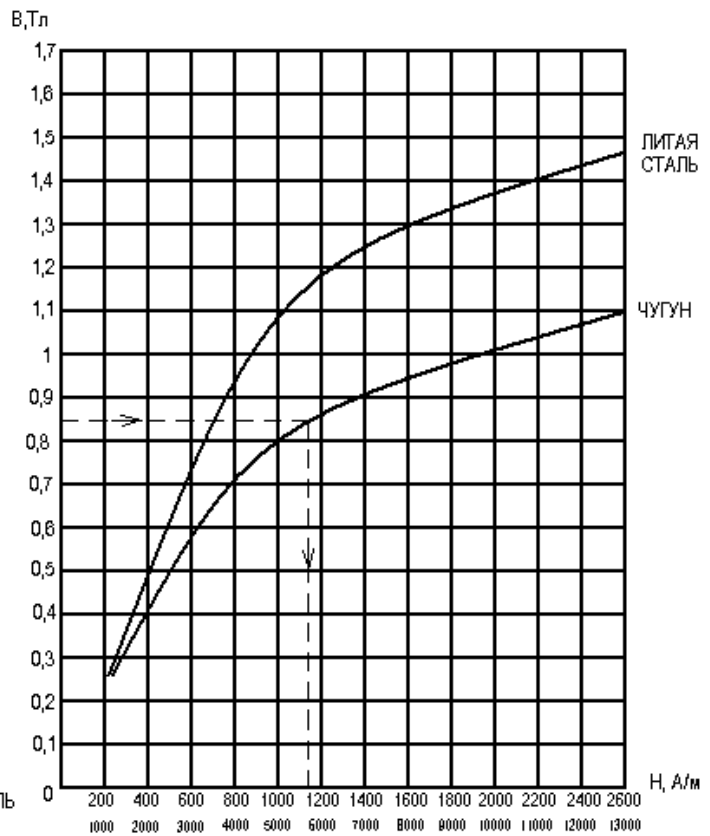


Рис.2

Пример: Для магнитной цепи, приведенной на рис.1. заданы размеры цепи:

$l_1=26$ см, $l_2=16$ см, $l_3=4$ см, $l_4=5$ см, число витков обмотки $W=800$, магнитный поток $1,6 \cdot 10^{-3}$ Вб и материал сердечника – литая сталь. В магнитной цепи имеется воздушный зазор $l_0=0,05$ см.

Определить: 1) силу тока в обмотке для создания заданного магнитного потока 2) абсолютную магнитную проницаемость на участке с обмоткой 3) потокосцепление и индуктивность обмотки.

Расчет задачи производим по алгоритму:

1. Находим магнитную индукцию по заданному магнитному потоку. Для этого сначала найдем сечение магнитопровода:

$$S=4 \cdot 5=20 \text{ см}^2=0,002 \text{ м}^2$$

$$B=\frac{\Phi}{S}=\frac{1,6 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}}=0,8 \text{ Тл}$$

2. Все ферромагнитные материалы являются нелинейными элементами из-за изменения величины μ в процессе намагничивания, поэтому определить напряжённость в чугуне по формуле: $H=\frac{B}{\mu_0}$ нельзя.

Напряжённость ферромагнетиков находится в приложении №2 по таблице намагничивания для заданного сорта материала по известной магнитной индукции. Для чугуна по заданной индукции $B=0,8$ Тл: $H_{\text{чуг}}=5400 \text{ А/м}$

3. Находим напряжённость поля в воздушном зазоре или неферромагнитном участке по формуле:

$$H=\frac{B}{\mu_0}, \text{ т.к. } \mu=1$$

$$H=\frac{0,8}{4\pi \cdot 10^{-7}}=0,64 \cdot 10^6 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

4. Проводим среднюю магнитную силовую линию магнитной цепи (МСЛ) и найдём её длину: $I_{м.ц.} = [(22+2+2)] + (20+2+2)] * 2 = 100 \text{ см} = 1 \text{ м}$
5. Определим среднюю МСЛ ферромагнетика (чугуна):

$$I_{чуг} = I_{м.ц.} - I_0 = 100 - 0,1 = 99,9 \text{ см} = 0,999 \text{ м}$$

6. Определим средние магнитные напряжения на участках магнитной цепи:

В воздушном промежутке: $U_{M0} = H_0 * l_0 = 0,64 * 10^6 * 0,1 * 10^{-2} = 0,064 * 10^4 = 640 \text{ А}$

В чугуне: $U_{Mчуг} = H_0 * l_0 = 5400 * 0,999 = 5394 \text{ А}$

7. Определим способ включения обмоток. Для этого сначала надо показать направление тока в каждой обмотке в зависимости от включения зажимов. По направлению тока в обмотке показать на чертеже направление МДС (F_M) каждой обмотки определить, как они направлены в магнитопроводе по отношению друг к другу: если в одну сторону – то обмотки включены согласно, если в разные стороны – то встречно. В нашем примере F_{M1} и F_{M2} обмоток направлены в разные стороны, значит обмотки включены встречно.

8. После определения способа включения обмоток запишем формулу общей МДС, которая должна будет образована в данной магнитной цепи определяемым током (это вырабатываемая энергия):

$$F_M = F_{M1} - F_{M2} = I W_1 - I W_2 = I(W_1 - W_2)$$

9. Величину общей МДС, которая будет затрачена на отдельных участках магнитопровода в виде магнитных напряжений (это затраченная энергия), определим по второму закону Кирхгофа:

$$F_M' = \sum U_M \Rightarrow \sum U_M = U_{чуг} + U_{M0} = 5394,6 + 640 = 6034,6 \text{ А}$$

10. Определим ток, необходимый для создания заданного магнитного потока. Для этого, приравняем обе формулы МДС, так как по закону сохранения энергии они равны: $F_M = F_M'$

Распишем формулу: $I(W_1 - W_2) = \sum U_M$ и подставим числа:

$$I = \frac{\sum U_M}{(W_1 - W_2)} \text{ где } \sum U_M = U_{Mчуг}, \text{ т.к. } U_{M0} = 0$$

$$L = L_{чуг} = [(22+2+2) + (20+2+2)] * 2 = 100 \text{ см} = 1 \text{ м}$$

$$U_{Mчуг} = H_{чуг} * l_{чуг} = 5400 * 1 = 5400 \text{ А}$$

$$I = \frac{\sum U_M}{(W_1 - W_2)} = \frac{5400}{200 - 100} = 54 \text{ А}$$

Вывод: отсутствие воздушного зазора позволяет получить тот же магнитный поток меньшим током, что экономически выгодно.

1. Из чертежа находим сечение сердечника S и длину средней магнитной линии l_{cp} :

$$S = l_3 \cdot l_4 = 4,5 \text{ см}^2 = 20 \text{ см}^2 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 ;$$

$$l_{cp} = l_1 \cdot 2 + l_2 \cdot 2 = 26 \cdot 2 \text{ см} + 16 \cdot 2 \text{ см} = 84 \text{ см} = 0,84 \text{ м}$$

При этом малой величиной l_0 пренебрегаем.

2. Определяем магнитную индукцию в сердечнике:

$$B = \Phi / S = 1,6 \cdot 10^{-3} / (20 \cdot 10^{-4}) = 0,8 \text{ Тл.}$$

3. По кривым намагничивания (см. рис.2.), зная B , находим для литой стали

$H_{ст} \approx 680 \text{ А/м}$. Напряженность H_0 в зазоре вычисляем по формуле

$$H_0 = B / \mu_0 = 0,8 / (125 \cdot 10^{-8}) = 6,4 \cdot 10^5 \text{ А/м.}$$

4. Силу тока находим из закона полного тока:

$$I W = H_{ст} l_{cp} + H_0 l_0 ; I \cdot 800 = 680 \cdot 0,84 + 6,4 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 10^{-2} ,$$

$$I = 1,11 \text{ А}$$

5. Определяем абсолютную магнитную проницаемость:

$$\mu_a = B / H_{ст} = 0,8 / 680 = 0,00118 \text{ Гн/м}$$

6. Определяем потокосцепление обмотки:

$$\Psi = \Phi W = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 800 = 1,28 \text{ Вб.}$$

7. Определяем индуктивность обмотки:

$$L = \Psi / I = 1,28 / 1,11 = 1,15 \text{ Гн}$$

Ход выполнения работы:

Для магнитной цепи, приведенной на рис.1, **определить:**

- 1) силу тока в обмотке для создания заданного магнитного потока
- 2) абсолютную магнитную проницаемость на участке с обмоткой
- 3) потокосцепление и индуктивность обмотки. Данные для своего варианта взять из таблицы 1.

Приложение №1

Варианты задания для расчета магнитной цепи

Таблица 1

| № вар. | l_1 | l_2 | l_3 | l_4 | l_0 | Φ | W | Материал сердечника |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-----|---------------------|
| | см | см | см | см | см | Вб | - | - |
| 1 | 26 | 15 | 4 | 4 | 0,01 | $1,4 \cdot 10^{-3}$ | 650 | Литая сталь |
| 2 | 27 | 14 | 3 | 5 | 0,02 | $1,2 \cdot 10^{-3}$ | 670 | Чугун |
| 3 | 24 | 12 | 4 | 6 | 0,03 | $1,1 \cdot 10^{-3}$ | 690 | Литая сталь |
| 4 | 25 | 16 | 3 | 4 | 0,04 | $1,1 \cdot 10^{-3}$ | 700 | Чугун |
| 5 | 20 | 17 | 5 | 6 | 0,05 | $1,5 \cdot 10^{-3}$ | 720 | Литая сталь |
| 6 | 23 | 13 | 6 | 7 | 0,06 | $1,9 \cdot 10^{-3}$ | 740 | Чугун |
| 7 | 21 | 16 | 3 | 6 | 0,07 | $1,3 \cdot 10^{-3}$ | 760 | Литая сталь |
| 8 | 28 | 11 | 4 | 7 | 0,08 | $1,6 \cdot 10^{-3}$ | 780 | Чугун |
| 9 | 22 | 18 | 5 | 7 | 0,09 | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | 810 | Литая сталь |
| 10 | 24 | 14 | 2 | 8 | 0,015 | $1 \cdot 10^{-3}$ | 850 | Чугун |
| 11 | 26 | 15 | 4 | 4 | 0,01 | $1,4 \cdot 10^{-3}$ | 650 | Литая сталь |
| 12 | 27 | 14 | 3 | 5 | 0,02 | $1,2 \cdot 10^{-3}$ | 670 | Чугун |
| 13 | 24 | 12 | 4 | 6 | 0,03 | $1,1 \cdot 10^{-3}$ | 690 | Литая сталь |
| 14 | 25 | 16 | 3 | 4 | 0,04 | $1,1 \cdot 10^{-3}$ | 700 | Чугун |

| | | | | | | | | |
|----|----|----|---|---|-------|---------------------|-----|-------------|
| 15 | 20 | 17 | 5 | 6 | 0,05 | $1,5 \cdot 10^{-3}$ | 720 | Литая сталь |
| 16 | 23 | 13 | 6 | 7 | 0,06 | $1,9 \cdot 10^{-3}$ | 740 | Чугун |
| 17 | 21 | 16 | 3 | 6 | 0,07 | $1,3 \cdot 10^{-3}$ | 760 | Литая сталь |
| 18 | 28 | 11 | 4 | 7 | 0,08 | $1,6 \cdot 10^{-3}$ | 780 | Чугун |
| 19 | 22 | 18 | 5 | 7 | 0,09 | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | 810 | Литая сталь |
| 20 | 24 | 14 | 2 | 8 | 0,015 | $1 \cdot 10^{-3}$ | 850 | Чугун |
| 21 | 24 | 12 | 4 | 6 | 0,03 | $1,1 \cdot 10^{-3}$ | 690 | Литая сталь |
| 22 | 25 | 16 | 3 | 4 | 0,04 | $1,1 \cdot 10^{-3}$ | 700 | Чугун |
| 23 | 20 | 17 | 5 | 6 | 0,05 | $1,5 \cdot 10^{-3}$ | 720 | Литая сталь |
| 24 | 23 | 13 | 6 | 7 | 0,06 | $1,9 \cdot 10^{-3}$ | 740 | Чугун |
| 25 | 21 | 16 | 3 | 6 | 0,07 | $1,3 \cdot 10^{-3}$ | 760 | Литая сталь |
| 26 | 28 | 11 | 4 | 7 | 0,08 | $1,6 \cdot 10^{-3}$ | 780 | Чугун |
| 27 | 22 | 18 | 5 | 7 | 0,09 | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | 810 | Литая сталь |

Контрольные вопросы:

1. Что называется намагничивающей или магнитодвижущей силой и в каких единицах она измеряется?
2. Как проводятся магнитные линии в магнитном поле?
3. Какие вещества называются ферромагнетиками, отчего зависит их магнитная проницаемость?
4. Что такое магнитный поток и магнитная индукция?

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания в расчетной части.
Продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении задания. Уверенно выполнил действия согласно условию задания.
- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.
Показал теоретические знания при расчетах, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.
- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.
- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.
Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.
Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.
Не выполнил норматив на положительную оценку.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

основная литература:

1. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719> — Текст : электронный.

2. Султангараев, И. С., Электротехника. Практикум (с примерами решения задач) : учебное пособие / И. С. Султангараев. — Москва : КноРус, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-406-11241-0. — URL: <https://book.ru/book/948696> — Текст : электронный.

дополнительная литература:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2024. — 318 с. — ISBN 978-5-406-12293-8. — URL: <https://book.ru/book/950679> — Текст : электронный.

Практическая работа №8

«Определение магнитных величин катушки индуктивности»

Раздел 2. Электротехника

Тема 2.2: Электромагнетизм и электромагнитная индукция

Количество часов: 2

Цель: Научиться определять магнитные характеристики катушки индуктивности. Построить графики $V=f(H)$, $I=f(U)$.

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Изучить правила сборки электрической схемы;
- Измерить напряжение на резисторах;
- Измерить силу тока электрической цепи;
- Выполнить расчеты по формулам;
- Заполнить таблицу;
- Сделать выводы по работе.

Материальное обеспечение: лабораторный стенд; амперметр (0-1А), вольтметр (0-30 В), регулятор напряжения переменного тока, катушка индуктивности с параметрами $W=160$ витков, $S=5 \text{ см}^2$, $L_{\text{ср}}=18 \text{ см}$, $R_k=1,2 \text{ Ом}$, $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ - магнитная проницаемость вакуума.

Теоретическая часть:

Одним из основных элементов электрической цепи является катушка индуктивности.

Основной характеристикой катушки является индуктивность- L , которая зависит от конструкции катушки.

$L=\mu\mu_0 W^2 \cdot S / L$, где μ - магнитная проницаемость сердечника, W - число витков; S - сечение сердечника катушки, L -длина сердечника катушки.

Индуктивность катушки связана с явлением самоиндукции, которая возникает в катушке при изменении магнитного потока самой катушки. Индуктивность является коэффициентом пропорциональности между потокосцеплением самоиндукции катушки и током катушки, которой этот поток создает: $L=\psi/I$, где ψ – потокосцепление самоиндукции. Это явление создает в катушке дополнительное сопротивление X называемое индуктивным $X_L=w \cdot L$, где w – угловая частота изменения тока $w=2\pi f$.

В некоторых устройствах применяются катушки без индуктивности $L=0$, которые намотаны проводом, сложенным вдвое, такая обмотка называется бифилярной и применяется для намотки реостатов.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с лабораторным стендом.
2. Собрать схему, согласно рис. 1

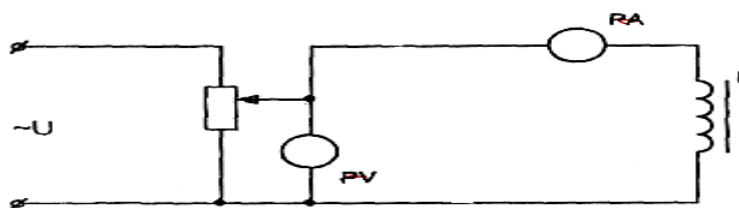


Рис 1. Схема включения катушки индуктивности.

3. Подключить схему к источнику тока и записать показания амперметра
- 3.1. Записать показания амперметра и вольтметра для трех измерений.

- 3.2. Результат измерений занести в таблицу.
- 3.3. Определить магнитный поток катушки по формуле $\Phi_{\max} = U/4,44fW$.
- 3.4. Определить магнитную индукцию катушки и напряженность магнитного поля $B_{\max} = \Phi_{\max}/S$, $H = IW/l_{\text{ср}}$.
- 3.5. Рассчитать индуктивность сердечника и магнитную проницаемость сердечника $\mu = \mu_{\text{ср}}/\mu_0$, где $\mu_{\text{ср}} = B_{\max}/\sqrt{2}H$; $L = \psi\sqrt{2}I$, где $\psi = \Phi W$; $\mu = \mu_{\text{ср}}/\mu_0$, где $\mu_{\text{ср}} = B/\sqrt{2}$; $L = \psi\sqrt{2}$, где $\psi = \Phi W$; $\mu = \mu_{\text{ср}}/\mu_0$.
- 3.6. Полученные данные занести в таблицу
- 3.7. По данным опыта построить графики: $B=f(H)$, $I=f(U)$.

Таблица 1

| № | Результаты измерений | | Результаты вычислений | | | | |
|---|----------------------|---|-----------------------|----|-----|----|---|
| | U | I | Φ | B | H | L | μ |
| | B | A | Bб | Тл | A/м | Гн | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) схемы экспериментов;
- в) таблицы полученных экспериментальных данных;
- г) результаты отчета;
- д) выводы по работе

Контрольные вопросы:

1. Объяснить причину изменения каждой магнитной величины?
2. Какой способ увеличения магнитного потока катушки является наиболее экономным?
3. Почему катушки индуктивности работают сердечником?
4. Что такое μ_0 ?
5. Что такое явление самоиндукции?

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания по сборке электрической схемы.

Продemonстрировал умение применять теоретические знания/правила выполнения/технологии при выполнении задания.

Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при сборке электрической схемы, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.
Не выполнил норматив на положительную оценку.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

Основные источники:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника : учебник / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-406-11277-9. — URL: <https://book.ru/book/948617> — Текст : электронный.
2. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2022. — 318 с. — ISBN 978-5-406-09932-2. — URL: <https://book.ru/book/943944> — Текст: электронный
3. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва: КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719> — Текст: электронный.

Дополнительные источники:

1. Мартынова, И.О. Электротехника. Лабораторно-практические работы: Учебное пособие / И.О. Мартынова — Москва: КноРус, 2023. — 136 с. — ISBN 978-5-406-11494-0. — URL: <https://book.ru/book/949301> — Текст: электронный.

Интернет-ресурсы:

1. Основы электротехники [Электронный ресурс]. — URL: <http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z0000008/>
2. Мультимедийный курс по электротехнике и основам электроники [Электронный ресурс]. — URL: <http://eltray.com>

Практическая работа №9

«Исследование неразветвленной цепи переменного тока с активным сопротивлением и индуктивностью»

Раздел 2. Электротехника

Тема 2.3. Электрические цепи переменного тока

Количество часов: 2

Цель: Опытная проверка основных соотношений для цепи переменного тока, обладающей активным сопротивлением и индуктивностью.

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Изучить методические указания и правила проведения лабораторных работ;
- Изучить правила сборки электрической схемы;
- Изучить правила техники безопасности в лаборатории «Электротехника»
- Измерить напряжение на резисторах;
- Измерить силу тока электрической цепи;
- Выполнить расчеты по формулам;
- Заполнить таблицу;
- Сделать выводы по работе.

Материальное обеспечение:

1. Катушка с выдвигаемым сердечником с $R=6$ Ом или 12 Ом
2. Амперметр на 1А
3. Вольтметр 0-100В
4. Ваттметр: на ток 2,5 А и напряжение 30 или 15 В
5. Источник переменного напряжения ЛАТР с напряжением от 20 до 50 В
6. Соединительные провода.

Теоретическая часть:

В цепях переменного тока наличие потребителей, обладающих индуктивностью, обуславливает сдвиг фаз между током и напряжением. От величины тока зависит потребляемая мощность, ток в цепи, а также технико-экономические показатели работы установки в целом (КПД, мощность, энергия в проводах и др.). Значительной индуктивностью обладают катушки с большим числом витков и со стальными сердечниками.

В промышленности к числу таких потребителей следует отнести трансформаторы, электродвигатели любого типа, электромагниты и др.

Электрическая цепь с включённым реостатом (активное сопротивление) и катушкой индуктивности представляет собой замкнутый контур. Катушка в цепи переменного тока обладает индуктивным сопротивлением $X_L=2\pi fL$, где f - частота переменного тока-50 (Гц); L -индуктивность катушки (Гн).

Порядок выполнения работы:

1. Собрать электрическую цепь по схеме, согласно рис.1 для исследования неразветвленной цепи переменного тока.

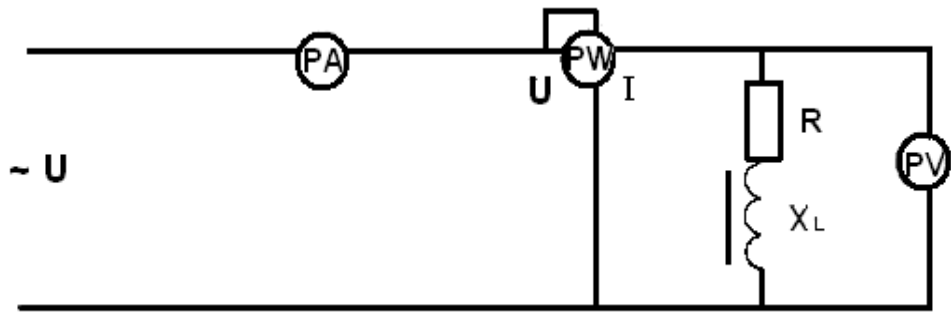


Рисунок 1 - Схема включения катушки индуктивности

1.2 Полностью ввести сердечник в катушку, подключить цепь к источнику тока и записать показания измерительных приборов в таблицу.

1.3 Постепенно выдвигая сердечник, для 3-4 его положений вновь записать показания приборов.

1.4. Определить для каждого положения сердечника: $X_L=2\pi fL$; $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$; $L=X_L/2\pi f$; $\cos\varphi=R/Z$; $Q=I^2X_L$; $S=U \cdot I$.

1.5. Результаты расчетов занести в таблицу.

1.6. Правильность получения замеров можно проверить с помощью формулы $P=I \cdot U \cos\varphi$

Таблица измерений

| № | Результаты замеров | | | | Результаты вычислений | | | | | |
|---|--------------------|------|------|-------|-----------------------|--------|-------|------|-------|--------|
| | R, Ом | U, В | I, А | P, Вт | ZL, Ом | XL, Ом | L, Гн | cosφ | S, ВА | Q, Вар |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |

По данным таблицы построить графики зависимостей тока (I), мощности (P), реактивной мощности (Q) и $\cos\varphi$ от реактивного сопротивления катушки X_L :

$I=f(X_L)$; $P=f(X_L)$; $Q=f(X_L)$, $\cos\varphi=f(X_L)$.

Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) схемы экспериментов;
- в) таблицы полученных экспериментальных данных;
- г) результаты отчета;
- д) выводы по работе

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой катушка индуктивности?
2. От чего зависит индуктивность катушки?
3. Объясните физический смысл индуктивного сопротивления
4. Как определить цену деления ваттметра?
5. Определение индуктивного и полного сопротивления катушки
6. Определение коэффициента мощности $\cos\varphi$.

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания по сборке электрической схемы.

Продемонстрировал умение применять теоретические знания/правила выполнения/технологии при выполнении задания.

Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при сборке электрической схемы, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку.

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

Основные источники:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника : учебник / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-406-11277-9. — URL: <https://book.ru/book/948617>— Текст : электронный.

2. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2022. — 318 с. — ISBN 978-5-406-09932-2. — URL: <https://book.ru/book/943944> — Текст : электронный

3. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719> — Текст : электронный.

Дополнительные источники:

1. Мартынова, И.О. Электротехника. Лабораторно-практические работы: Учебное пособие / И.О. Мартынова — Москва : КноРус, 2023. — 136 с. — ISBN 978-5-406-11494-0. — URL: <https://book.ru/book/949301> (дата обращения: 11.04.2023). — Текст: электронный.

Интернет-ресурсы:

1. Основы электротехники [Электронный ресурс]. — URL: <http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z0000008/>

2. Мультимедийный курс по электротехнике и основам электроники [Электронный ресурс]. — URL: <http://eltray.com>

Практическая работа №10

«Расчет неразветвленной цепи переменного тока»

Раздел 2. Электротехника

Тема 2.3: Электрические цепи переменного тока

Количество часов: 2

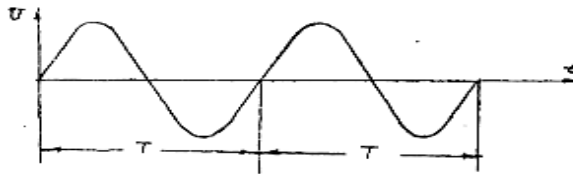
Цели:

1. Получить навыки расчета цепей переменного тока.
2. Научится строить векторные диаграммы для расчета и проверки решения.

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Выполнить расчеты по формулам;
- Построить векторную диаграмму электрической цепи переменного тока;
- Ответить на контрольные вопросы;
- Сделать выводы по работе.

Теоретическая часть: В науке и технике важную роль играет переменный ток, который меняет значение направление определенное число раз в секунду. Условное графическое изображение представлено на рисунке.



При прохождении переменного тока через катушку индуктивности в ней возникает ЭДС самоиндукции, которая по правилу Ленца носит реактивный характер, т.е. препятствует изменению тока в цепи. Кроме преодоления активного сопротивления проводника катушки, необходимо преодолеть и противодействующую ЭДС самоиндукции. Поэтому для получения такой же силы переменного тока, как и постоянного, необходимо увеличить приложенное к катушке напряжение. Это можно объяснить тем, что по отношению к переменному току катушка обладает некоторым добавочным сопротивлением, которое зависит от индуктивности катушки L и называется индуктивным сопротивлением X_L .

Следовательно, в цепи переменного тока с индуктивным сопротивлением ток в своих изменениях отстает от приложенного напряжения по фазе на 90° . так, как возникшая ЭДС самоиндукции препятствует изменению тока в цепи.

Чем выше частота f переменного тока, тем быстрее изменяется ток в цепи, и сильнее противодействует самоиндукция этим изменениям тогда индуктивное сопротивление больше. Индуктивное сопротивление X_L определяется по формуле $X_L=2\pi fL$. где f — частота переменного тока, Гц; L — индуктивность катушки, Гн; π — постоянная, равная 3,14.

В первую четверть периода, когда ток в цепи нарастает, катушка запасает энергию, которая идет на создание магнитного поля. Во вторую четверть периода ток в цепи убывает, энергия, магнитного поля катушки возвращается в цепь, при этом возникают потери в проводах линии.

Поэтому индуктивное сопротивление и потребляемую им мощность называют реактивным. Реактивная мощность определяется по формуле $Q_L=I^2 \cdot X_L$ (вар).

В цепи переменного тока с активным сопротивлением R ток и напряжение совпадают по фазе. При этом потребляется активная мощность P , которая характеризует безвозвратную потерю энергии, т.е. превращение энергии тока в другой вид энергии, например, тепловую, механическую, химическую.

Активная мощность определяется по формуле $P = I^2 \cdot R$ (Вт)

Полное сопротивление катушки в цепи переменного тока, активного R и индуктивного X_L , сопротивлений, определяется по формуле $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$.

Полная мощность $S = I^2 \cdot Z = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (В·А)

Конденсатор в цепи постоянного тока представляет собой бесконечно большое сопротивление (разрыв цепи), так, как состоит из двух пластин, между которыми имеется диэлектрик - изолятор. При подключении конденсатора к источнику постоянного тока в течение очень короткого, времени в цепи идет зарядный ток. Как только конденсатор зарядится до напряжения источника, ток в цепи прекратится.

В цепи переменного тока конденсатор будет периодически заряжаться, разряжаться и перезаряжаться, т.к. ток источника периодически меняет свою величину и направление. и опережает напряжение по фазе на 90° . Чем больше емкость конденсатора и частота переменного тока, тем больше ток заряда и разряда и меньше сопротивление. Емкостное сопротивление определяется по формуле $X_C = 1/2\pi fC$.

Из формулы видно, что с увеличением частоты f и емкости C , емкостное сопротивление X_C уменьшается

Конденсатор так же, как и катушка является реактивным сопротивлением, и потребляет реактивную мощность Q , которая при заряде конденсатора потребляется от источника, а при его разряде возвращается в сеть. $Q_C = -I^2 X_C$ (вар).

В цепи переменного тока могут быть участки с активным R , индуктивным X_L и емкостным X_C сопротивлением. Индуктивное сопротивление вызывает отставание по фазе тока от напряжения, а емкостное сопротивление дает обратный эффект, т.е. оба эти сопротивления действуют в противофазе. Это означает, что, когда конденсатор запасает энергию, катушка в этот момент ее отдает. В следующий момент - наоборот. Для того чтобы учесть эти противоположные действия индуктивного и емкостного сопротивлений, их складывают с разными знаками. Общее реактивное сопротивление цепи $X = X_L - X_C$.
Реактивная мощность цепи $Q = Q_L - Q_C$

Когда сопротивления $X_L = X_C$ равны, тогда действия этих сопротивлений взаимно компенсируются, для генератора эти сопротивления не существуют. Общее реактивное сопротивление цепи равно нулю, а полное сопротивление цепи $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R$ становится минимальным и чисто активным $Z=R$, тогда наступает резонанс напряжения.

Порядок выполнения работы: (содержит задания (Задание №1, ...), ход работы и требования к оформлению задания).

Пример 1. Активное сопротивление катушки $R_1=4$ Ом, индуктивное сопротивление $X_L= 12$ Ом. Последовательно с катушкой включен резистор с активным сопротивлением $R_2=2$ Ом и конденсатор с сопротивлением $X_C=4$ Ом. К цепи приложено напряжение $U=100$ В

- Определить:**
1. Полное сопротивление цепи Z (Ом);
 2. Ток в цепи I (А);
 3. Коэффициент мощности $\cos\varphi$;
 4. Активную мощность $-P$ ((Вт);
 5. Реактивную мощность $-Q$ (вар);
 6. Полную мощность $-S$ (ВА)
 7. Построить векторную диаграмму

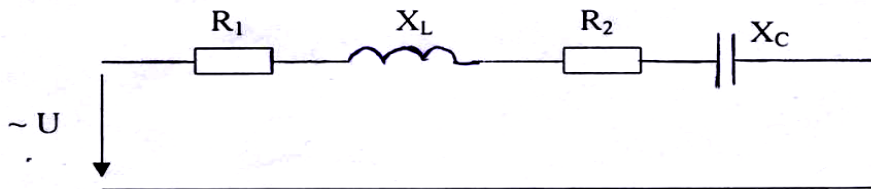


Рисунок 1. Расчетная схема

Решение:

1. Определяем полное сопротивление цепи по теореме Пифагора

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(4+2)^2 + (12-4)^2} = 10 \text{ Ом}$$

2. Определяем ток в цепи

$$I = U/Z = 100/10 = 10 \text{ А}$$

3. Определяем $\cos\varphi = (R_1 + R_2)/Z = 4+2/10 = 0,6$.

По таблице Брадиса определяем угол $\varphi = 53^\circ$

4. Определяем активную, реактивную и полную мощности цепи:

4.1. Активная мощность

$$P = I^2 \cdot (R_1 + R_2) = 10^2 \cdot (4+2) = 600 \text{ Вт}$$

$$\text{или } P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 100 \cdot 10 \cdot 0,6 = 600 \text{ Вт.}$$

4.2. Реактивная мощность

$$Q = I^2 \cdot (X_L - X_C) = 10^2 \cdot (12-4) = 800 \text{ вар}$$

$$\text{или } Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = 100 \cdot 10 \cdot 0,8 = 800 \text{ вар.}, \sin\varphi = (X_L - X_C)/Z = 12-4/10 = 0,8$$

4.3 Полная мощность

$$S = U \cdot I = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ В} \cdot \text{А};$$

$$S = I^2 \cdot Z = 10^2 \cdot 10 = 1000 \text{ В} \cdot \text{А};$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{600^2 + 800^2} = 1000 \text{ В} \cdot \text{А}$$

5. Для построения векторной диаграммы необходимо выбрать масштаб, (например М : 1 см)

Определяем масштаб по напряжению и току (определить масштаб в 1 см)

$$U_R = I \cdot R;$$

$$U_L = I \cdot X_L;$$

$$U_C = I \cdot X_C$$

Задаем масштаб по току M_I (А/см) и напряжению M_U (В/см).

Определить длину векторов напряжений и тока с учетом масштаба $L_I = I/M_I$;

$$L_R = U_R/M_U; L_L = U_L/M_U; L_C = U_C/M_U$$

6. Построение диаграммы выполняется в следующей последовательности:

1) За начальный вектор принимаем вектор тока, поскольку ток является одинаковой величиной для всех участков цепи. Строим этот вектор горизонтально в масштабе.

2) Напряжения на активных резисторах совпадают по фазе с током. Вектор этого напряжения I_R откладываем в масштабе вдоль вектора тока.

3) напряжения на индуктивных резисторах опережают по фазе ток на угол 90° . Поскольку положительное вращение векторов принято против часовой стрелки, вектор напряжения откладываем вверх относительно вектора тока, так как ток, а данном случае отстающий.

4) Напряжения на емкостных резисторах отстают по фазе от тока на угол 90° . Следовательно, вектор этого напряжения U_C откладываем вниз относительно вектора тока, так как ток в данном случае опережающий.

5) Геометрическим сложением векторов напряжений на активных, индуктивных и емкостных резисторах получим вектор приложенного напряжения:

Угол между векторами тока и общего (приложенного) напряжения обозначается (φ) называется углом сдвига фаз данной цепи.

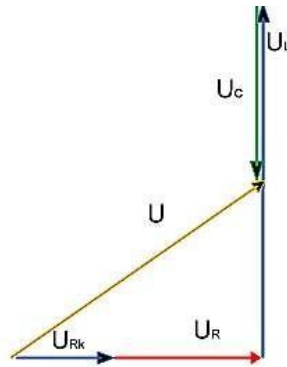


Рисунок 2. Векторная диаграмма

Проверка. Следует проверить аналитическое решение и построение векторной диаграммы путем их сопоставления, следующим образом:

$$U = U_{R1,2} + U_{L1,2} + U_{C1,2}$$

1) Проверка угла φ производится с помощью транспортира и сравнением полученной величины угла в градусах с расчетным в решении.

2) Проверка величины приложенного напряжения: $U = L_U \cdot M_U$, что соответствует условиям задачи. Значит, диаграмма построена, верно. В случае значительных расхождений при такой проверке следует найти ошибку. По виду векторной диаграммы можно определить характер нагрузки цепи.

Ход работы

Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы, индуктивности, емкости), включенные последовательно (рис.3). Данные для своего варианта взять из таблицы. 1.

1. Начертить схему цепи, включая, только те элементы (резисторы, индуктивности, емкости), величины которых заданы в табл. 1 для каждого варианта.

2. Определить следующие величины, относящиеся к данной цепи, если они не заданы, как дополнительный параметр в табл.1;

- 3.1. Полное сопротивление цепи;
- 3.2. напряжение U , приложенное к цепи;
- 3.3. ток I ;
- 3.4. угол сдвига фаз φ (по величине и знаку);
- 3.5. активную P , реактивную Q и полную S мощности.
3. 6. Построить векторную диаграмму.

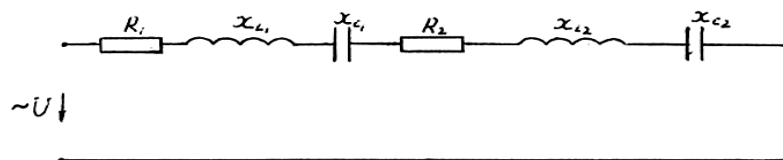


Рисунок 3. Исходная схема

Таблица 1. Исходные данные

| Варианты | $R_1, \text{ Ом}$ | $R_2, \text{ Ом}$ | $X_{L1}, \text{ Ом}$ | X_{L2} | $X_{C1}, \text{ Ом}$ | $X_{C2}, \text{ Ом}$ | дополнительный параметр |
|----------|-------------------|-------------------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| 01 | 4 | - | 6 | - | 3 | - | $Q=48 \text{ вар}$ |
| 02 | 6 | 2 | 3 | - | 9 | - | $U=40\text{В}$ |
| 03 | - | 6 | - | 12 | - | 4 | $I=5 \text{ А}$ |
| 04 | 6 | 2 | 12 | - | 6 | - | $P=200 \text{ В}$ |
| 05 | 4 | 4 | - | 6 | 12 | - | $S=360 \text{ В А}$ |
| 06 | 3 | - | 6 | - | - | 2 | $I=3 \text{ А}$ |
| 07 | - | 8 | - | 16 | 4 | 6 | $P=200 \text{ Вт}$ |
| 08 | 16 | - | 10 | 8 | 6 | - | $U=80 \text{ В}$ |
| 09 | - | 4 | 3 | - | 2 | 4 | $I=4 \text{ А}$ |
| 10 | 3 | - | 2 | - | - | 6 | $U=50 \text{ В}$ |
| 11 | 4 | 4 | - | 4 | 10 | - | $P=200 \text{ Вт}$ |
| 12 | 4 | 4 | 2 | - | - | 8 | $U=60 \text{ В}$ |
| 13 | 6 | - | - | 4 | 12 | - | $S=250 \text{ В А}$ |
| 14 | 8 | 8 | - | 8 | 8 | - | $I=5 \text{ А}$ |
| 15 | - | 4 | 5 | - | 5 | 3 | $P= 100 \text{ Вт}$ |
| 16 | 6 | - | 8 | 4 | 4 | - | $U=20\text{В}$ |
| 17 | - | 8 | - | 12 | 4 | 2 | $S=160 \text{ В А}$ |
| 18 | 6 | - | 2 | - | - | 10 | $I=8 \text{ А}$ |
| 19 | 4 | 2 | - | 12 | 4 | - | $P=600 \text{ Вт}$ |
| 20 | 5 | 3 | 3 | - | - | 9 | $Q=54 \text{ вар}$ |
| 21 | 3 | 6 | - | 6 | 6 | - | $U=45\text{В}$ |
| 22 | - | 4 | 8 | 4 | 3 | 6 | $S=125 \text{ В А}$ |
| 23 | 4 | 4 | - | 4 | 10 | - | $P=72 \text{ Вт}$ |
| 24 | - | 4 | - | 6 | - | 3 | $Q=300 \text{ вар}$ |
| 25 | 6 | 2 | - | 3 | 9 | - | $I=6 \text{ А}$ |
| 26 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | - | $U=30 \text{ В}$ |
| 27 | 4 | - | - | 3 | 4 | 2 | $P=36 \text{ Вт}$ |
| 28 | - | 8 | - | 16 | 4 | 6 | $S=1\ 000 \text{ В А}$ |
| 29 | - | 3 | 6 | 8 | 2 | - | $I=10\text{А}$ |
| 30 | 3 | - | 7 | - | 3 | - | $U=50\text{В}$ |

Контрольные вопросы:

1. Каков характер движения электрических зарядов в проводнике при переменном токе?
2. Как связана частота вращения вектора изображающего синусоидальную величину с ее угловой скоростью?
В какую энергию преобразуется цепь с активным сопротивлением?
3. Укажите параметры переменного тока, от которого зависит индуктивное сопротивление катушки?
4. Какое сопротивление называется реактивным?
5. Что такое резонанс напряжений? токов?

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания в расчетной части.

Продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении задания. Правильно начертил векторную диаграмму данной схемы.

Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при расчетах, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания. Не выполнил построение векторной диаграммы.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

основная литература:

1. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719>— Текст : электронный.

2. Султангараев, И. С., Электротехника. Практикум (с примерами решения задач) : учебное пособие / И. С. Султангараев. — Москва : КноРус, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-406-11241-0. — URL: <https://book.ru/book/948696>— Текст : электронный.

дополнительная литература:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2024. — 318 с. — ISBN 978-5-406-12293-8. — URL: <https://book.ru/book/950679> — Текст : электронный.

информационно-справочные и поисковые системы:

1. Электрикам [информационный ресурс] – доступ: <https://electrikam.com/toe/metody-rascheta-cepej-postoyannogo-toka/>

Практическая работа №11

«Расчет параметров трехфазной цепи переменного тока»

Раздел 2. Электротехника

Тема 2.4: Трехфазная система переменного тока

Количество часов: 2

Цели: изучить зависимость между линейными и фазными токами в трехфазной цепи переменного тока при соединении в звезду, рассчитать трехфазную цепь.

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Выполнить расчеты по формулам;
- Построить векторную диаграмму электрической цепи переменного тока;
- Определить ток в нулевом проводе;
- Ответить на контрольные вопросы;
- Сделать выводы по работе.

Теоретическая часть:

Система трех однофазных цепей, в которых действуют ЭДС одной и той же частоты, сдвинутые по фазе на угол 120^0 , называется *трехфазной электрической цепью*.

Различают симметричный и несимметричный режимы работы трехфазной цепи. При симметричном режиме сопротивления трех фаз равны по величине и имеют одинаковый характер. При несимметричном режиме сопротивления фаз не равны друг другу, при этом токи и их фазные сдвиги будут различными.

Основное свойство симметричных трехфазных систем синусоидальных величин заключается в том: что алгебраическая сумма их мгновенных значений в любой момент времени равна нулю.

Для получения трехфазной системы необходимо определенным образом соединить фазы источника энергии и фазы приемника. Возможны два основных способа соединения в трехфазной системе – соединение фаз источника энергии и приемника звездой и треугольником.

При соединении обмоток генератора звездой концы обмоток соединяют в одну точку, называемую нулевой точкой генератора.

При соединении обмоток генератора треугольником конец первой обмотки соединяют с началом второй, конец второй обмотки с началом третьей, а конец третьей обмотки с началом первой.

При соединении звездой от нулевой точки к потребителям энергии прокладывают нулевой (нейтральный) провод.

Ток в нулевом проводе равен геометрической сумме фазных токов.

$$I_0 = I_A + I_B + I_C \quad (1)$$

К потребителям энергии кроме нулевого прокладывают три линейных провода, которые соединяют с началами обмоток **A**, **B** и **C**. Такая система называется звездой с нулевым проводом (рис.1). Напряжения между линейными и нулевыми проводами (т.е. между началом и концом обмоток генератора) называют фазными напряжениями и обозначают U_A, U_B, U_C (в общем виде U_ϕ). Напряжения между линейными проводами (т.е. между началами обмоток) называют линейными напряжениями и обозначают U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} (в общем виде U_L).

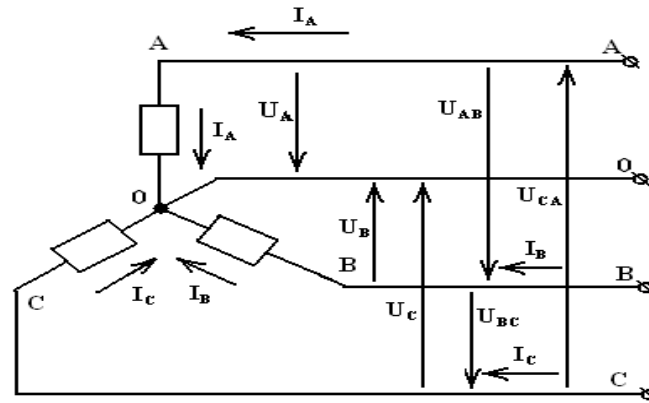


Рисунок.1. Трехфазная схема соединения в звезду

Действующие значения линейных напряжений равны разностям действующих значений соответствующих фазных напряжений:

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B ; \dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C ; \dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A \quad (2)$$

В трехфазной четырехпроводной системе линейные напряжения больше фазных в $\sqrt{3}$ раз, линейные и фазные токи равны:

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_\phi ; I_L = I_\phi \quad (3)$$

Для построения векторной диаграммы вначале необходимо выбрать масштаб для напряжения и тока. Затем отложить векторы фазных напряжений U_A, U_B, U_C , сдвинутые друг относительно друга на 120° . Далее строим вектор первого фазного тока I_A под углом φ_A (в зависимости от характера нагрузки). Аналогично строятся векторы I_B и I_C . Для определения тока в нулевом проводе I_0 необходимо геометрически сложить векторы I_A, I_B и I_C .

Мощность трехфазной цепи равна сумме мощностей отдельных фаз, т.е.

$$P = P_A + P_B + P_C ; Q = Q_A + Q_B + Q_C \quad (4)$$

Активная и реактивная мощность первой фазы приемника соответственно

$$P_A = U_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A ; Q_A = U_A \cdot I_A \cdot \sin \varphi_A \quad (5)$$

где U_A и I_A – напряжение и ток первой фазы приемника;

φ_A – угол сдвига фаз между напряжением U_A и током I_A .

Аналогично определяются активные и реактивные мощности второй и третьей фазы

Порядок выполнения работы: В четырехпроводную сеть включена несимметричная нагрузка, соединенная в звезду (рис.2). Линейное напряжение $U_{ном}=380$ В. В фазе **А** – активное сопротивление $R_A=8$ Ом и емкостное сопротивление $X_A=6$ Ом, в фазе **В** – активное сопротивление $R_B=3$ Ом и индуктивное сопротивление $X_B=4$ Ом, в фазе **С** – активное сопротивление $R_C=11$ Ом. Определить токи в фазах и начертить векторную диаграмму цепи. Из векторной диаграммы графически найти ток в нулевом проводе.

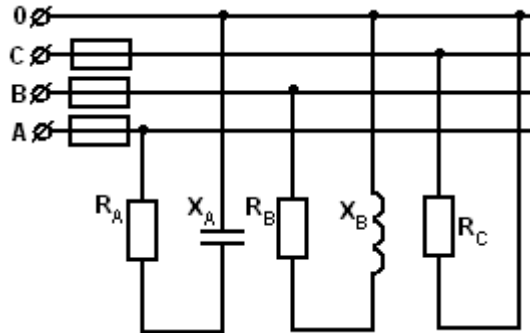


Рисунок 2. Схема

Решение:

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

1. Определяем фазное напряжение

$$I_A = \frac{U_{\phi}}{Z_A} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R_A^2 + X_A^2}} = \frac{220}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = 22 \text{ А}$$

2. Определяем токи в фазах:

$$I_B = \frac{U_{\phi}}{Z_B} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R_B^2 + X_B^2}} = \frac{220}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = 44 \text{ А}; \quad I_C = \frac{U_{\phi}}{Z_C} = \frac{U_{\phi}}{R_C} = \frac{220}{11} = 20 \text{ А}$$

3. Определяем углы сдвига фаз в каждой фазе:

$$\sin \varphi_A = \frac{-X_A}{Z_A} = \frac{-6}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = -0,6; \quad \varphi_A = -36^{\circ}50'; \quad \sin \varphi_B = \frac{X_B}{Z_B} = \frac{4}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = 0,8$$

$\varphi_B = 53^{\circ}10'$; $\varphi_C = 0$, так как в фазе **С** есть только активное сопротивление.

Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току: 1см = 10 А и напряжению 1см = 40 В. Построение диаграммы начинаем с построения векторов фазных напряжений U_A , U_B , U_C (рис.3), располагая их под углом 120° друг относительно друга. В фазе **А** угол сдвига фаз φ_A отрицательный, т.е. ток I_A опережает фазное напряжение U_A на угол φ_A . В фазе **В** угол сдвига фаз φ_B положительный, т.е. ток отстает от фазного напряжения U_B на угол φ_B . В фазе **С** ток и напряжение U_C совпадают по фазе, так как $\varphi_C = 0$. Ток в нулевом проводе I_0 равен геометрической сумме трех фазных токов. Измеряя длину вектора I_0 , получаем 4,5 см, поэтому $I_0 = 45$ А (рис.4).

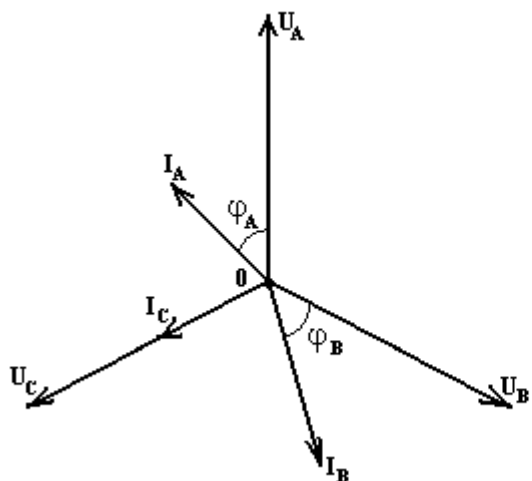


Рисунок 3. Векторная диаграмма

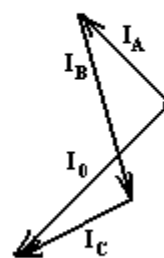


Рисунок 4. Векторная диаграмма

Ход выполнения работы:

- Согласно, варианту начертить таблицу №1(Приложение) для схемы соединения звездой.
- Нарисовать схему трехфазной цепи для своего варианта.
- Рассчитать параметры трехфазной цепи, полученные данные занести в таблицу 1.
- Построить векторную диаграмму с учетом масштаба по току и напряжению.
- Графически определить ток в нулевом проводе.

Приложение №1

- Варианты задания для расчета трехфазной цепи

- Таблица № 1

| № вар. | № рис. | $U_{ном}$ | R_A | R_B | R_C | X_A | X_B | X_C | I_A | I_B | I_C | P_A | P_B | P_C | Q_A | Q_B | Q_C |
|--------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | В | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | А | А | А | Вт | Вт | Вт | Вар | Вар | Вар |
| 1 | 5 | 380 | 3 | | 6 | 4 | 7 | 8 | | | | | | | | | |
| 2 | 5 | 220 | 8 | | 4 | 6 | 9 | 3 | | | | | | | | | |
| 3 | 6 | 380 | | 16 | 8 | 5 | 12 | 6 | | | | | | | | | |
| 4 | 6 | 220 | | 4 | 6 | 7 | 3 | 8 | | | | | | | | | |
| 5 | 7 | 380 | 24 | | 12 | 32 | 30 | 16 | | | | | | | | | |
| 6 | 7 | 220 | 8 | | 16 | 6 | 15 | 12 | | | | | | | | | |
| 7 | 8 | 380 | 14 | | | | 18 | 20 | | | | | | | | | |
| 8 | 8 | 220 | 9 | | | | 11 | 13 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|-----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 9 | 9 | 380 | | 12 | 8 | 15 | 16 | 6 | | | | | | | | | |
| 10 | 9 | 220 | | 3 | 6 | 13 | 4 | 8 | | | | | | | | | |
| 11 | 5 | 380 | 15 | | 16 | 20 | 18 | 12 | | | | | | | | | |
| 12 | 5 | 220 | 24 | | 30 | 32 | 38 | 40 | | | | | | | | | |
| 13 | 6 | 380 | | 4 | 6 | 5 | 3 | 8 | | | | | | | | | |
| 14 | 6 | 220 | | 12 | 20 | 22 | 16 | 15 | | | | | | | | | |
| 15 | 7 | 380 | 40 | | 32 | 30 | 39 | 24 | | | | | | | | | |
| 16 | 7 | 220 | 4 | | 8 | 3 | 8 | 6 | | | | | | | | | |
| 17 | 8 | 380 | 10 | | | | 7 | 12 | | | | | | | | | |
| 18 | 8 | 220 | 20 | | | | 35 | 40 | | | | | | | | | |
| 19 | 9 | 380 | | 15 | 12 | 17 | 20 | 16 | | | | | | | | | |
| 20 | 9 | 220 | | 40 | 32 | 36 | 30 | 24 | | | | | | | | | |
| 21 | 5 | 380 | 40 | | 24 | 30 | 45 | 32 | | | | | | | | | |
| 22 | 5 | 220 | 20 | | 16 | 15 | 28 | 12 | | | | | | | | | |
| 23 | 6 | 380 | | 3 | 12 | 18 | 4 | 16 | | | | | | | | | |
| 24 | 6 | 220 | | 24 | 16 | 33 | 32 | 12 | | | | | | | | | |
| 25 | 7 | 380 | 4 | | 8 | 3 | 14 | 6 | | | | | | | | | |
| 26 | 7 | 220 | 15 | | 30 | 20 | 44 | 40 | | | | | | | | | |
| 27 | 8 | 380 | 2 | | | | 5 | 7 | | | | | | | | | |
| 28 | 8 | 220 | 7 | | | | 9 | 11 | | | | | | | | | |
| 29 | 9 | 380 | | 4 | 6 | 10 | 3 | 8 | | | | | | | | | |
| 30 | 9 | 220 | | 20 | 12 | 22 | 15 | 16 | | | | | | | | | |

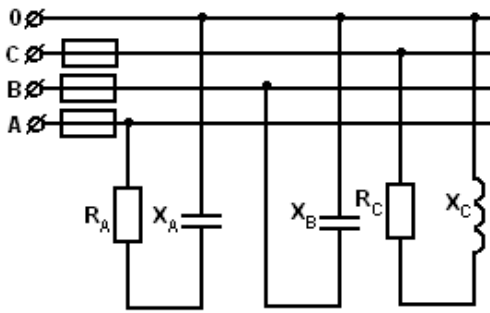


Рис. 5

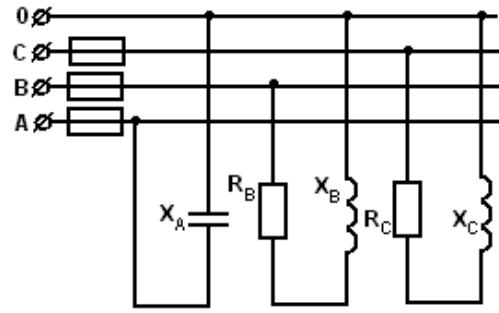


Рис.6

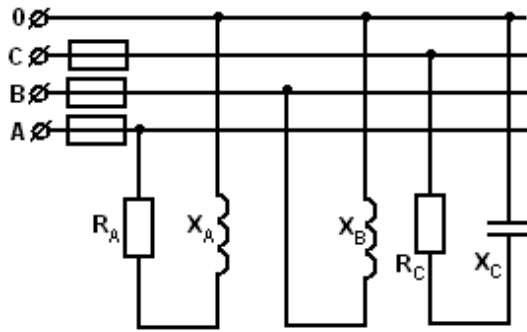


Рис. 7

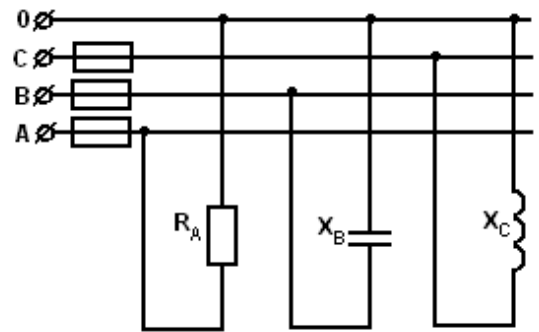


Рис.8

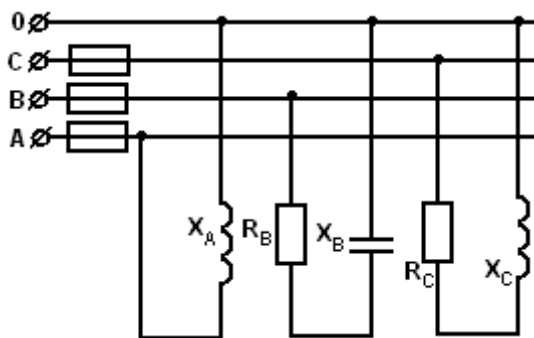


Рис.9

Контрольные вопросы:

1. Какая электрическая цепь называется трехфазной?
2. Что называют схемой соединения звездой?
3. Запишите формулы для определения линейных напряжений и токов в трехфазной цепи, соединенной звездой.
4. Как определяется мощность трехфазной цепи?

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания в расчетной части.

Продemonстрировал умение применять теоретические знания при выполнении задания. Правильно начертил векторную диаграмму данной схемы.

Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при расчетах, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания. Не выполнил построение векторной диаграммы.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

основная литература:

1. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719>— Текст : электронный.

2. Султангараев, И. С., Электротехника. Практикум (с примерами решения задач) : учебное пособие / И. С. Султангараев. — Москва : КноРус, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-406-11241-0. — URL: <https://book.ru/book/948696>— Текст : электронный.

дополнительная литература:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2024. — 318 с. — ISBN 978-5-406-12293-8. — URL: <https://book.ru/book/950679> — Текст : электронный.

информационно-справочные и поисковые системы:

1. Электрикам [информационный ресурс] – доступ: <https://electrikam.com/toe/metody-rascheta-cepej-postoyannogo-toka/>

Практическая работа № 12

«Технические характеристики электроизмерительных приборов»

Раздел 2. Электротехника

Тема 2.5: Электрические измерения

Количество часов: 2

Цели: Научиться определять технические характеристики электроизмерительных приборов.

Задачи:

- Изучить теоретический материал;
- Расшифровывать условные обозначения на шкале электроприбора.
- Ответить на контрольные вопросы;
- Сделать выводы по работе.

Теоретическая часть:

Для контроля режима электрических цепей приходится измерять ряд физических величин: ток, напряжение, мощность и энергию. В цепях переменного тока помимо этого измеряют также частоту, сдвиг по фазе и контролируют форму кривой напряжения и тока. Измерение – это нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Технические средства, которые служат для измерения электрических величин, называются электроизмерительными приборами. Во многих отраслях техники электроизмерительными приборами пользуются также для измерения и контроля неэлектрических величин.

Приборы, показания которых являются непрерывными функциями измеряемых величин, называются *аналоговыми* (в них отчет значения измеряемой величины производится по шкале)

Измерительные приборы, автоматически вырабатывающие дискретные сигналы измерительной информации в дающие показания в цифровой форме, называют *цифровыми*.

Существует множество электроизмерительных приборов, которые помогают исследовать и контролировать работу электрической цепи.

На шкале электроизмерительного прибора отмечаются: измеряемая им физическая величина, класс точности, род тока, для которого прибор предназначен, рабочее положение (вертикальное или горизонтальное), величина напряжения при котором испытывалась изоляция прибора, система прибора.

Порядок выполнения работы:

1. Дана схема (рис.1) подключения электроизмерительных приборов: амперметра, вольтметра и ваттметра. Записать и расшифровать условные обозначения электроизмерительных приборов в таблицу 2.

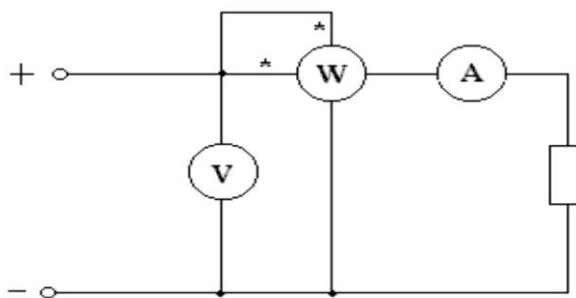


Рисунок 1. Подключение электроизмерительных приборов

Условные обозначения электроизмерительных приборов

Таблица 1

| <i>Наименование системы</i> | <i>Обозначение прибора</i> |
|------------------------------|----------------------------|
| Магнитоэлектрическая система | |
| Электромагнитная система | |
| Электродинамическая система | |
| Ферродинамическая система | |
| Индукционная система | |
| Электростатическая система | |
| Вибрационная система | |
| Тепловая система | |

2. Ознакомиться со всеми электроизмерительными приборами стенда. Записать технические характеристики приборов в таблицу 2.

Таблица 2

| <i>Прибор</i> | <i>Амперметр</i> | <i>Вольтметр</i> | <i>Ваттметр</i> |
|----------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Назначение | | | |
| Тип прибора | | | |
| Система | | | |
| Класс точности | | | |
| Расположение | | | |
| Род тока | | | |
| Максимальное напряжение изоляции | | | |
| Пределы измерения | | | |
| Цена деления | | | |

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается сущность работы цифрового электроизмерительного прибора?
2. Можно ли приборы электродинамической системы применять для измерений:
 - а) в цепях постоянного тока;
 - б) в цепях переменного тока?
3. Каков порядок сборки электрической цепи?
4. Какие системы электроизмерительных приборов Вы знаете?
5. Как поступить, если стрелка амперметра с односторонней шкалой отклонилась влево от нулевой отметки?

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания в расчетной части.

Продемонстрировал умение применять теоретические знания при выполнении задания. Правильно начертил векторную диаграмму данной схемы.

Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при расчетах, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания. Не выполнил построение векторной диаграммы.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.

Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.

Не выполнил норматив на положительную оценку

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

основная литература:

1. Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719> — Текст : электронный.
2. Султангараев, И. С., Электротехника. Практикум (с примерами решения задач) : учебное пособие / И. С. Султангараев. — Москва : КноРус, 2023. — 180 с. — ISBN 978-5-406-11241-0. — URL: <https://book.ru/book/948696> — Текст : электронный.

дополнительная литература:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва : КноРус, 2024. — 318 с. — ISBN 978-5-406-12293-8. — URL: <https://book.ru/book/950679> — Текст : электронный.

информационно-справочные и поисковые системы:

1. Электрикам [информационный ресурс] – доступ: <https://elektrikam.com/toe/metody-rascheta-cepej-postoyannogo-toka/>

Практическая работа №13
«Исследование полупроводникового стабилитрона»

Раздел 3. Электроника

Тема 3.1: Полупроводниковые приборы

Количество часов: 2

Цели:

1. Изучение принципа работы и устройства полупроводникового стабилитрона.
2. Приобретение навыков сборки электронных схем.

Материальное обеспечение:

1. Универсальный лабораторный стенд.
2. Рабочая панель / кассета
3. Электроизмерительные приборы: амперметр -1шт., вольтметр 1шт.,

Теоретическая часть:

Полупроводниковыми диодами – называются полупроводниковые приборы с одним *p–p-переходом*. Полупроводниковые диоды используются в выпрямителях для преобразования переменного тока в постоянный. Полупроводниковые стабилитроны отличаются от силовых диодов повышенной концентрацией носителей зарядов. Благодаря высокой концентрации носителей, напряженность электрического поля в электронно-дырочном переходе возрастает на столько, что при сравнительно не большом обратном напряжении приложенном к полупроводниковому стабилитрону, возникает лавинный пробой перехода и ток через переход начинает резко возрастать при почти не приемном напряжении на стабилитроне. Лавинный пробой не вызывает разрушения электронно-дырочного перехода, т.к. прекращается размножение носителей зарядов и ток через переход уменьшается. $R_{диф}$ определяется по формуле:

$$R_{диф} = \frac{\Delta U_{см}}{\Delta I_{см}}$$

Коэффициент стабилизации показывает во сколько раз относительно изменение входного напряжения больше относительного изменения выходного напряжения. Допустимая величина обратного тока через полупроводниковый стабилитрон ограничивается допустимой мощностью рассеивания.

$$P_{max} = U_{см} * I_{см.max}$$

Превышение предельно допустимого тока приводит к перегреву и к тепловому пробую стабилитрона.

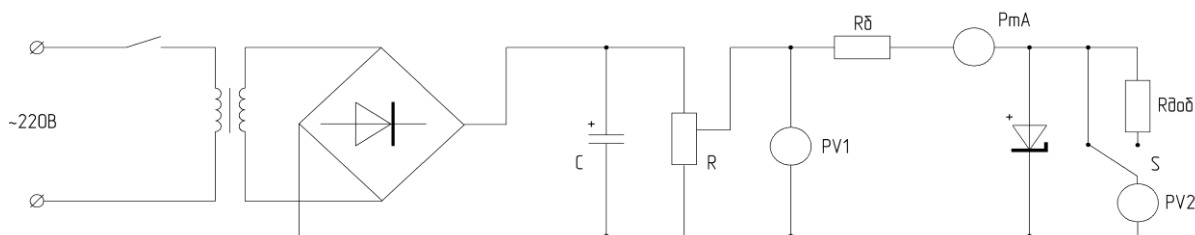


Рис.1 Схема для снятия характеристик стабилитрона.

Порядок выполнения работы:

1. Познакомится со схемой включения стабилитрона на плате №3.
2. Изучить универсальный лабораторный стенд, его органы управления и приборы, расположенные на лицевой панели стенда.
3. Вставить панель №3 «Стабилитрон» в лабораторный тумблер «V» в положение 25, «V» в положение 3, тумблер «mA» в положение Ю.
4. Проверить положение ручки «Рег. напряжения» - крайне – левое, что соответствует выведенным потенциометрам. Поставить «прямое» включение стабилитрона и провести измерения. Данные занести в таблицу №1.
- 5.

Таблица №1. (прямое включение)

| | | | | | |
|-----------|---|---|----|----|----|
| U_1 (В) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| I (mA) | | | | | |
| U_2 (В) | | | | | |

5. Поставить «обратное» включение стабилитрона и произвести замеры. Данные занести в таблицу №2.

Таблица №2 (обратное включение)

| | | | | | |
|-----------|---|---|----|----|----|
| U_1 (В) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| I (mA) | | | | | |
| U_2 (В) | | | | | |

6. На основании результатов измерения построить ВАХ стабилитрона.

Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) схемы экспериментов;

- в) таблицы полученных экспериментальных данных;
- г) изобразить вольтамперную характеристику стабилитрона и указать область стабилизации напряжения;
- д) выводы по работе

Контрольные вопросы:

1. Назначение стабилитрона, маркировка.
2. Устройство и принцип работы стабилитрона.
3. Какие диоды работают в режиме пробоя?
4. Как выбирают диоды в двухполупериодной схеме выпрямителя?

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания по сборке электрической схемы. Продемонстрировал умение применять теоретические знания/правила выполнения технологию при выполнении задания.
- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности. Показал теоретические знания при сборке электрической схемы, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике.
- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.
- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание. Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания. Не выполнил норматив на положительную оценку.

Список источников и литературы

Основные источники:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум. : учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2022. — 318 с. — ISBN 978-5-406-09932-2. — URL: <https://book.ru/book/943944>— Текст : электронный
- 2 . Мартынова, И. О., Электротехника. : учебник / И. О. Мартынова. — Москва : КноРус, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719> — Текст : электронный.
3. Сидоренко, Е.Н. Полупроводниковая электроника: Учебное пособие / Е.Н. Сидоренко — Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-9275-32-05-. — URL: <https://book.ru/book/945377> — Текст: электронный.

Дополнительные источники:

1. Мартынова, И.О. Электротехника. Лабораторно-практические работы: Учебное пособие / И.О. Мартынова — Москва: КноРус, 2023. — 136 с. — ISBN 978-5-406-11494-0. — URL: <https://book.ru/book/949301> — Текст: электронный.

Интернет-ресурсы:

1. Основы электротехники [Электронный ресурс]. – URL: <http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z0000008/>
2. Мультимедийный курс по электротехнике и основам электроники [Электронный ресурс]. – URL: <http://eltray.com>

Практическая работа № 14

«Исследование одно, двух-полупериодного выпрямителя»

Раздел 3. Электроника

Тема 3.2: Устройства на базе полупроводниковых приборов

Количество часов: 2

Цели:

1. Ознакомится с методикой работы с осциллографом;
2. Получить осциллограммы выходных напряжений в схемах выпрямителей.
3. Сделать вывод какая из схем лучше и по каким параметрам.

Задачи:

1. Изучить теоретический материал;
2. Изучить методические указания и правила проведения лабораторных работ;
3. Изучить правила сборки электрической схемы;
4. Изучить правила работы с осциллографом

Материальное обеспечение:

1. лабораторный стенд; соединительные провода,
2. Рабочая кассета выпрямителя;
3. Электронный осциллограф

Теоретическая часть:

Полупроводниковыми диодами – называются полупроводниковые приборы с одним *p-r*-переходом. Полупроводниковые диоды используются в выпрямителях для преобразования переменного тока в постоянный. Основным элементом всякого выпрямителя является диод -- прибор, пропускающий ток в одну сторону.

Потребители постоянного тока используют лишь постоянную составляющую, после вентилля, поэтому необходимо между вентиллями и потребителями ставить фильтр.

Фильтры бывают: емкостные, индуктивные, индукционно-емкостные, комбинированные, транзисторные.

Важными параметрами выпрямителя являются: коэффициент пульсаций, который показывает во сколько раз фильтр уменьшает пульсацию $S=q_{вх} / q_{вых}$, где q коэффициент пульсации.

Величина постоянно составляющей I_0, U_0 . КПД, который учитывает электрические потери.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему однополупериодного выпрямителя (рис.1)

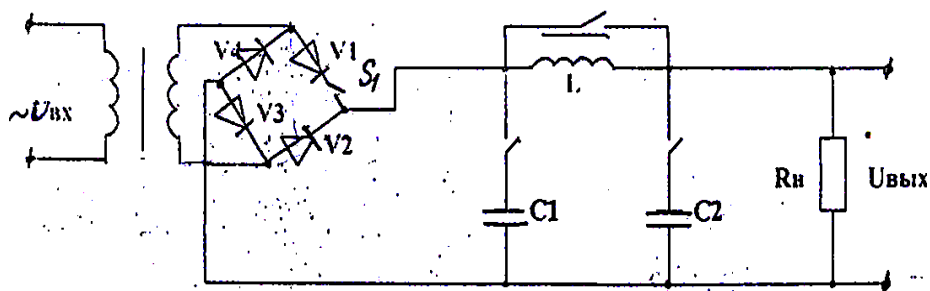
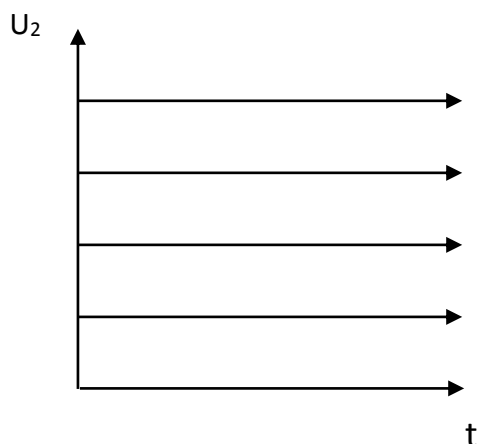


Рис.1. Схема однополупериодного выпрямителя

1. Изучить, назначение органов управления и понять методику измерения, частоты и

- амплитуды исследуемого сигнала.
2. Вставить кассету в лабораторный стенд и подключить на тумблер сеть. Включить тумблер в сеть. Наблюдать и зарисовать осциллограмму напряжения
 3. Наблюдать и зарисовать осциллограмму двух-полупериодного с фильтром.
 4. Наблюдать и зарисовать двух-полупериодный выпрямитель без фильтра.
 5. Замкнуть ключ S1, наблюдать осциллограмму двух-полупериодного выпрямителя.
 6. Определить коэффициент пульсации по формуле $S=q_{вх} / q_{вых}$.
 7. Нарисовать временные диаграммы

Временные диаграммы



Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) схемы экспериментов;
- в) таблицы полученных экспериментальных данных;
- г) результаты отчета;
- д) выводы по работе

Ответить на контрольные вопросы

1. Назначение осциллографа.
2. Применение выпрямителей
3. Что такое фильтр, типы фильтров и их принцип действия.
4. Объяснить вид временных диаграмм.
5. Мостовая схема двух-полупериодного выпрямителя на полупроводниковом диоде.

Критерии оценки за практическую работу:

- «Отлично» - Показал полное знание технологии выполнения задания по сборке электрической схемы. Продемонстрировал умение применять теоретические знания/правила выполнения/технологии при выполнении задания. Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

- «Хорошо» - Задание в целом выполнил, но допустил неточности.

Показал теоретические знания при сборке электрической схемы, выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

- «Удовлетворительно» - Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.

- «Неудовлетворительно» - Не выполнил задание. Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания. Не знает технологию/алгоритм выполнения задания. Не выполнил норматив на положительную оценку.

-

Учебно-методическое и информационное обеспечение:

Основные источники:

1. Мартынова, И.О.. Электротехника. Лабораторно-практические работы: Учебное пособие / И.О. Мартынова — Москва : КноРус, 2023. — 136 с. — ISBN 978-5-406-11494-0. — URL: <https://book.ru/book/949301>— Текст : электронный.

2. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум: учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2022. — 318 с. — ISBN 978-5-406-09932-2. — URL: <https://book.ru/book/943944>— Текст: электронный

3. Сидоренко, Е.Н. Полупроводниковая электроника: Учебное пособие / Е.Н. Сидоренко — Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-9275-32-05-. — URL: <https://book.ru/book/945377> — Текст: электронный.

Дополнительные источники:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника: учебник / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-406-11277-9. — URL: <https://book.ru/book/948617>— Текст: электронный.

Интернет-ресурсы:

1. Основы электротехники [Электронный ресурс]. – URL: <http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z0000008/>

2. Мультимедийный курс по электротехнике и основам электроники [Электронный ресурс]. – URL: <http://eltray.com>

Список источников и литературы (для преподавателя)

Основная литература:

1. Мартынова, И. О., Электротехника: учебник / И. О. Мартынова. — Москва: КноРус, 2023. — 304 с.
— ISBN 978-5-406-11358-5. — URL: <https://book.ru/book/948719> — Текст: электронный.
2. Аполлонский, С. М., Электротехника: учебник / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-406-11277-9. — URL: <https://book.ru/book/948617> — Текст: электронный.
3. Аполлонский, С. М., Электрические машины и аппараты: учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2024. — 387 с. — ISBN 978-5-406-12595-3. — URL: <https://book.ru/book/951872>— Текст: электронный.
4. Сидоренко, Е.Н. Полупроводниковая электроника: Учебное пособие / Е.Н. Сидоренко — Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-9275-32-05-. — URL: <https://book.ru/book/945377> — Текст: электронный.

Дополнительные источники:

1. Аполлонский, С. М., Электротехника. Практикум: учебное пособие / С. М. Аполлонский. — Москва: КноРус, 2024. — 318 с. — ISBN 978-5-406-12293-8. — URL: <https://book.ru/book/950679>— Текст: электронный.
2. Мартынова, И. О., Электротехника. Лабораторно-практические работы: учебное пособие / И. О. Мартынова. — Москва: КноРус, 2023. — 136 с. — ISBN 978-5-406-11494-0. — URL: <https://book.ru/book/949301>— Текст: электронный.

Информационно-справочные и поисковые системы:

1. Электрикам [информационный ресурс] — доступ: <https://elektrikam.com/toe/metody-rascheta-cepej-postoyannogo-toka/>