

приложение № 5 к ОПОП

Государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Кунгурский колледж агротехнологий и управления»



Методические рекомендации

**по выполнению лабораторных и практических работ
по учебной дисциплине**

ОП.04 Основы эксплуатации электрооборудования

по специальности

20.02.02 Защита в чрезвычайных ситуациях

2026 г.

Содержание

1. Пояснительная записка	4
2. Общие указания к выполнению лабораторных и практических работ.....	6
3. Лабораторные и практические работы	6
3.1. Лабораторное занятие №1. Измерение мультиметрами различных марок напряжения и сопротивления в цепях постоянного тока	6
3.2. Лабораторное занятие №2 Измерение параметров электрической цепи в программе «Начало электроники».....	6
3.3. Лабораторное занятие №3. Последовательное соединение элементов электрической цепи.	8
3.4 Лабораторное занятие № 4. Параллельное соединение элементов электрической цепи	10
3.5 Лабораторное занятие № 5. Смешанное соединение элементов электрической цепи ...	11
3.6. Практическое занятие №1 Определение эквивалентного сопротивления разветвленной цепи.....	13
3.7. Практическое занятие №2. Расчет элементов электрических цепей по закону Ома.	16
3.8. Практическое занятие №3. Расчет разветвленной цепи постоянного тока с одним источником ЭДС.	18
3.9. Практическое занятие №4 Последовательное и параллельное соединение конденсаторов	21
3.10. Практическое занятие №5 Построение векторных диаграмм.....	22
3.11. Лабораторное занятие № 6 Неразветвленная цепь переменного тока с активными и реактивными элементами	22
3.12. Практическое занятие №6. Расчет неразветвленной цепи переменного тока	23
3.13. Практическое занятие № 7. Расшифровка векторных диаграмм неразветвленной цепи переменного тока	26
3.14. Лабораторное занятие №7. Устройство, основные параметры электромагнитных реле, контакторов, автоматических выключателей.....	28
3.15 Практическое занятие № 8 Выбор автоматических выключателей для защиты сетей жилых зданий.....	29
3.16.Лабораторное занятие № 8. Исследование трехфазной цепи при соединении источников и потребителей звездой.....	31
3.17. Практическое занятие № 9. Определение тока в нулевом проводе способом векторных диаграмм.....	33
3.18 . Практическое занятие № 10. Расчет трехфазной цепи. Соединение фаз источника энергии и приемника звездой	34
3.19. Практическое занятие № 11 Расчет параметров однофазного трансформатора.....	36
3.20. Лабораторное занятие № 9. Измерение параметров однофазного трансформатора.....	38
3.21. . Практическое занятие № 12 Расчет трехфазного трансформатора.....	38
3.22. Практическое занятие № 13 Техника безопасности при обслуживании трансформаторов.....	40
3.23..Практическое занятие № 14. .Схема пуска нереверсивного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	40
3.24. Практическое занятие № 15. .Схема пуска реверсивного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.....	41
3.25. Практическое занятие № 16. Практическое занятие по схемам.....	42
3.26. Лабораторное занятие № 10. Сборка схемы управления двигателем постоянного тока	42
3.27.Лабораторное занятие № 11. Схема включения нереверсивного трехфазного асинхронного двигателя.....	43
3.28. Практическое занятие №20. Заполнение наряда – допуска и журналов учета по нарядам и распоряжениям.....	44

3.29. Лабораторное занятие № 12. Измерение сопротивления изоляции электрооборудования до 1000 В	46
4. Критерии оценивания выполнения практических и лабораторных и работ	47
5. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных и практических занятий.....	48
6. Список источников для обучающихся	49

1.Пояснительная записка.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических занятий по учебной дисциплине ОП.04 Основы эксплуатации электрооборудования составлены на основе рабочей программы дисциплины, федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 20.02.02 Защита в чрезвычайных ситуациях, утвержденного Приказом Минпросвещения России от 25 декабря 2024 г. N 1060 , и учебного плана по специальности.

Цель методических указаний - оказание помощи обучающимся в выполнении лабораторных и практических работ по учебной дисциплине ОП.04. Основы эксплуатации электрооборудования Настоящие методические указания позволят обучающимся самостоятельно овладеть знаниями и профессиональными умениями, и направлены на формирование общих и профессиональных 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 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 2.2. Устранять неисправности аварийно-спасательных средств и автотранспорта, не требующих специального оборудования.

ПК 2.3. Осуществлять техническую эксплуатацию и безопасное применение аварийно-спасательного, пожарного оборудования (техники), беспилотных авиационных систем и робототехники.

ПК 2.4. Управлять силами и средствами на этапах тушения пожара.

ПК 2.8. Оказывать первую помощь пострадавшим при чрезвычайных ситуациях.

В рамках программы учебной дисциплины обучающимися осваиваются умения и знания

Код ПК, ОК	Умения	Знания
ОК01 - ОК 05; ОК 09;	У1.Использовать основные законы и принципы теоретической электротехники в профессиональной	31.Способы получения, передачи и использования электрической энергии. 32.Основные законы электротехники,

ПК2.2- ПК 2.4, ПК 2.8.	деятельности. У2. Читать принципиальные, электрические и монтажные схемы. У3. Рассчитывать параметры электрических цепей. У4. Пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями. У5. Собирать электрические схемы.	свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов. 33. Основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств и приборов. 34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей. 35. Правила эксплуатации электрооборудования.
-----------------------------------	---	---

2. Общие указания к выполнению лабораторных и практических работ

По каждой работе представлены краткие методические указания к ее выполнению. Перед выполнением каждого задания обучающийся должен ознакомиться с изучаемым материалом по учебному пособию, практикуму и другой литературе. Лабораторные работы выполняются в лаборатории электротехники в соответствии с графиком учебного процесса. По каждой работе обучающийся в отдельной тетради чертит схемы, таблицы, отвечает на вопросы, помещенные в методических указаниях для отчета по выполняемой работе. При проведении лабораторной работы преподаватель показывает оборудование, на котором проводится лабораторная работа, поясняет тему, разъясняет последовательность сборки схем, а затем обучающиеся работают самостоятельно и в конце занятий защищают отчет по лабораторной или практической работе. О степени своей подготовленности студент может судить по знанию вопросов для самопроверки, которые приведены в каждой работе.

Описание каждой лабораторной и практической работы содержит: тему, цели работы, задания, порядок выполнения работы, оснащение рабочего места, формы контроля, требования к выполнению.

3. Лабораторные и практические работы

3.1. Лабораторное занятие №1

Тема: Измерение мультиметрами различных марок напряжения и сопротивления в цепях постоянного тока

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У4. Пользоваться электроизмерительными приборами.

Оборудование: Стенд для сборки схем.

Ход работы:

1. Подключить к источнику постоянного напряжения переменный резистор.
2. Измерить напряжение на источнике питания и резисторе стрелочным вольтметром. Определить цену деления шкалы вольтметра.
3. Измерить напряжение на источнике питания и резисторе разными мультиметрами, установив переключатель режимов мультиметра в соответствующее положение.
4. Сравнить показания приборов, сделать выводы.
5. Изменяя сопротивление резистора, произвести измерение напряжения, (п.2 и п.3).
6. Выключить источник питания, разобрать схему. Измерить сопротивление резистора разными приборами.

Вопросы для контроля индивидуальных заданий:

1. Характеристика вольтметра, схемы включения.
2. Характеристика омметра, схемы включения.

Вывод:

Текущий

контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения лабораторного занятия позволяет оценить усвоенное умение У4.

3.2. Лабораторное занятие №2

Тема: Измерение параметров электрической цепи в программе «Начала электроники»

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У4. Пользоваться электроизмерительными приборами .

32..Основные законы электротехники.

Оборудование: Компьютер. Программа «Начала электроники»

Ход работы:

1. Открыть программу «Начала электроники»
2. На монтажной плате составить схему Рисунок 1,
3. Установить параметры резисторов согласно своего варианта из табл. №1.
4. При помощи мультиметра замерить токи I_1 , I_2 , I_3 , I_4 .
5. Измерить мультиметром напряжение на всех резисторах.
6. Измерить мультиметром сопротивление резисторов R_3 и R_4 и R_8 , сравнить с

номиналом.

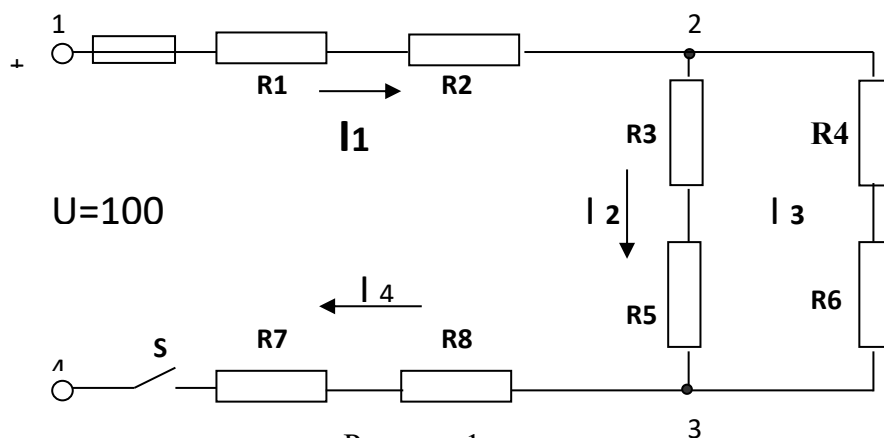


Рисунок 1

Таблица 1

№ варианта	R1, кОм	R2, кОм	R3, кОм	R4, кОм	R5, кОм	R6, кОм	R7 кОм	R8 кОм
1	1	2	4	3	20	3	0,1	3
2	2	2	3	3	10	3	0,15	3
3	3	2	5	3	15	3	0,2	3
4	4	1	2	3	14	3	0,25	3
5	1,5	2	4	3	13	3	0,18	1
6	2,5	1	6	4	18	4	0,13	2
7	5	2	3	5	17	5	0,23	4
8	4,5	3	7	2	19	2	0,05	3,5
9	2,5	1	5,5	2	15	2	0,25	3,5
10	2	2	4,5	4	17	4	0,18	3,5
11	1,5	3	2	1	15	3,5	0,15	1
12	3	1	2	2	12	4	0,22	2

13	4	4	3	1	19	2	0,30	8
14	4	1,5	1	6	15	3,5	0,55	4
15	1	2,5	3	5	13	2	0,34	3
16	2	2	4,5	2	12	4	0,11	2
17	6	1	2	4	16	1	0,27	3
18	3	6	9	6	19	3	0,01	4
19	5	3	5,5	2	15	3	0,21	1,5
20	2,5	1	4,5	4	17	2	0,31	5,5
21	1	3	2,5	2	11	3	0,25	6,5
22	3,5	2,5	1	6	9	1,5	0,1	1,5
23	2,5	5	2	5	8	6	0,66	5
24	4,5	6	5	1	7	3	0,77	4
25	4	3	8	3	6	2	0,3	2

Вопросы для контроля индивидуальных заданий :

- В каких величинах измеряется сила тока, напряжение и сопротивление в системе СИ.
- Как измерить силу тока на участке цепи.
- Как измерить напряжение на резисторе;
- Назвать два условия измерения сопротивления на любом элементе электрической цепи.
- Схема подсоединения прибора для измерения сопротивления.

Вывод:

Текущий контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения лабораторной работы позволяет оценить усвоенные умения и знания У6, 31

3.3. Лабораторное занятие №3

Тема: Последовательное соединение элементов электрической цепи.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У1. Использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности.

У2. Читать принципиальные, электрические и монтажные схемы.

У3. Рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей.

У4. Пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями.

У5. Собирать электрические схемы.

32. Основные законы электротехники

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

Оборудование: Стенд для сборки схем.

Ход работы:

1. Собрать на стенде схему Рис.1
2. Записать показания амперметров в таблицу 1.
3. Измерить напряжение на выходе источника питания и на каждом резисторе, данные занести в таблицу 1
4. При выключенном источнике питания измерить мультиметром сопротивление резисторов, данные занести в таблицу 1.

Рассчитать:

- общее напряжение ;
- общее сопротивление по закону Ома;
- эквивалентное сопротивление цепи;
- сопротивление и мощность каждого резистора по закону Ома;
- общую потребляемую мощность всех резисторов;
- мощность источника питания;
- составить баланс мощностей.
- Рассчитанные данные занести в таблицу 2

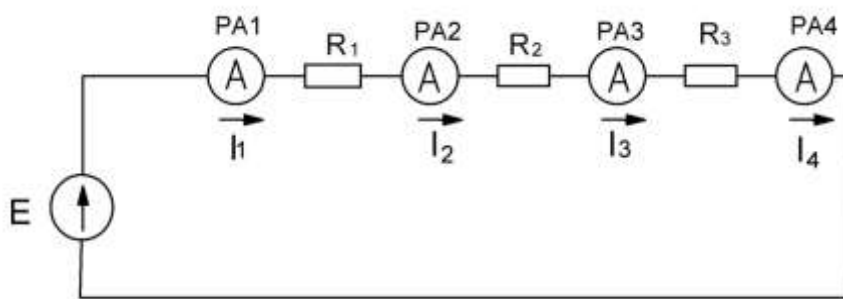


Рис.1

Измеренные данные

Таблица 1.

I_1 А	I_2 А	I_3 А	I_4 А	U В	U_1 В	U_2 В	U_3 В	R_1 Ом	R_2 Ом	R_3 Ом	$R_{общ}$ Ом

Расчетные данные

Таблица 2.

U В	$R_{общ}$ Ом	$R_э$ Ом	R_1 Ом	R_2 Ом	R_3 Ом	P_1 Вт	P_2 Вт	P_3 Вт	$P_{потр}$ Вт	$P_{ист}$ Вт

Формулы для расчета:

- $U = U_1 + U_2 + U_3$
- $R_{общ} = U / I_1$; $R_э = R_1 + R_2 + R_3$
- $R_1 = U_1 / I_1$; $R_2 = U_2 / I_2$; $R_3 = U_3 / I_3$

- $P_1 = U_1 \cdot I_1 = I_1^2 \cdot R_1$; $P_2 = U_2 \cdot I_2$; $P_3 = U_3 \cdot I_3$
- $P_{\text{потр}} = P_1 + P_2 + P_3$; $P_{\text{ист}} = U \cdot I$

Вопросы для контроля индивидуальных заданий :

- Определение эквивалентного сопротивления при последовательном соединении элементов электрической цепи.
- Определение мощности рассеивания на резисторе.
- Определение общей потребляемой мощности при последовательном соединении элементов цепи.
- Что такое баланс мощностей.

Вывод:

Текущий

контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения лабораторного занятия позволяет оценить усвоенные умения и знания У1- У4, У6, З 2,34.

3.4. Лабораторное занятие № 4

Тема: Параллельное соединение элементов электрической цепи.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

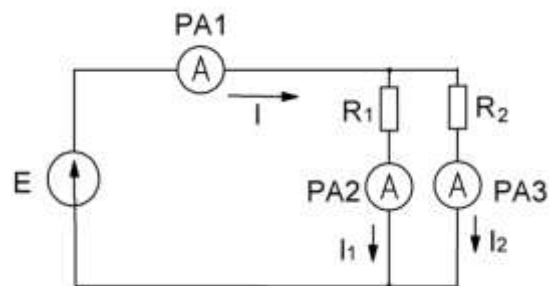
- У1. Использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности.
- У2. Читать принципиальные, электрические и монтажные схемы.
- У3. Рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей.
- У4. Пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями.
- У5. Собирать электрические схемы.
- 32. Основные законы электротехники
- 34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

Оборудование: Стенд для сборки схем.

Ход работы:

1. Собрать на стенде схему Рисунок 1

Рисунок 1



2. Записать показания амперметров в таблицу
3. Измерить напряжение на выходе источника питания и на каждом резисторе, данные занести в таблицу 1
4. При выключенном источнике питания измерить мультиметром сопротивление резисторов, данные занести в таблицу 1.

Рассчитать:

- Общий ток I_1 ;
- общее сопротивление по закону Ома;
- эквивалентное сопротивление цепи;
- сопротивление каждого резистора по закону Ома;

- мощность каждого резистора ;
- общую потребляемую мощность всех резисторов;
- мощность источника питания;
- составить баланс мощностей.
- Рассчитанные данные занести в таблицу 2

Измеренные данные

I	I ₁	I ₂	U	U ₁	U ₂	R ₁	R ₂	R _{общ}
А	А	А	В	В	В	Ом	Ом	Ом

Таблица 1.

Расчетные данные

I	R _{общ}	R _э	R ₁	R ₂	P ₁	P ₂	P _{потр}	P _{ист}
В	Ом	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт	Вт

Таблица 2.

Формулы для расчета:

- $I = I_1 + I_2$
- $R_{общ} = U / I$; $R_э = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2)$
- $R_1 = U_1 / I_1$; $R_2 = U_2 / I_2$
- $P_1 = U_1 * I_1 = I_1^2 * R_1$; $P_2 = U_2 * I_2 = I_2^2 * R_2$
- $P_{потр} = P_1 + P_2$; $P_{ист} = U * I$

Вопросы для контроля индивидуальных заданий :

- Чему равен общий ток при параллельном соединении элементов.
- Какое напряжение на каждом элементе при параллельном их соединении.
- Определение эквивалентного сопротивления при параллельном соединении элементов электрической цепи.
- Определение мощности рассеивания на резисторе.
- Определение общей потребляемой мощности при параллельном соединении элементов цепи.

Вывод:

Текущий контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения лабораторного занятия позволяет оценить усвоенные умения и знания У1- У5, З 2,34,

3.5. Лабораторное занятие № 5

Тема: Смешанное соединение элементов электрической цепи.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У1. Использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электронной техники в профессиональной деятельности.

У2. Читать принципиальные, электрические и монтажные схемы.

У3. Рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей.

У4. Пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями.

У6. Собирать электрические схемы.

З2. Основные законы электротехники

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

Оборудование: Стенд для сборки схем.

Ход работы:

1. Собрать на стенде схему Рисунок 1

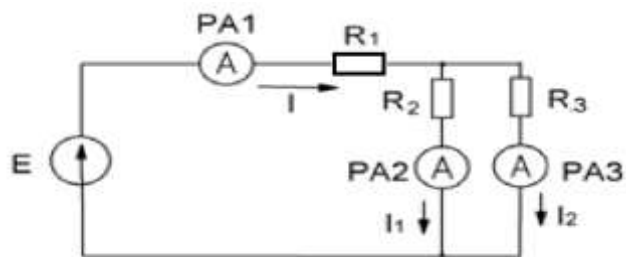


Рисунок 1

2. Записать показания амперметров в таблицу 1.

3. Измерить напряжение на выходе источника питания и на каждом резисторе, данные занести в таблицу 1

4. При выключенном источнике питания измерить мультиметром сопротивление резисторов, данные занести в таблицу 1.

Рассчитать:

- Общий ток I_1 ;
- общее сопротивление по закону Ома;
- эквивалентное сопротивление цепи;
- сопротивление каждого резистора по закону Ома;
- мощность каждого резистора ;
- общую потребляемую мощность всех резисторов;
- мощность источника питания;
- составить баланс мощностей.

Измеренные данные

Таблица 1.

I А	I_1 А	I_2 А	U В	U_1 В	U_2 В	U_3 В	R_1 Ом	R_2 Ом	R_3 Ом	$R_{общ}$ Ом

Расчетные данные

Таблица 2.

I В	$R_{общ}$ Ом	$R_э$ Ом	R_1 Ом	R_2 Ом	R_3 Ом	P_1 Вт	P_2 Вт	P_3 Вт	$P_{потр}$ W	$P_{ист}$ Вт

Вывод: Текущий контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения лабораторного занятия позволяет оценить усвоенные умения и знания У1- У5, 3 2,34

3.6. Практическое занятие №1

Тема: Определение эквивалентного сопротивления разветвленной цепи

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Ход работы:

1. Определить эквивалентное сопротивление электрической цепи. Вариант задания выбрать из таблицы 1 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале. Схему выбрать в соответствии со своим вариантом (Рис.1, Рис.2).

2. Определить ток, проходящий через источник питания.

3 . Ответить на вопросы.

Параметры резисторов электрической схемы

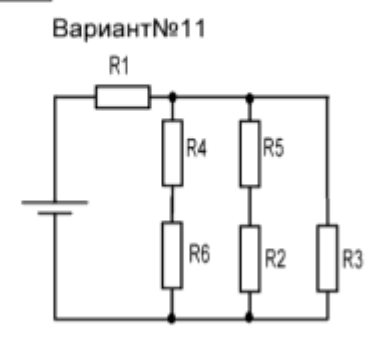
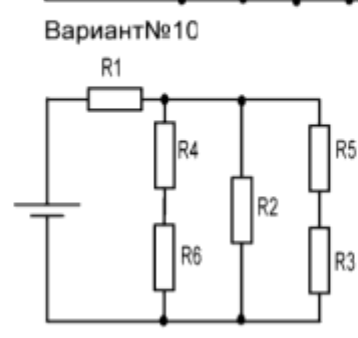
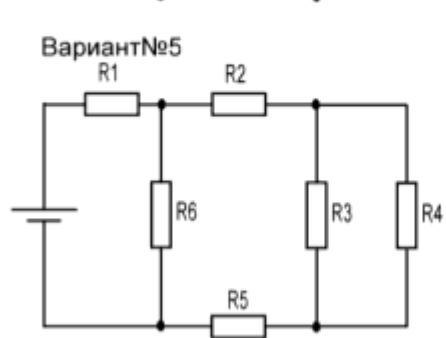
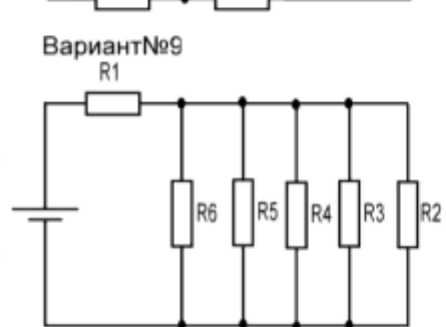
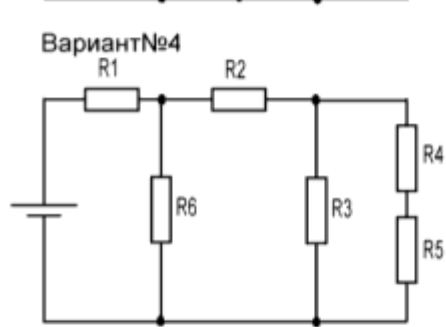
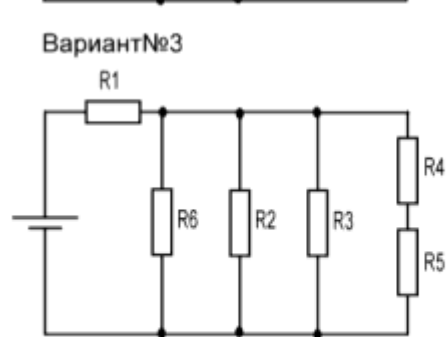
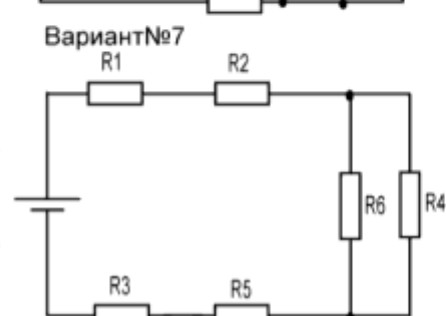
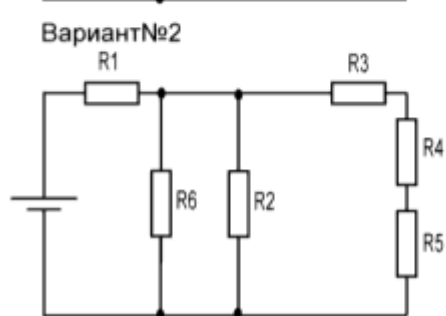
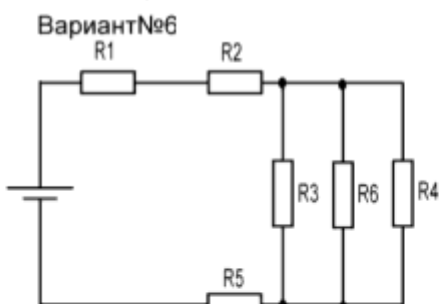
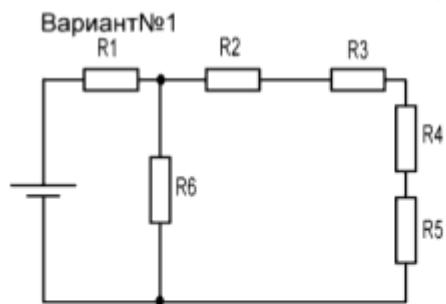
Таблица 1

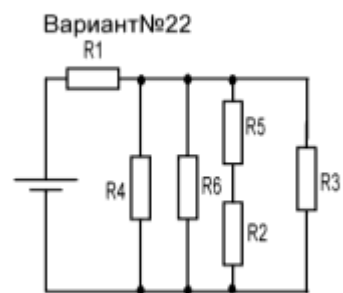
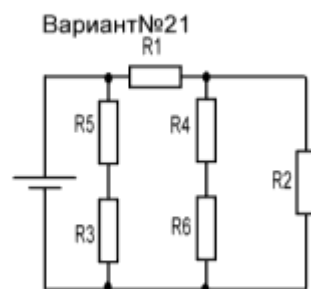
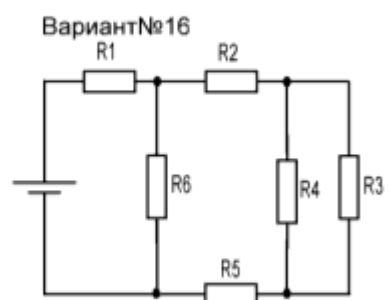
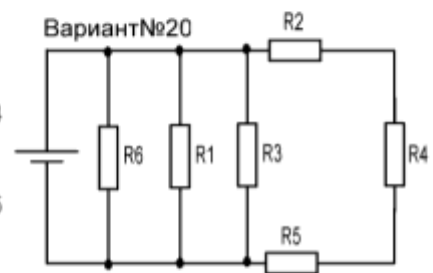
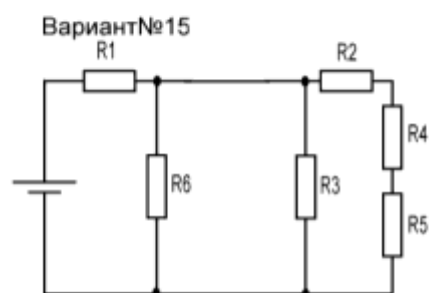
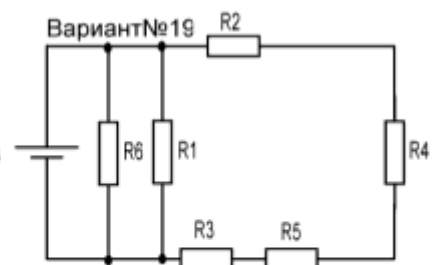
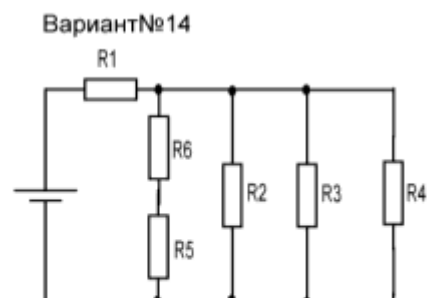
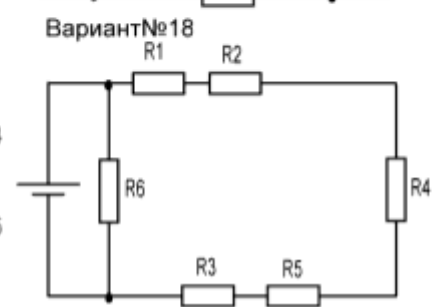
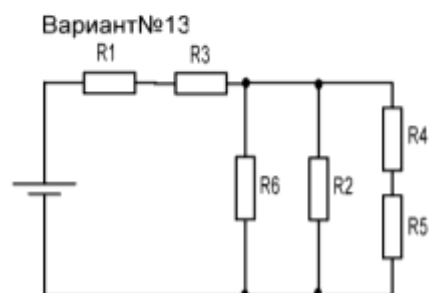
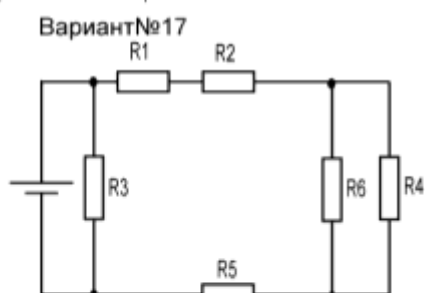
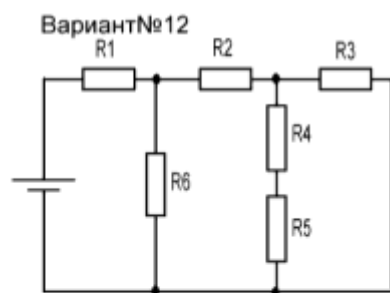
№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
R1, Ом	200	250	420	60	300	120	30	900	60	50	72	30	70
R2, кОм	0,5	1,5	0,5	0,3	0,42	0,45	0,5	0,6	0,08	0,1	100	0,3	0,25
R3, Ом	100	300	200	200	400	200	60	400	80	50	490	300	30
R4, Ом	200	300	100	50	100	400	600	200	160	36	200	150	250
R5, кОм	0,2	0,8	0,4	0,15	0,4	1,2	0,8	0,2	0,16	0,05	30	0,15	0,25
R6, Ом	1000	150	200	400	900	400	600	1000	40	14	900	20	500
E, В	75	150	200	50	25	70	80	90	10	20	30	40	50
r, Ом	50	20	30	5	2	8	10	10	2	6	15	10	25

№ вар.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
R1, Ом	200	40	100	300	70	400	900	200	110	60	150	130	180
R2,кОм	2	3,3	0,2	0,6	0,23	0,18	0,8	0,5	0,3	0,25	1	0,1	0,13
R3 Ом	500	300	100	1000	200	300	900	200	250	40	500	200	200
R4,Ом	250	500	500	180	600	100	80	120	40	200	400	200	300
R5,кОм	0,46	0,2	1,1	0,1	0,2	0,2	0,12	0,3	0,1	0,3	0,33	0,2	0,17
R6, Ом	40	200	600	180	500	400	450	80	80	500	170	80	400
E, В	100	150	200	50	25	70	80	90	10	20	30	40	50
r Ом	10	20	30	5	2	8	10	10	2	6	15	10	25

Вопросы для контроля индивидуальных заданий:

- Определение эквивалентного сопротивления цепи при последовательном соединении элементов цепи.
- Определение эквивалентного сопротивления при параллельном соединении элементов электрической цепи.
- Последовательность определения эквивалентного сопротивления цепи.





3.7. Практическое занятие № 2

Тема: Расчет элементов электрических цепей по закону Ома.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Ход работы:

1. Выполнить задания 1- 4. Варианты заданий выбрать из таблиц 1 - 4 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале.

2 . Ответить на вопросы.

Задание 1. Записать сопротивление резистора R, в кОм и МОм (округление до десятых долей)

Параметры резистора

Таблица 1

№ вар	1	2	3	4	5	6	7
R, Ом	45621589	78459219	45621789	45621789	7854219154	124587912	1542682
№ вар	8	9	10	11	12	13	14
R, Ом	128579,6	78666232	456217,8	17856536	78542191,5	1245879,1	154268256
№ вар	15	16	17	18	19	20	21
R, Ом	5621589	1845921	6562579	1561789	585321914	12358752	6532682
№ вар	22	23	24	25	26	27	28
R, Ом	62859,6	8262232	25215,8	4734653	1832131,5	324579,1	35426256

Задание 2 . Рассчитать мощность рассеивания на резисторе.

Параметры электрической цепи

Таблица 2

№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сопр.,	20 кОм	40 Ом	1,5кОм	2 МОм	40 кОм	35 Ом	5 МОм	500мОм	20 Ом
Ток	0,25 А	120 мА	300мкА	2 мкА	5 А	5 мА	3 мкА	4 А	0,8 кА
№ вар	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Сопр.,	2 кОм	6 Ом	0,5кОм	1 МОм	40 Ом	0,5 Ом	3 МОм	200мОм	2 Ом
Ток	0,11 А	20 мА	300мА	2 мА	5 мА	7 мА	10 мА	4 мА	0,1 кА
№ вар	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Сопр.,	1 кОм	2 Ом	1,5кОм	2 МОм	10 Ом	1,5 Ом	1 МОм	20мОм	20 Ом
Ток	1,11 А	10 мА	30мА	20 мА	5 0мА	2 мА	25 мА	5 мА	0,4 кА

Задание 3 Найти сопротивление резистора.

Параметры электрической цепи

Таблица 3

№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U	20 кВ	40 В	1,8 МВ	2 мВ	40 кВ	35 В	5 МВ	500мВ	24 В
I	0,5 А	20 мА	900мкА	2 мкА	5 А	5 мА	2,5 мкА	4 А	0,8кА
№ вар	10	11	12	13	14	15	16	17	18
U	22 кВ	6 В	0,3 КВ	1 МВ	40 мВ	0,14 В	6 МВ	200мВ	160 В
I	0,11 А	18 мА	300мА	2 мА	5 мА	7 мА	10 мА	4 мА	0,8 кА
№ вар	19	20	21	22	23	24	25	26	27
U	10 кВ	4 В	2 МВ	2 0мВ	4 кВ	12 В	1 МВ	50мВ	48 В
I	2,5 А	200мА	90мкА	20 мкА	1 А	50 мА	25 мкА	2 А	1,8кА

Задание 4

Определить общее сопротивление трех резисторов, соединенных последовательно и параллельно. Начертить схему соединения резисторов и схему подключения омметра для измерения общего сопротивления резисторов..

Параметры резисторов

Таблица 4

№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R1.	7 кОм	40 Ом	18 Ом	2,4 Ом	30 кОм	8 кОм	2,8 Ом	50 Ом	10 кОм
R2	3,5кОм	40 Ом	9 Ом	2,4 Ом	15 кОм	8 кОм	1,4 Ом	25 Ом	5 кОм
R3	7 кОм	20 Ом	18 Ом	1,2 Ом	30 кОм	4 кОм	2,8 Ом	50 Ом	10 кОм
№ вар	10	11	12	13	14	15	16	17	18
R1.	5 кОм	6 кОм	82 Ом	1 Ом	180 Ом	1,4 Ом	680 Ом	2 кОм	160 Ом
R2	2,5кОм	3 кОм	41 Ом	0,5 Ом	90 Ом	0,7 Ом	340 Ом	1 кОм	80 Ом
R3	5 кОм	6 кОм	82 Ом	1 Ом	180 Ом	1,4 Ом	680 Ом	2 кОм	160 Ом
№ вар	19	20	21	22	23	24	25	26	27
R1.	10 кОм	10 Ом	2 Ом	12 Ом	3 кОм	4 Ом	1,8 Ом	5 Ом	1Ом
R2	5 кОм	20 Ом	4 Ом	6 Ом	1,5 кОм	2 Ом	0,9 Ом	2,5 Ом	0,5 Ом
R3	10 кОм	20 Ом	4 Ом	12 Ом	3 кОм	4 Ом	1,8 Ом	5 Ом	1Ом

Вопросы для контроля индивидуальных заданий :

- Определение рациональным способом общего сопротивления при параллельном соединении резисторов.
- Правила перевода электрических величин в систему СИ (записать все приставки).
- Что нужно сделать в схеме параллельного соединения нескольких резисторов при измерении сопротивления одного из резисторов .

Вывод:

Текущий контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения лабораторного занятия позволяет оценить усвоенные умения и знания У1- У5, 3 2,34

3.8. Практическое занятие №3.

Тема: Расчет разветвленной цепи постоянного тока с одним источником ЭДС

Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

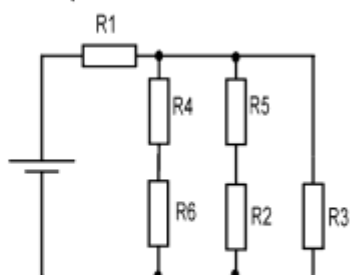
Ход работы:

ЗАДАНИЕ. Определить для заданной схемы количество узлов и ветвей, Найти значение ЭДС и токи в ветвях, Составить баланс мощности.

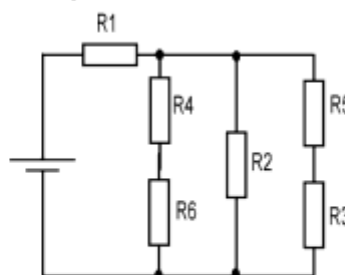
№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ток в последней ветви, А	1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	2	1	0,1	0,2
R ₀ , Ом	20	40	60	10	50	100	120	50	48	25	230	10	50
R ₁ , Ом	30	60	40	60	100	100	80	100	60	50	70	30	75
R ₂ , кОм	0,6	0,6	0,5	0,1	0,65	0,15	0,8	0,9	0,04	0,1	0,15	0,2	0,25
R ₃ , Ом	1000	300	200	150	500	200	800	400	20	50	50	300	80
R ₄ , Ом	300	500	200	150	100	200	600	200	160	100	200	150	125
R ₅ , кОм	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,05	0,2	0,3	0,1	0,05	0,3	0,1	0,12
R ₆ , Ом	200	100	1000	200	900	400	800	900	40	100	700	150	125

№ вар.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Ток в последней ветви, А	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	2	1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
R ₀ , Ом	80	50	80	10	20	50	50	50	25	50	70	50	80
R ₁ , Ом	20	800	20	270	30	400	100	40	50	75	30	400	20
R ₂ , кОм	0,15	0,1	0,4	0,1	1	0,3	0,45	0,5	0,3	0,25	0,15	0,1	0,4
R ₃ , Ом	500	800	600	40	1000	300	20	900	300	90	600	400	600
R ₄ , Ом	500	500	100	30	1000	100	80	120	150	100	600	100	100
R ₅ , кОм	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,35	0,3	0,15	0,11	0,05	0,2	0,1
R ₆ , Ом	500	800	600	270	800	100	450	120	450	150	500	400	600

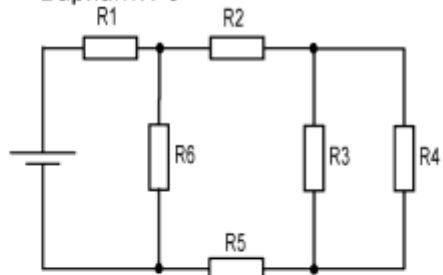
Вариант №1



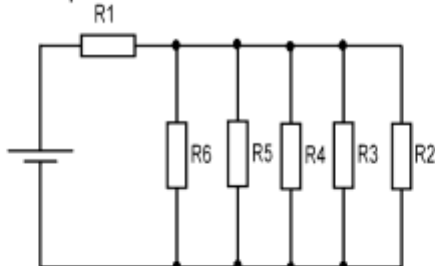
Вариант №2



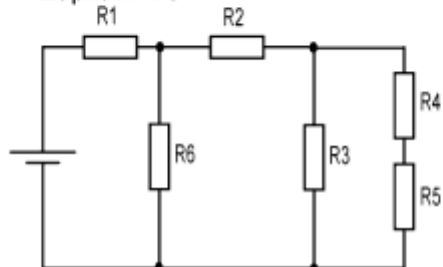
Вариант №3



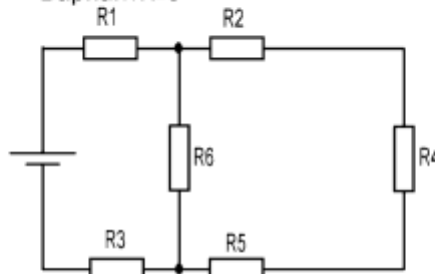
Вариант №4



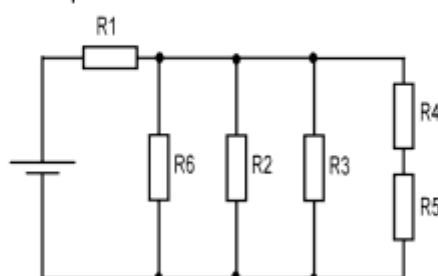
Вариант №5



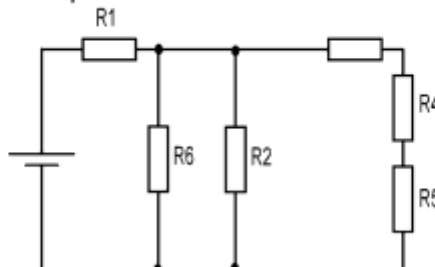
Вариант №6



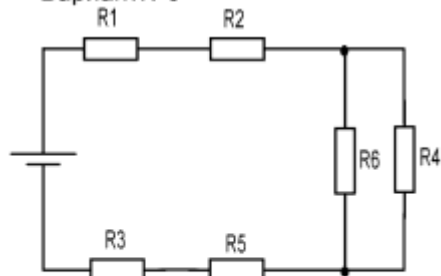
Вариант №7



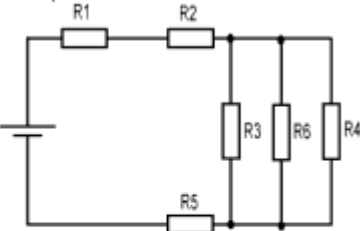
Вариант №8



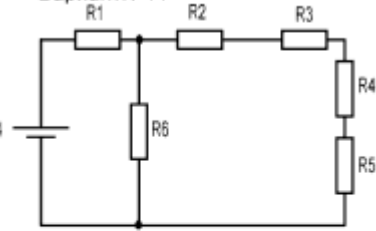
Вариант №9



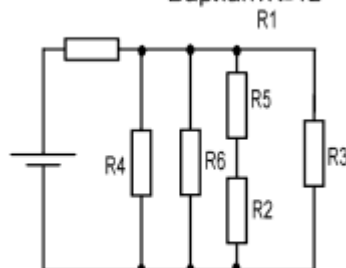
Вариант №10



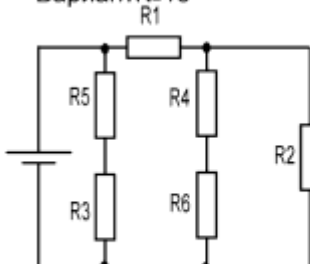
Вариант №11



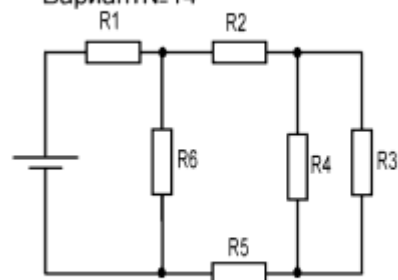
Вариант №12



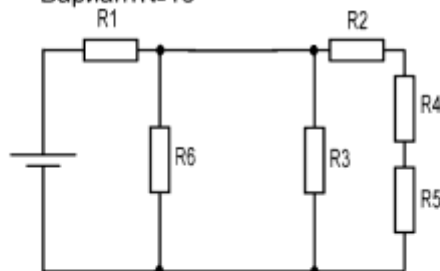
Вариант №13



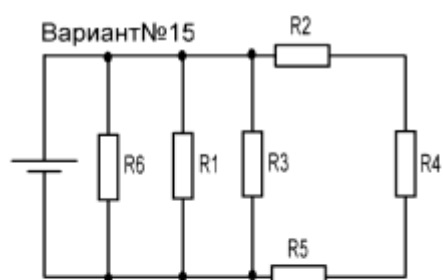
Вариант №14



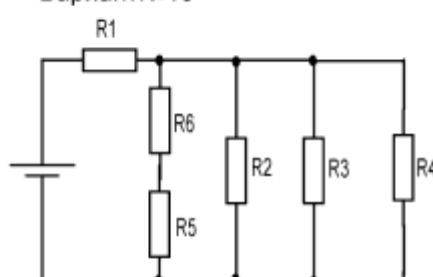
Вариант №16



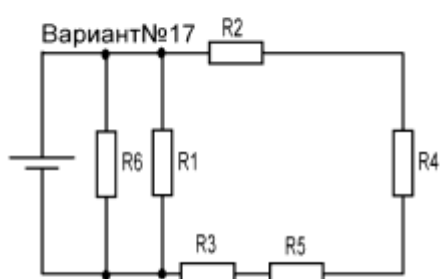
Вариант №15



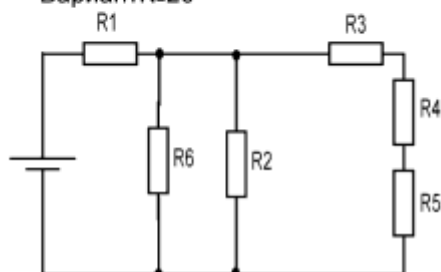
Вариант №18



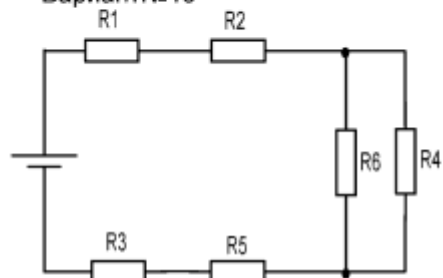
Вариант №17



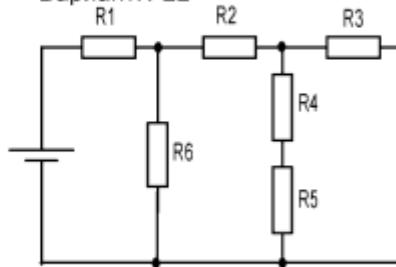
Вариант №20



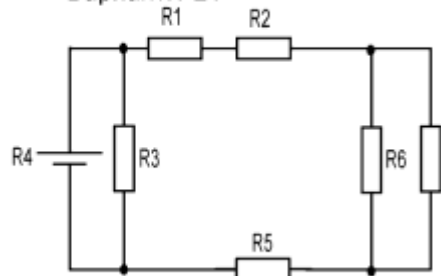
Вариант №19



Вариант №22



Вариант №21



3.9. Практическое занятие №4

Тема: Последовательное и параллельное соединение конденсаторов

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Ход работы:

Вариант задания выбрать из таблицы 1 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале.

Задание1.

а) Определить общую емкость трех последовательно соединенных конденсаторов, начертить схему.

б) Определить общее емкостное сопротивление этих конденсаторов. Частоту сети взять промышленную, которая применяется в России.

Задание2.

а) Определить общую емкость трех параллельно соединенных конденсаторов, начертить схему.

б) Определить общее емкостное сопротивление этих конденсаторов. Частоту сети взять промышленную, которая применяется в России.

Задание3.

а) Определить общую емкость трех смешанно соединенных конденсаторов, начертить схему.

б) Определить общее емкостное сопротивление этих конденсаторов. Частоту сети взять промышленную, которая применяется в России.

Таблица 1

№ Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
С 1 мкФ	600	318	900	150	100	1000	400	250	159	190	1600	500
С2 мкФ	600	318	900	150	100	1000	400	250	159	190	1600	500
С3 мкФ	1200	636	1800	300	200	2000	800	500	318	380	800	1000
№ Вар.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
С 1 мкФ	1500	300	800	450	860	150	1400	820	460	530	860	1200
С2 мкФ	1500	300	800	450	860	150	1400	820	460	530	860	1200
С3 мкФ	750	600	1600	900	430	300	700	410	230	1060	430	600

3.10. Практическое занятие №5

Тема: Построение векторных диаграмм

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Ход работы:

1. Начертить схему неразветвленной цепи переменного тока с тремя резисторами. Рассчитать ток и напряжение на каждом резисторе. Построить векторную диаграмму.
2. Начертить схему неразветвленной цепи переменного тока с конденсатором. Рассчитать ток и напряжение на элементе. Построить векторную диаграмму.
3. Начертить схему неразветвленной цепи переменного тока с резистором и катушкой индуктивности. Рассчитать ток и напряжение на каждом элементе. Построить векторную диаграмму.
4. Начертить схему неразветвленной цепи переменного тока с конденсатором и катушкой индуктивности. Рассчитать ток и напряжение на каждом элементе. Построить векторную диаграмму.
5. Начертить схему неразветвленной цепи переменного тока с резистором и конденсатором. Рассчитать ток и напряжение на каждом элементе. Построить векторную диаграмму.

3.11. Лабораторное занятие № 6

Неразветвленная цепь переменного тока с активным и реактивными элементами.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

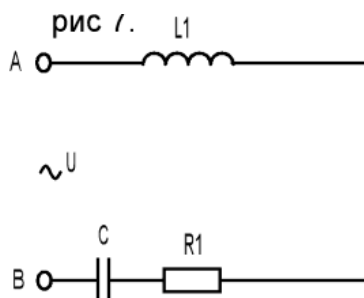
У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей.

Ход работы:

1. Собрать на стенде неразветвленную цепь переменного тока (рисунок 1), измерить параметры схемы.
2. Начертить векторную диаграмму, и по ней определить приложенное напряжение

Рисунок 1



3.12. Практическое занятие № 6

Тема: Расчет неразветвленной цепи переменного тока.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Ход работы:

Неразветвленная цепь переменного тока, показанная на соответствующем рисунке, содержит активные и реактивные сопротивления, величины которых заданы в таблице 1. Определить:

- Полное сопротивление цепи;
- Силу тока в цепи;
- Угол сдвига фаз между током и напряжением в цепи;
- Активную, реактивную и полную мощности, потребляемые цепью;
- Составить баланс мощности;
- Начертить в масштабе векторную диаграмму.

Вариант задания выбрать из таблицы 1 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале. Схему выбрать в соответствии со своим вариантом (Рис.1).

Таблица 1.

Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ рис.	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
R_1 Ом	8	10	6	16	4	80	6	3	12	32
R_2 Ом	4	20	нет	нет	нет	нет	2	1	нет	нет
L_1 Гн	0,0573	0,1592	0,0064	0,0478	0,0191	0,3185	0,0319	0,0159	0,0319	0,0796
L_2 Гн	нет	нет	0,0319	0,0159	нет	нет	нет	нет	0,0127	0,0478
C мкФ	1592	318	796	398	796	127	3185	531	159	398
ЭДС $E, В$	200	100	40	67	25	200	50	47	40	125

Вар.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
№ рис.	1	1	2	2	3	3	6	7	8	9	10	10
R_1 Ом	6	12	8	12	6	60	100	15	40	50	80	70
R_2 Ом	6	18	нет	нет	нет	нет	нет	нет	30	20	нет	нет
L_1 Гн	0,06	0,2	0,0064	0,05	0,03	0,4	0,3	0,6	0,08	0,07	0,01	0,045
L_2 Гн	нет	Нет	0,0319	0,0159	нет	нет	0,045	нет	нет	нет	0,0851	0,12
C мкФ	1500	300	800	450	860	150	1400	820	460	530	860	1200
ЭДС $E, В$	210	180	60	100	120	140	380	200	220	220	240	180

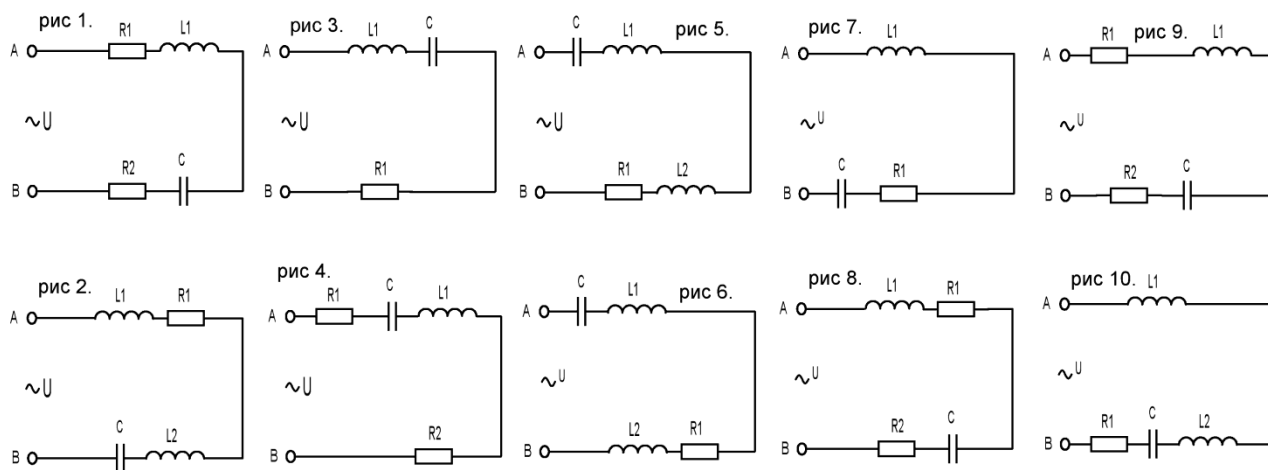


Рис.1

Методические указания по выполнению Практического занятия № 3

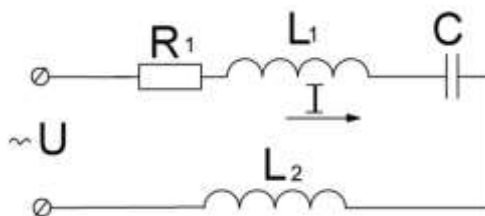
Пример расчета неразветвленной цепи переменного тока.

Неразветвленная цепь переменного тока, показанная на соответствующем рисунке, содержит активные и реактивные сопротивления, величины которых заданы в таблице. Определить:

- Полное сопротивление цепи;
- Силу тока в цепи;
- Угол сдвига фаз между током и напряжением в цепи;
- Активную, реактивную и полную мощности, потребляемые цепью;
- Составить баланс мощностей ;
- Начертить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений на участках цепи.

Дано:

$R_1 = 12 \text{ Ом};$
 $L_1 = 0,15 \text{ Гн};$
 $L_2 = 0,04 \text{ Гн};$
 $C = 0,0005 \text{ Ф};$
 $U = 100 \text{ В}.$



Решение.

1. Находим общее сопротивление цепи.

$$Z = \sqrt{R^2 + (XL - XC)^2} = \sqrt{12^2 + (59,7 - 6,36)^2} = 54,6 \text{ Ом}$$

$$R_1 = R = 12 \text{ Ом}$$

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} = 47,1 + 12,6 = 59,7 \text{ Ом}$$

$$X_{L1} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,15 = 47,1 \text{ Ом}$$

$$X_{L2} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,04 = 12,6 \text{ Ом}$$

$$X_C = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C) = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,0005) = 6,36 \text{ Ом}$$

2. Находим ток в цепи. $I = U/Z = 100/54,6 = 1,83 \text{ А}$

3. Находим угол сдвига фаз между током и напряжением в цепи.

$$\cos \psi = R/Z = 12/54,6 = 0,2197 \quad \psi = 77^\circ$$

4. Находим активную, реактивную и полную мощности, потребляемые цепью.

$$P = I^2 \cdot R = 1,83^2 \cdot 12 = 40 \text{ Вт}$$

$$Q = Q_L - Q_C = 200 - 21 = 179 \text{ Вар}$$

$$Q_L = I^2 \cdot X_L = 1,83^2 \cdot 59,7 = 200 \text{ Вар}$$

$$Q_C = I^2 \cdot X_C = 1,83^2 \cdot 6,36 = 21 \text{ Вар}$$

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2} = \sqrt{40^2 + 179^2} = 183 \text{ ВА}$$

5. Баланс мощностей.

$$S_{\text{пот}} = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2} = 183 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{ист}} = I \cdot U = 1,83 \cdot 100 = 183 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{пот}} = S_{\text{ист}}$$

$$183 \text{ ВА} = 183 \text{ ВА}$$

6. Находим напряжения на сопротивлениях цепи.

$$U_R = I \cdot R = 1,83 \cdot 12 = 22 \text{ В}$$

$$U_L = I \cdot X_L = 1,83 \cdot 59,7 = 109 \text{ В}$$

$$U_C = I \cdot X_C = 1,83 \cdot 6,36 = 11,6 \text{ В}$$

7. Строим векторную диаграмму.

Выбираем масштаб по току. $M_I = 0,5 \text{ А/см}$

Чертим вектор тока длиной $L_I = I / M_I = 1,83 / 0,5 = 3,66 \text{ см}$ горизонтально.

Выбираем масштаб по напряжению $M_U = 10 \text{ В/см}$.

Находим длины векторов напряжений.

$$L_{UR} = U_R / M_U = 22 / 10 = 2,2 \text{ см}$$

$$L_{UL} = U_L / M_U = 109 / 10 = 10,9 \text{ см}$$

$$L_{UC} = U_C / M_U = 11,6 / 10 = 1,16 \text{ см}$$

Вдоль вектора тока откладываем вектор активного напряжения длиной 2,2 см.

Под углом 90° относительно вектора тока с конца вектора активного напряжения вверх откладываем вектор индуктивного напряжения длиной 10,9 см.

От конца вектора индуктивного напряжения откладываем вектор емкостного напряжения длиной 1,16 см.

Соединив начало векторной диаграммы с полученной точкой получим вектор напряжения приложенной ко всей цепи длиной $L_U = 10$ см

Вычисляем величину напряжения, приложенного к цепи.

$$U = L_U \cdot M_U = 10 \cdot 10 = 100 \text{ В.}$$

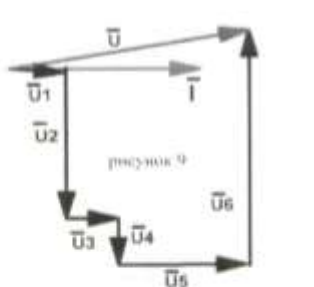
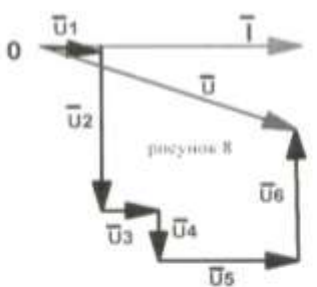
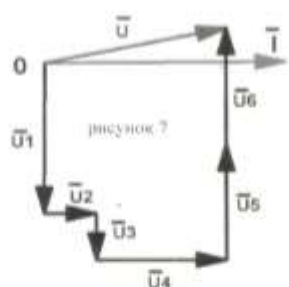
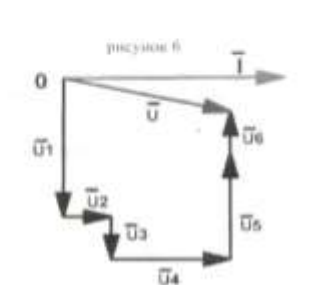
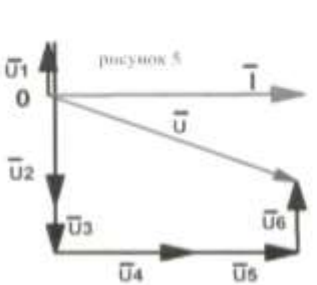
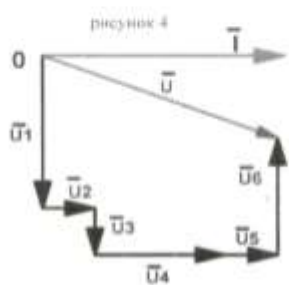
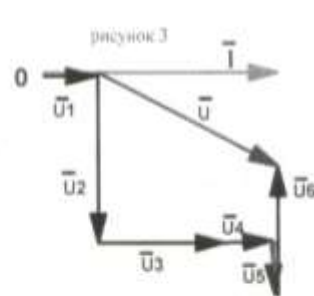
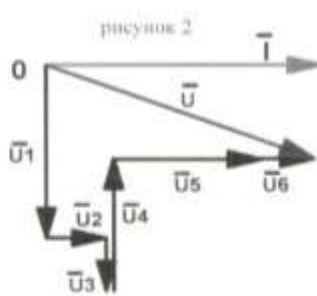
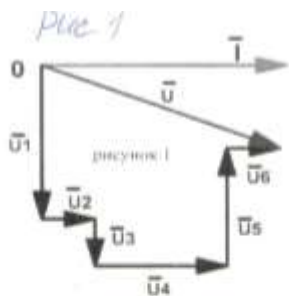


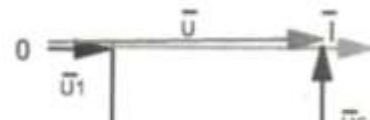
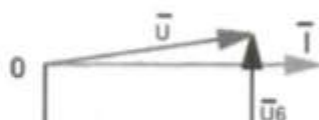
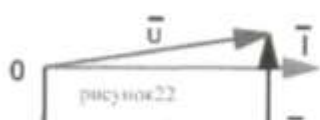
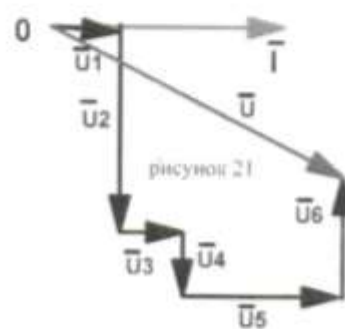
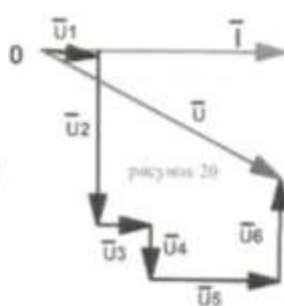
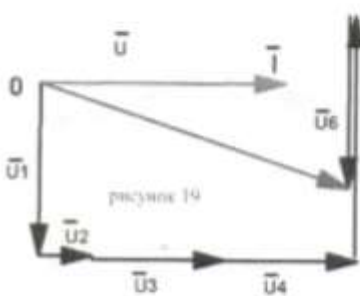
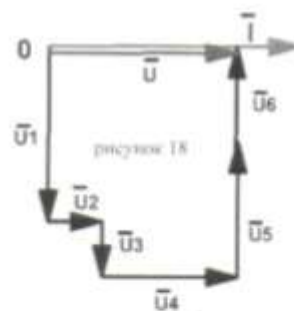
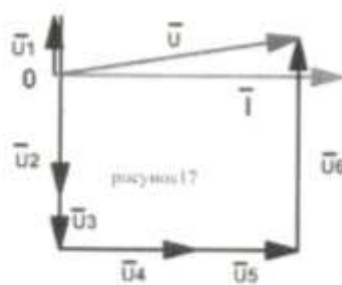
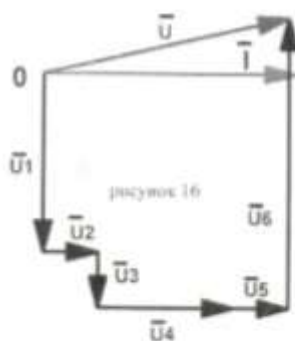
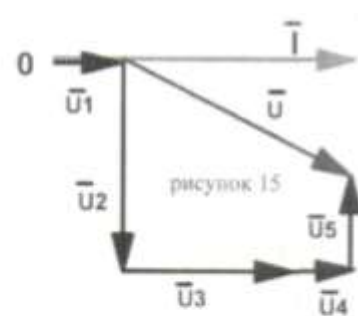
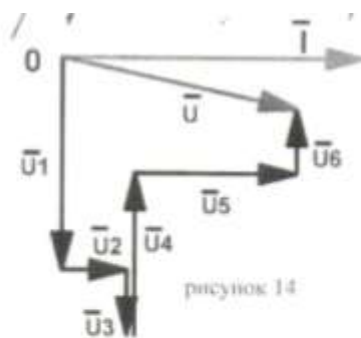
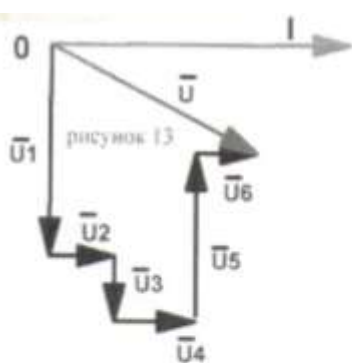
3.13. Практическое занятие № 7

Тема: Расшифровка векторных диаграмм неразветвленной цепи переменного тока

Цель работы: Усвоение умений и знаний: 32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических цепей

Ход работы: Исходя из векторных диаграмм неразветвленных цепей переменного тока, начертить принципиальные электрические схемы этих цепей. Вариант взять по номеру списка электронного журнала.





3.14. Лабораторное занятие №7.

Тема: Устройство, основные параметры электромагнитных реле, контакторов, автоматических выключателей

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

33. Основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств и приборов.

35. Правила эксплуатации электрооборудования.

Ход работы: Изучить устройство электромагнитных реле, контакторов, автоматических выключателей

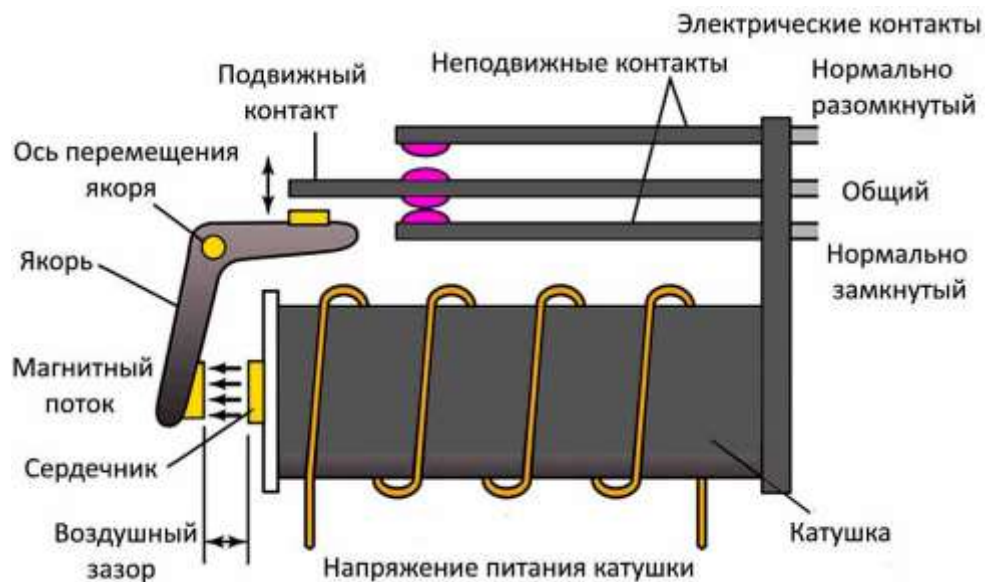


Рисунок 1. Устройство электромагнитного реле

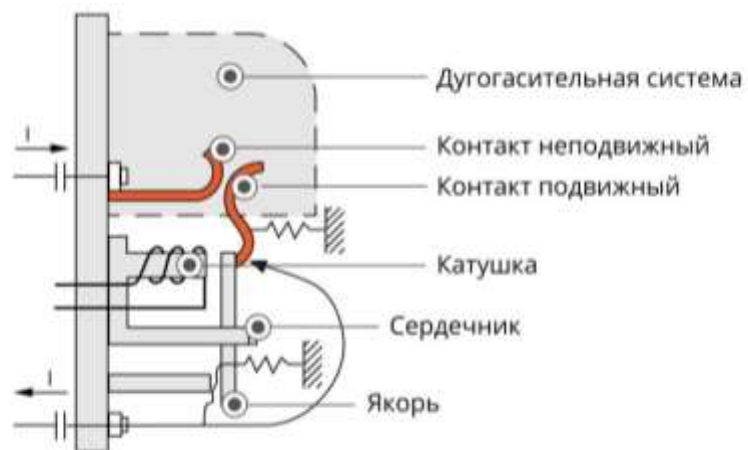


Рисунок 2. Устройство контактора

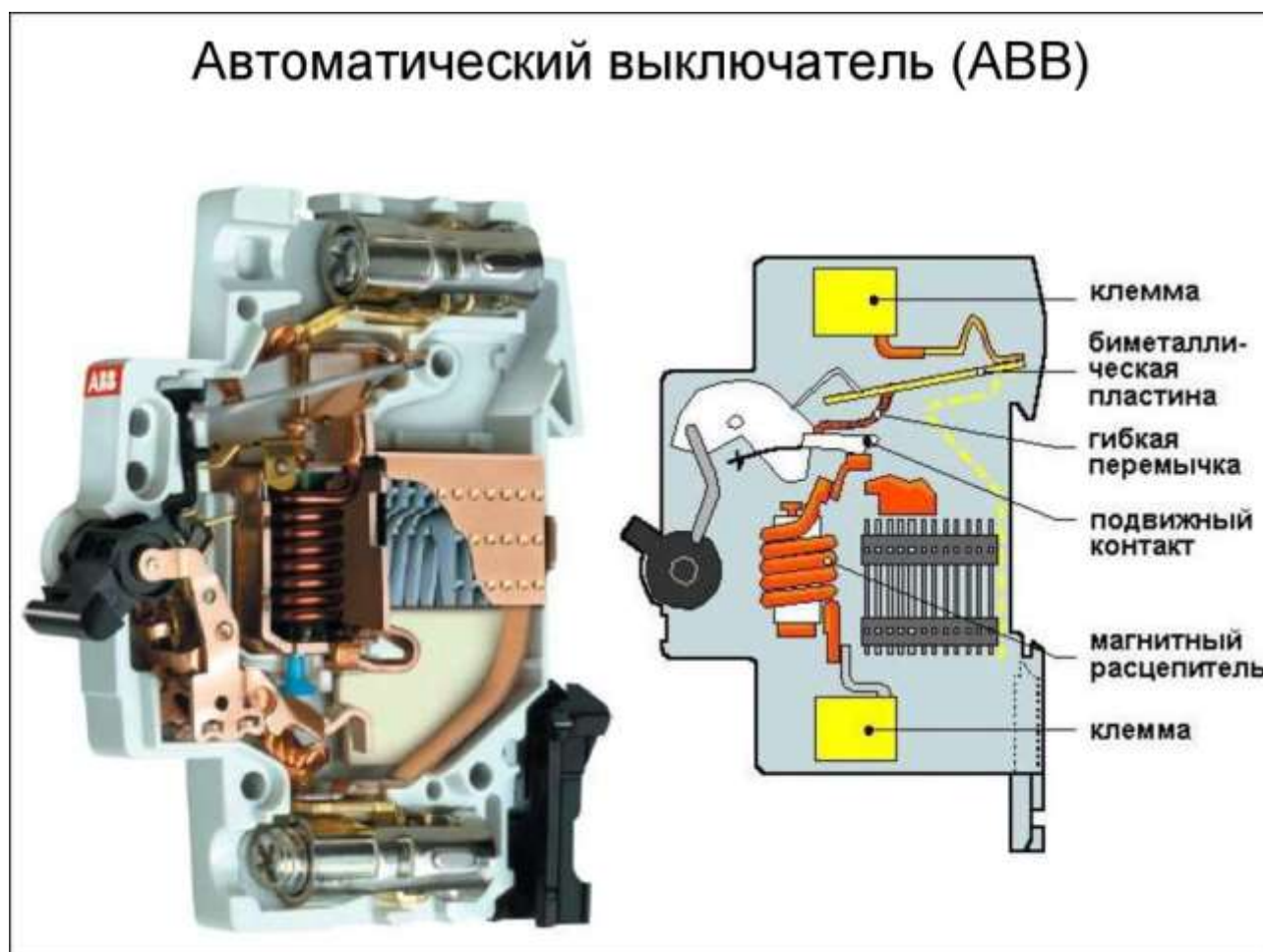


Рисунок 3. Устройство автоматического выключателя

3.15 Практическое занятие № 8

Тема: Выбор автоматических выключателей для защиты сетей жилых зданий

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

33. Основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств и приборов.

35. Правила эксплуатации электрооборудования.

Ход работы:

Выполнить задание 1. Вариант задания выбрать из таблицы 1 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале.

Задание 1

В здании на **фазное** напряжение подключены n ламп мощностью $P_{\text{л}}$, m нагревательных элементов мощностью $P_{\text{н.э.}}$; и остальные потребители общей мощностью $P_{\text{потр.}}$.

$\cos \varphi$ взять 0,9.

Рассчитать:

1. Ток, потребляемый из сети. Исходные данные взять из таблицы 1
2. Выбрать вводной автоматический выключатель для защиты электрической сети исходя из ряда номинальных токов автоматических выключателей (1А; 2А; 3А; 4А; 5А; 6А; 8А; 10А; 13А; 16А; 20А; 25А; 32А; 35А; 40А; 50А; 63А).
3. Выбрать сечение вводного вначале медного, а затем алюминиевого двухжильного кабеля и проверить его по потере напряжения, если длина кабеля от источника питания до ввода в здание l метров.
4. Начертить электрическую схему включения потребителей.

Формулы для расчета:

$$I = P / (U \cdot \cos \varphi) \quad I_{\text{н.ав}} \geq 1,25 I_{\text{сети}}$$

Потеря напряжения в линии определяется по следующей формуле:

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot R_{\text{пр}}, \quad \text{где } R_{\text{пр}} = \rho \cdot l / s, \quad \text{где } s - \text{сечение проводника}$$

ρ - удельное сопротивление проводника.

Для меди: $\rho = 0,0172 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$; Для алюминия: $\rho = 0,0282 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$

Допустимые потери напряжения в линии 5% от номинального напряжения сети

Таблица 1

№ Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$P_{\text{л}}$ $P_{\text{т}}$	20	75	95	120	40	60	110	10	15	25	40	60	100	30
n , шт.	10	20	50	60	30	100	70	50	20	30	10	40	50	30
$P_{\text{н.э}}$ кВт	1,2	0,9	0,7	0,6	1	2	1,5	0,5	3	1	1,5	0,8	0,5	1
m , шт.	2	2	3	4	3	2	4	4	5	3	2	2	5	1
$P_{\text{потр}}$ кВт	2	1,5	0,5	3	1	1,5	0,8	0,5	1	1,2	0,9	0,7	0,6	1
l , м	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	350	400

№ Вар.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Рл Вт	40	60	100	30	20	75	95	120	40	60	110	10	15	25
п, шт.	20	30	10	40	50	30	10	20	50	60	30	100	70	50
Рн.э кВт	1	1,5	0,8	0,5	1	1,2	0,9	0,7	0,6	1	2	1,5	0,5	3
м, шт.	2	2	3	4	3	2	4	4	5	3	2	2	5	1
Рпотр кВт	0,8	0,5	1	1,2	0,9	0,7	0,6	1	2	1,5	0,5	3	1	1,5
l, м	150	60	70	80	90	100	120	140	150	160	110	130	90	180

3.16. Лабораторное занятие № 8.

Тема: Исследование трехфазной цепи при соединении источников и потребителей звездой.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У1.Использовать основные законы и принципы теоретической электротехники в профессиональной деятельности.

У2.Читать принципиальные, электрические и монтажные схемы.

У3.Рассчитывать параметры электрических цепей.

У4.Пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями.

У5.Собирать электрические схемы.

32. Основные законы электротехники

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Оборудование: Стенд для сборки схем.

Ход работы:

1. Собрать на стенде схему Рис.1
2. Измерить токи в фазах, фазные и линейные напряжения и ток в нулевом проводе при разных режимах работы, данные занести в таблицу 1 :

Режимы работы:

- Симметричная нагрузка, нормальный режим работы.
- Обрыв нулевого провода при симметричной нагрузке..
- Несимметричная нагрузка, нормальный режим работы.
- Обрыв нулевого провода при несимметричной нагрузке.
- Обрыв фазного провода при несимметричной нагрузке и нулевом проводе (без его обрыва).

3. При выключенном источнике питания измерить мультиметром сопротивление резисторов, данные занести в таблицу 1.

4.

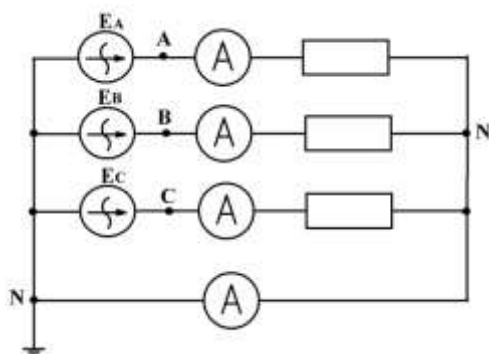


Рис.1

Таблица 1. Измеренные данные

№ опыта	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	I_A	I_B	I_C	I_N	R_A	R_B	R_C
1. Симметричная нагрузка.													
2. Обрыв нулевого провода при симметр. нагрузке.													
3. Несимметричная нагрузка													
4. Обрыв нулевого провода при несимметр. нагрузке													

Таблица 2 Расчетные данные

	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	R_A	R_B	R_C	P_A	P_B	P_C	$P_{\text{цепи}}$
Симметричная нагрузка.										
Несимметричная нагрузка с нулевым проводом										

$$R_A = U_A / I_A; \quad R_B = U_B / I_B \quad R_C = U_C / I_C$$

$$P_A = U_A * I_A \quad P_B = U_B * I_B \quad P_C = U_C * I_C \quad P_{\text{цепи}} = P_A + P_B + P_C$$

Вопросы для контроля индивидуальных заданий:

1. Чему равен ток в нулевом проводе при симметричной нагрузке.
2. Как изменяются фазные и линейные напряжения при симметричной и несимметричной нагрузке при обрыве нулевого провода.

Вывод: Текущий контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения лабораторного занятия позволяет оценить усвоенные умения и знания У1- У6, 32, 34, 36, 37.

3.17. Практическое занятие № 9

Тема: Определение тока в нулевом проводе способом векторных диаграмм

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Ход работы:

В трехфазную цепь с линейным напряжением **380 В во все три фазы** подключена **одинаковая** активная, реактивная или смешанная нагрузка в зависимости от варианта. Начертить схему, определить токи в фазах, построить векторную диаграмму и определить ток в нулевом проводе. Собрать схему на компьютере, проверить свои данные.

Сделать вывод.

№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R, Ом	10	-	38	-	-	76	-	-	10
L, мГн	-	100	-	200	-	-	400	-	-
C, мкФ	-	-	-	-	159	-	-	318	159

№ вар	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
-------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

R, Ом	-	-	-	20	40	40	20	-	-	60
L, мГн	600	-	500	-	-	80	50		900	-
C, мкФ	-	79,5	79,5	159	79,5	-	-	318	-	159

№ вар	20	21	22	23	24	25	26	27	28
R, Ом	-	100	-	20	20	19	-	100	380
L, мГн	-	-	500		100	-	100	-	-
C, мкФ	53	53	53	-	-	-	159	-	-

3.18. Практическое занятие № 10

Тема: Расчет трехфазной цепи. Соединение фаз источника энергии и приемника звездой.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Ход работы:

В трехфазную четырехпроводную сеть с напряжением $U_{ном}$ включили «звездой» разные по характеру нагрузки.

Определить:

- Фазные токи;
- Угол сдвига между током и напряжением в каждой фазе;
- Начертить векторную диаграмму, из которой графически найти ток в нулевом проводе ;
- Вариант задания выбрать из таблицы 1 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале. Схему выбрать в соответствии со своим вариантом (Рис.1-10).

Таблица 1

№вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
№рис.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
R _A Ом	16	6	12	6	38	10	нет	8	11	10	12
X _A Ом	12	8	нет	8	нет	10	22	6	22	нет	10
R _B Ом	12	16	4	10	12	нет	16	нет	44	10	8

X _B Ом	16	12	3	10	16	12	12	6	нет	8	6
R _C Ом	нет	нет	нет	12	нет	нет	нет	12	11	10	нет
X _C Ом	20	10	10	16	16	19	20	16	22	8	12
U _Л В	660	220	220	220	660	660	380	380	380	380	220
№ вар.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
№рис.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2
R _A Ом	12	18	12	20	12	нет	12	12	20	8	16
X _A Ом	16	нет	16	нет	16	12	16	16	нет	6	12
R _B Ом	16	6	6	6	нет	12	нет	20	16	10	8
X _B Ом	10	8	8	8	10	16	10	нет	12	6	6
R _C Ом	нет	нет	6	нет	нет	нет	6	8	8	нет	нет
X _C Ом	12	12	8	12	16	16	8	6	6	14	8
U _Л В	380	380	380	220	380	220	220	220	220	380	660

Вывод:

Текущий контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения практического занятия позволяет оценить усвоенные умения и знания У3, 33, 32, 34.

Рис. №1.

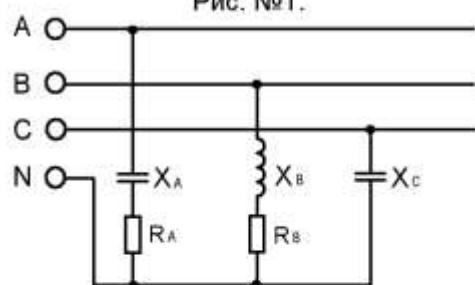


Рис. №6.

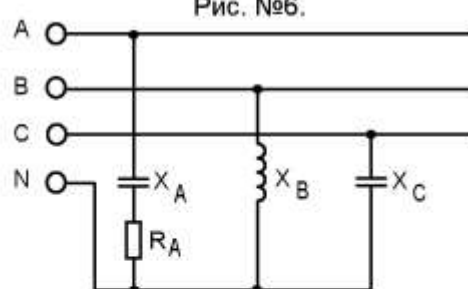


Рис. №2.

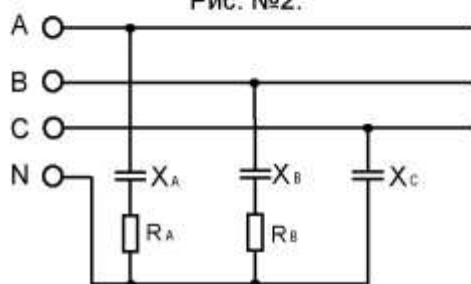


Рис. №7.

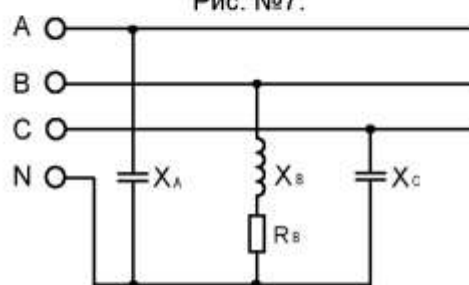


Рис. №3.

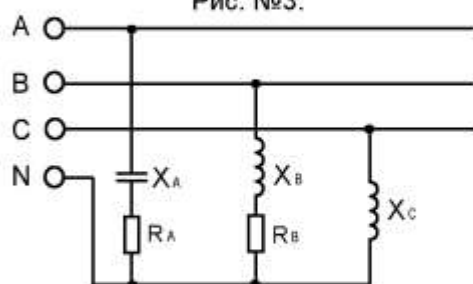


Рис. №8.

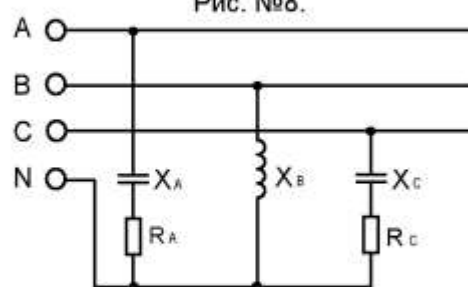


Рис. №4.

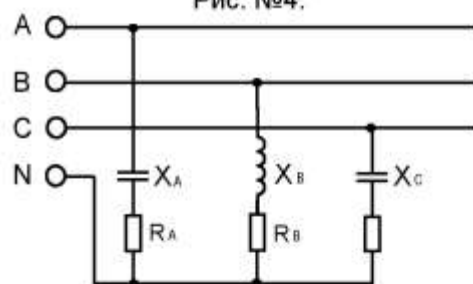


Рис. №9.

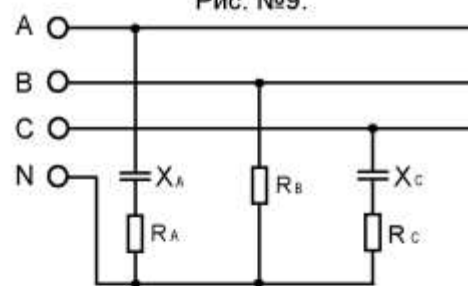


Рис. №5.

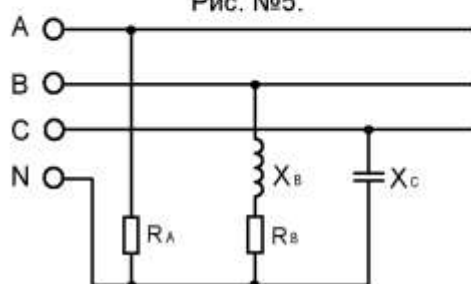
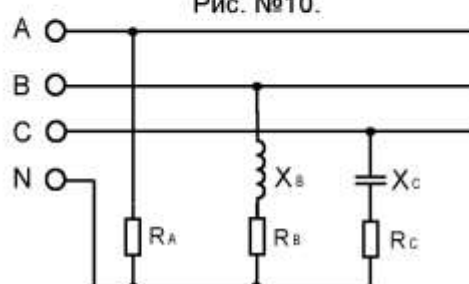


Рис. №10.



3.19. Практическое занятие № 11.

Расчет параметров однофазного трансформатора.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Ход работы:

Однофазный трансформатор (Рис.1) имеет следующие данные:

- Полную мощность S_N ;
- Напряжение в первичной обмотке $U_1 = 220 \text{ В}$;
- Напряжение во вторичной обмотке U_2 ;
- Активная мощность во вторичной обмотке P_2 ;
- Число витков на первичной обмотке W_1 .
- Потери в стали P_C составляют 3% от потребляемой мощности P_2 , потери в меди P_M - 2% от P_2 .
- Ток холостого хода $I_{XX} = 2,5\%$;
- Напряжение короткого замыкания $u_K = 5\%$

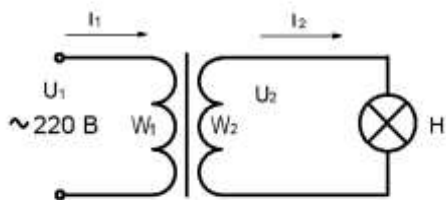


Рис.1

Определить:

1. Коэффициент трансформации $K_{тр}$;
2. Номинальный ток I_{1N} в первичной и I_{2N} во вторичной обмотках трансформатора;
3. Ток холостого хода I_{XX} ;
4. Ток I_2 во вторичной и I_1 в первичной обмотках трансформатора;
5. Коэффициент загрузки трансформатора β ;
6. КПД трансформатора η ;
7. Количество витков во вторичной обмотке трансформатора W_2 ,
8. Правильно ли выбран трансформатор для данной нагрузки (обосновать)? К какому типу относится данный трансформатор?
9. Определить напряжение короткого замыкания U_K . Объяснить опыт короткого замыкания

10. Описать режимы работы трансформатора.
 11. Записать паспортные данные трансформатора.

Вариант задания выбрать из таблицы 1 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале

Таблица 1

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S_H ВА	400	100	300	200	250	350	450	150	180	220	360	400	100
P_2 Вт	250	150	200	120	110	60	100	80	260	450	120	250	150
U_2 В	24	36	12	9	6	42	127	110	22	14	18	24	36
W_1 Вит.	2500	2700	3600	2700	3200	3400	2800	2900	3500	3000	3700	3250	3450

№ вар.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
S_H ВА	300	200	250	350	450	150	180	220	360	500	500	200	300
P_2 Вт	200	120	110	60	100	80	260	450	120	100	600	200	150
U_2 В	12	9	6	42	127	110	22	14	18	220	110	24	110
W_1 Вит	2750	3650	2950	3050	2850	3550	2750	2550	2850	2700	2700	3000	3000

Вывод:

Текущий контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения практического занятия позволяет оценить усвоенные умения и знания У3, 32, 34.

3.20. Лабораторное занятие № 9.

Тема: Измерение параметров однофазного трансформатора

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 5. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

У6. Собирать электрические схемы

Ход работы:

Собрать на стенде схему включения однофазного трансформатора

Измерить:

1. Напряжение на первичной и вторичной обмотках на холостом ходу
2. Ток холостого хода
3. Напряжение на первичной и вторичной обмотках в нагруженном состоянии.
4. Токи на первичной и вторичной обмотках в нагруженном состоянии.

Определить :

1. Ктр
2. Номинальные токи исходя из паспортных данных трансформатора
3. Записать все паспортные данные трансформатора

3.21. Практическое занятие № 12

Тема: Расчет трехфазного трансформатора

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Ход работы:

К трехфазному трансформатору с номинальной мощностью $S_{ном.}$ и номинальными напряжениями первичной $U_{ном. 1}$ и вторичной $U_{ном. 2}$ обмоток присоединены активная нагрузка P_2 при коэффициенте мощности $\cos \varphi_2$.

Вариант задания выбрать из таблицы 1 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале

Определить:

1. Номинальные токи в обмотках $I_{ном.1}$ и $I_{ном.2}$;
2. Коэффициент трансформации $K_{тр}$;
3. Коэффициент нагрузки трансформатора β ;
4. Токи в обмотках I_1 и I_2 при фактической нагрузке;
5. Суммарные потери мощности ΣP при номинальной нагрузке;
6. Коэффициент полезного действия трансформатора при фактической нагрузке.

7. Ток холостого хода.
8. Напряжение короткого замыкания
9. Начертить схему соединений обмоток трансформатора «звезда» -«звезда» с выведенной нулевой точкой вторичной обмотки.
10. Ответить на вопрос: Почему магнитопровод должен иметь минимальный воздушный зазор и выполняется не сплошным, а из отдельных стальных листов, изолированных друг от друга лаком?

Таблица 1

№ вар	Тип трансфор- матора	S _{ном} кВ·А	U _{1н} кВ	U _{2н} кВ	u _к %	P _к % от P ₂	P ₀ % от P ₂	i ₀ %	cos φ ₂	P ₂ кВт
1	ТМ-25/10	25	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	20
2	ТМ-25/6	25	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	20
3	ТМ- 40/6	40	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	30
4	ТМ- 40/10	40	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	30
5	ТМ- 63/6	63	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	50
6	ТМ- 63/10	63	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	50
7	ТМ- 100/6	100	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	80
8	ТМ- 100/10	100	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	80
9	ТМ- 160/6	160	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	120
10	ТМ- 160/10	160	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	120
11	ТМ- 250/6	250	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	200
12	ТМ- 250/10	250	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	200
13	ТМ- 50/6	50	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	40
14	ТМ- 50/10	50	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	40
15	ТМ- 180/6	180	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	150
16	ТМ- 180/10	180	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	150
17	ТМ- 320/6	320	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	280
18	ТМ- 320/10	320	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	280
19	ТМ- 560/6	560	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	500
20	ТМ- 560/10	560	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	500
21	ТМ- 1000/6	1000	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	900
22	ТМ- 1000/10	1000	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	900
23	ТМ- 10/6	10	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	8
24	ТМ- 10/10	10	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	8
25	ТМ- 750/6	750	6	0,4	5,5	5	2	5	0,9	650
26	ТМ- 750/10	750	10	0,4	5,5	5	2	5	0,9	650

Формулы для вычислений:

$$I_{1н} = S_{н} / (\sqrt{3} U_{1н}); \quad I_{2н} = S_{н} / (\sqrt{3} U_{2н}); \quad \beta = P_2 / (S_{ном} * \cos \varphi_2); \quad I_1 = \beta I_{1н}$$

$$I_2 = \beta I_{2н}; \quad \sum P = P_k + P_o. \quad \eta = (\beta S_{ном} \cos \varphi_2 * 100\%) / (\beta S_{ном} \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k).$$

Вывод: Текущий контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения практического занятия позволяет оценить усвоенные умения и знания УЗ, 32, 34.

3.22.Практическое занятие № 13

Тема: Техника безопасности при обслуживании трансформаторов

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

35. Правила эксплуатации электрооборудования

Ход работы:

Записать техника безопасности при обслуживании трансформаторов из любых источников.

Рассказать тему преподавателю

3.23.Практическое занятие № 14

Тема: .Схема пуска нереверсивного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

33. Основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств и приборов.

35. Правила эксплуатации электрооборудования

Ход работы:

1. начертить наизусть схему включения нереверсивного трехфазного асинхронного двигателя
2. Рассказать работу схемы

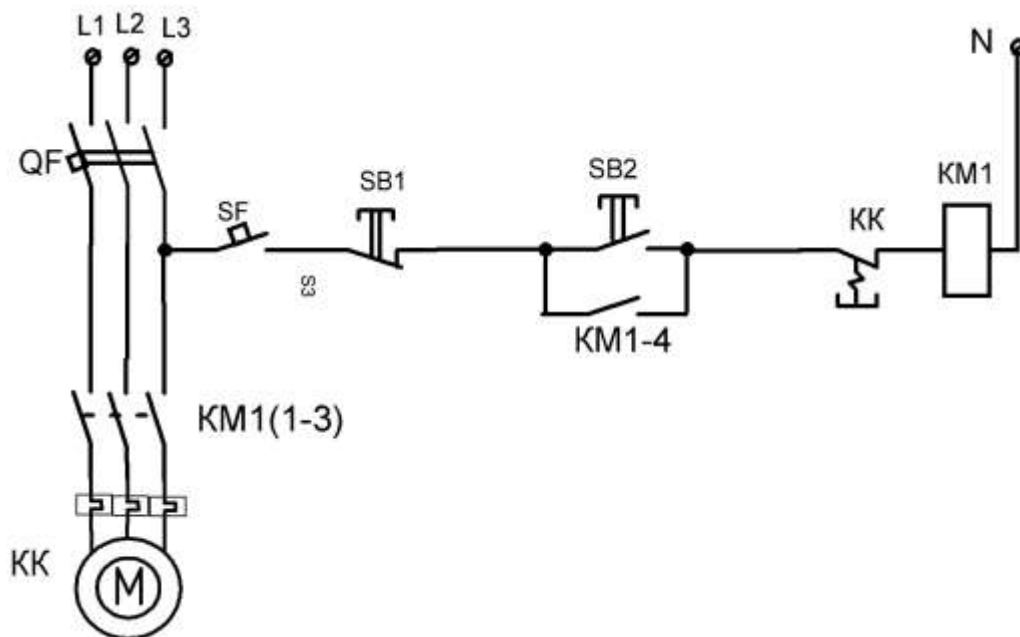


Рисунок 1. Схема включения нереверсивного трехфазного асинхронного двигателя

3.21. Практическое занятие № 15

Тема: .Схема пуска реверсивного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

33. Основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств и приборов.

35. Правила эксплуатации электрооборудования

Ход работы:

1. начертить наизусть схему включения нереверсивного трехфазного асинхронного двигателя
2. Рассказать работу схемы

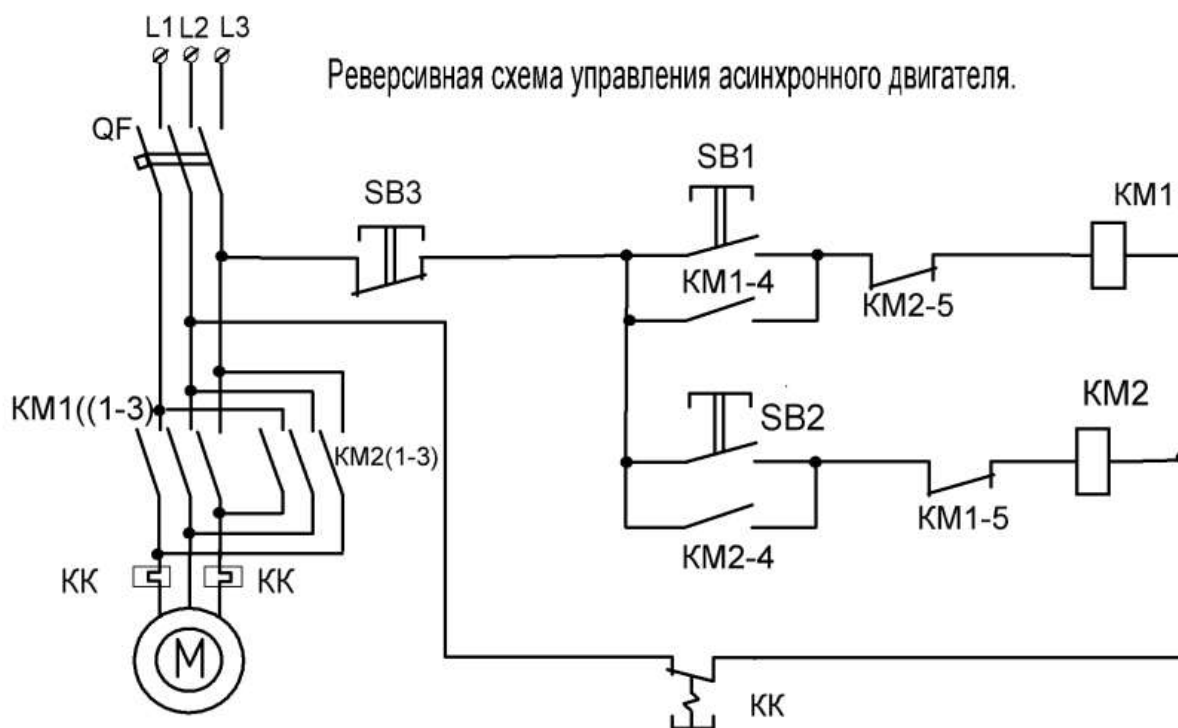


Рисунок 1. Схема включения реверсивного трехфазного асинхронного двигателя

3.25. Практическое занятие № 16.

Тема: Практическое занятие по схемам

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

33. Основы теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств и приборов.

35. Правила эксплуатации электрооборудования

Ход работы:

1. Рассказать работу и начертить заданную преподавателем схему

3.26. Лабораторное занятие № 10.

Тема: Сборка схемы управления двигателем постоянного тока

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 5. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

У 6. Собирать электрические схемы

Ход работы:

Собрать на стенде схему включения двигателя постоянного тока. (Рисунок 1). Рассказать работу схемы

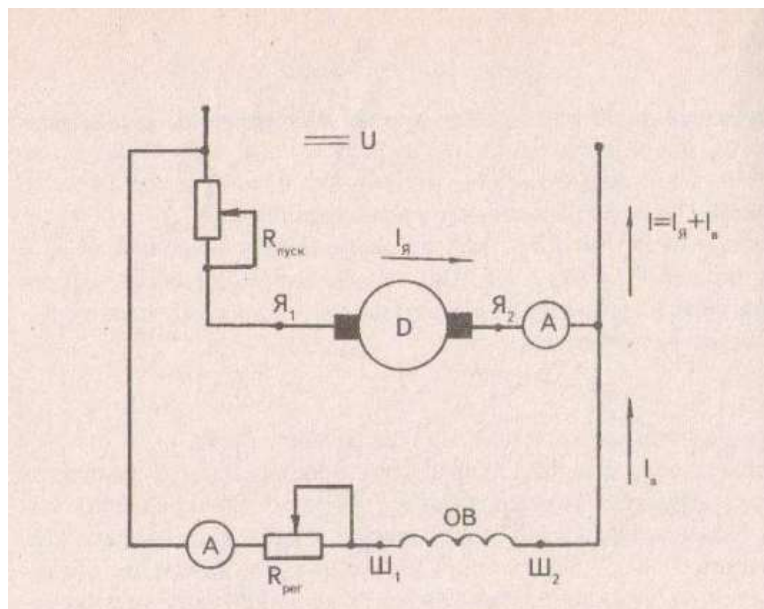


Рисунок 1

3.27.Лабораторное занятие № 11.

Тема: Сборка схемы включения трехфазного асинхронного двигателя (нереверсивная)

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

У 5. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.

У6. Собирать электрические схемы

Ход работы:

Собрать на стенде схему включения нереверсивного трехфазного асинхронного двигателя (Рисунок 1). Рассказать работу схемы

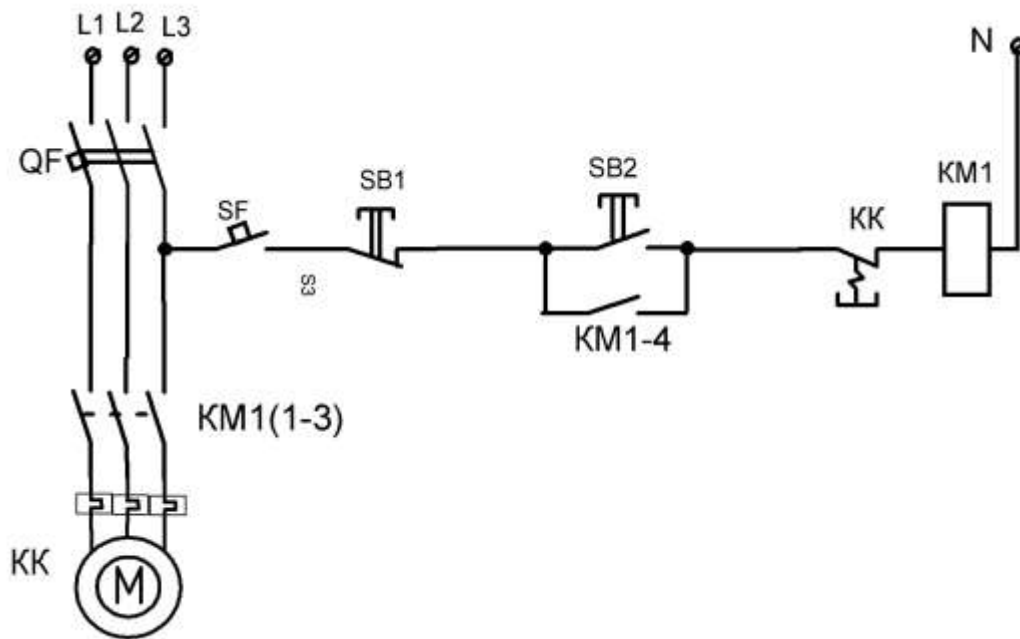


Рисунок 1. Схема включения нереверсивного трехфазного асинхронного двигателя

3.28. Практическое занятие №20.

Тема: Заполнение наряда – допуска и журналов учета по нарядам и распоряжениям

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

35.Правила эксплуатации электрооборудования.

Ход работы:

Задание 1: Заполнить наряд-допуск. Данные для заполнения взять произвольно.

Задание 2: Заполнить журнал учета работ в электроустановках по нарядам и распоряжениям.

Данные для заполнения взять произвольно.

[illegible]

...ие места подготовлены. Под напряжением остались: _____

Допускающий _____ (подпись)

Ответственный руководитель работ _____ (подпись)

(производитель работ или наблюдающий) _____ (подпись)

Регистрация целевого инструктажа, проводимого допускающим при первичном допуске

Целевой инструктаж провел		Целевой инструктаж получил	
Допускающий	(фамилия, инициалы)	Ответственный руководитель работ, производитель работ (наблюдающий), члены бригады	(фамилия, инициалы, подпись)
	(подпись)		_____

Ежедневный допуск к работе и ее окончания

Бригада получила целевой инструктаж и допущена на подготовленное рабочее место				Работа закончена, бригада удалена	
Наименование рабочего места	Дата, время	Подписи (подпись) (фамилия, инициалы)		Дата, время	Подпись производителя работ (наблюдающего) (подпись) (фамилия, инициалы)
		допускающего	производителя работ (наблюдающего)		
1	2	3	4	5	6

Регистрация целевого инструктажа, проводимого ответственным руководителем (производителем работ, наблюдающим)

Целевой инструктаж провел		Целевой инструктаж получил	
Ответственный руководитель работ (производитель работ, наблюдающий)	(фамилия, инициалы)	Члены бригады	(фамилия, инициалы, подпись)
	(подпись)		_____

Изменения в составе бригады

Введен в состав бригады (фамилия, инициалы, группа)	Выведен из состава бригады (фамилия, инициалы, группа)	Дата, время (дата) (время)	Разрешил (подпись) (фамилия, инициалы)
1	2	3	4

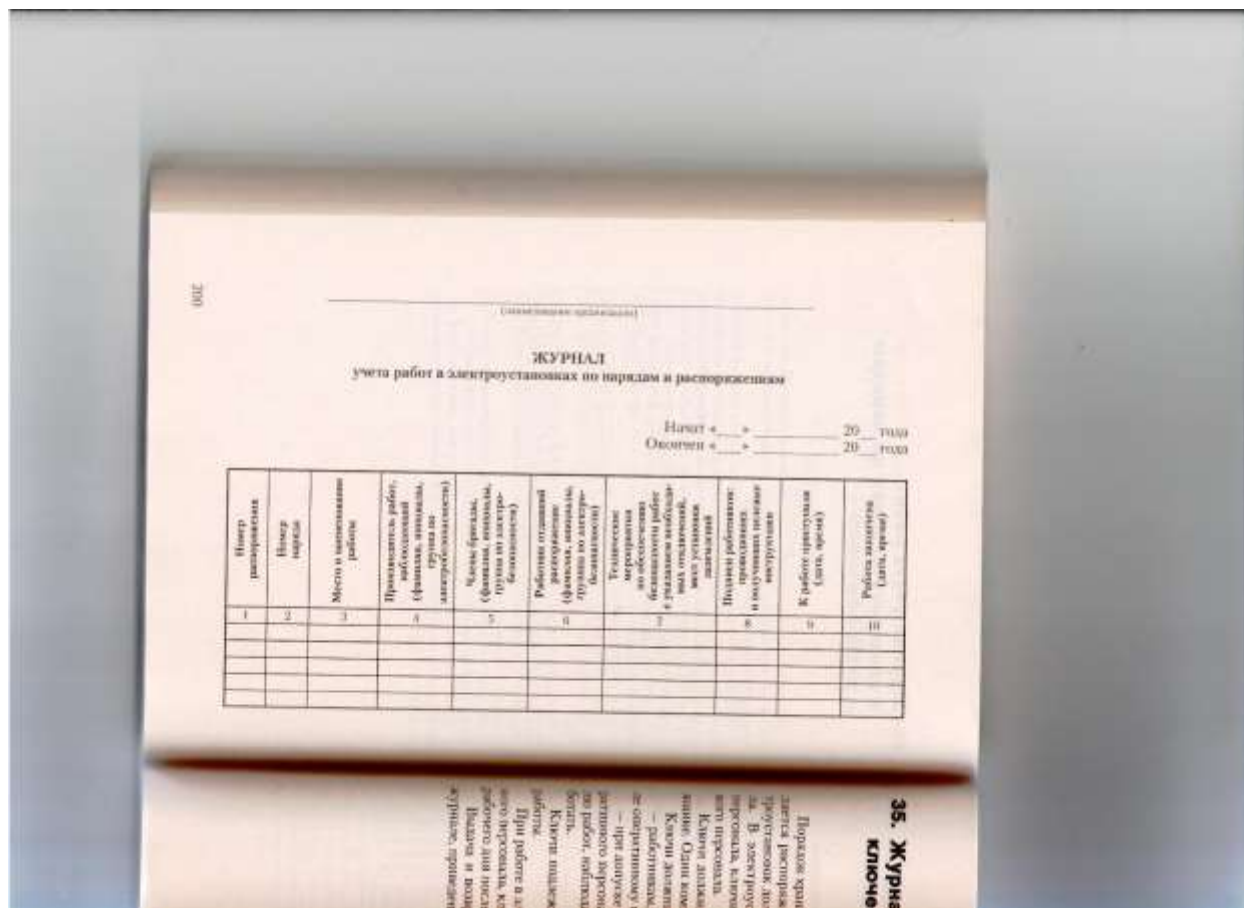
Работа полностью закончена, бригада удалена, заземления, установленные бригадой, сняты, сообщено (кому) _____

(должность) (фамилия, инициалы)

Дата _____ время _____

Производитель работ (наблюдающий) _____ (подпись) (фамилия, инициалы)

Ответственный руководитель работ _____ (подпись) (фамилия, инициалы)



Вывод: Текущий контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения практического занятия позволяет оценить усвоенные умения и знания 35.

3.29. Лабораторное занятие № 12.

Тема: Измерение сопротивления изоляции электрооборудования до 1000 В

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

35.Правила эксплуатации электрооборудования

Ход работы:

Измерить сопротивление изоляции двигателя, трансформатора, четырехжильного кабеля с помощью мегомметра.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Оценки	Критерии оценок
«5»	- обучающийся подбирает необходимые для выполнения предлагаемых работ источники знаний (литература, материалы, инструменты), показывает необходимые для проведения практической работы теоретические знания. Правильно оформлена практическая часть работы, соблюдена технологическая последовательность выполнения данного вида работ. Работа оформлена аккуратно.
«4»	- практическая работа выполняется обучающимся в полном объеме и самостоятельно. Обучающийся использует указанные преподавателем источники информации. Могут быть неточности и небрежность в оформлении работы. Работа показывает знания обучающимися основного теоретического материала, но имеются незначительные ошибки при оформлении практической части работы.
«3»	- обучающийся выполняет и оформляет практическую работу полностью с помощью преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполнивших на «отлично» данную работу других обучающихся.
«2»	- практическая работа не выполнена полностью за отведенное время по неуважительной причине.

5. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению задания без разрешения преподавателя.
3. Размещайте оборудование, приборы на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.
4. Перед выполнением работы необходимо внимательно изучить ее содержание и ход выполнения.
5. При проведении опытов не допускайте предельных нагрузок электроизмерительных приборов.
6. При работе с приборами из стекла соблюдайте особую осторожность.
7. Следите за исправностью всех креплений приборов и приспособлений. Не прикасайтесь и не наклоняйтесь к вращающимся частям машины.
8. При сборке экспериментальных установок используйте провода с наконечниками, предохранительными чехлами с прочной изоляцией без видимых повреждений.
9. При сборке электрической цепи избегайте пересечения проводов. Запрещается пользоваться проводниками с изношенной изоляцией и выключателями открытого типа.
10. Источник тока к электрической цепи подключайте в последнюю очередь.
11. Не допускайте попадания на электрооборудование сырости, грязи и посторонних предметов.
12. Собранную цепь включайте только после проверки и с разрешения преподавателя. Наличие напряжения в цепи можно проверять только приборами или указателями напряжения.
13. Не прикасайтесь к находящимся под напряжением элементам цепей, лишенных изоляции.
14. Не производите пересоединений в электрических цепях машин до полной остановки ротора машины.
15. Не прикасайтесь к корпусам стационарного оборудования, к зажимам отключенных конденсаторов.
16. Пользуйтесь инструментами с изолирующими ручками.
17. По окончании работы отключите источник электропитания, после чего разберите электрическую цепь.
18. Не оставляйте рабочее место без разрешения преподавателя.
19. Обнаружив неисправность в электрических устройствах, находящихся под напряжением, немедленно отключите источник электропитания и сообщите об этом преподавателю.
20. Для присоединения потребителей к сети пользуйтесь штепсельными соединениями.
21. При ремонте и работе электроприборов пользуйтесь розетками, гнездами, зажимами, выключателями с невыступающими контактными поверхностями.

6. СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Основы электротехники: учебник для среднего профессионального образования / Г. И. Кольниченко Я. В. Тарлаков А. В. Сиротов, И. Н. Кравченко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 204 с. — ISBN 978-5-8114-8050-0.

2. Аполлонский, С. М. Основы электротехники. Практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / С. М. Аполлонский. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-6707-5

3. Потапов, Л. А. Основы электротехники: учебное пособие для среднего профессионального образования Л. А. Потапов. — Санкт-Петербург Лань, 2021. — 376 с. — ISBN 978-5-8114-6716-7

4. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники учебник для среднего профессионального образования / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. — Санкт-Петербург Лань, 2021. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-6756-3

5. Скорняков, В. А. Общая электротехника и электроника: учебник для среднего профессионального образования / В. А. Скорняков, В. Я. Фролов. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-6758-7

Основные электронные издания

1. Тимофеев, И. А. Основы электротехники, электроники и автоматики. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / И. А. Тимофеев. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-6827-0. — Текст электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153638>

2. Терехов, В. А. Задачник по электронным приборам: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. А. Терехов. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 280 с. — ISBN 978-5-8114-6891-1. — Текст электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153659>

3. Тимофеев, И. А. Электротехнические материалы и изделия учебное пособие для среднего профессионального образования / И. А. Тимофеев. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-8114-6836-2. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153639>

4. Блохин, А. В. Электротехника учебное пособие для СПО / А. В. Блохин; под редакцией Ф. Н. Сарапулова. — 3-е изд. — Саратов, Екатеринбург Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 184 с. — ISBN 978-5-4488-0410-6, 978-5-7996-2898-7. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/87912>

Дополнительные источники:

1. Немцов М.В., Немцова М.Л. «Электротехника и электроника»: учебник для студентов учреждений сред. проф. образования по техническим специальностям. - М.: «Академия», 2012. - 480 с.
- 2 Бондарь И.М. Электротехника и электроника: учебное пособие для средних специальных учебных заведений, 2-е изд. — Ростов н/Д: изд. центр «МарТ»; Феникс, 2010, – 340 с.
- 3.Полешук В.И. Задачник по электротехнике и электронике: - Учебное пособие для СПО. – М: Издательский центр «Академия», 2012, - 256 с.
4. Журнал «Радиоэлектроника и электротехника»
5. Журнал «Электрик»
- 6.Электронный журнал «Я - электрик»