

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



Методические рекомендации

по выполнению лабораторных и практических работ
по учебной дисциплине *ОП.04. Основы электротехники*
по специальности 35.02.08

Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК)

.

2024 г.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по учебной дисциплине *ОП.04. Основы электротехники* разработаны на основе федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК), утвержденного Приказом Минпросвещения России от 27 мая 2022 г. N 368.

Организация-разработчик: Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Кунгурский колледж агротехнологий и управления»

Составитель: Склюева Н.В., преподаватель

Содержание

1. Пояснительная записка	4
2. Общие указания к выполнению лабораторных и практических работ.....	5
3. Лабораторные и практические работы.....	6
3.1. Лабораторное занятие №1.Измерение мультиметрами различных марок сопротивления и напряжения в цепях постоянного тока и переменного тока	6
3.2. Практическое занятие №1. Определение активного сопротивления проводов.....	6
3.3. Лабораторное занятие №2. Измерение сопротивления каждого резистора, измерение и определение эквивалентного сопротивления при смешанном соединении резисторов...	7
3.4. Лабораторное занятие №3. Последовательное соединение элементов электрической цепи.	7
3.5 Лабораторное занятие № 4. Параллельное соединение элементов электрической цепи	9
3.6. Лабораторное занятие № 5. Смешанное соединение элементов электрической цепи	11
3.7. Практическое занятие №2. Расчет параметров электрической цепи по закону Ома ...	12
3.8. Практическое занятие №3. Определение эквивалентного сопротивления разветвленной цепи	16
3.9. Практическое занятие №4. Расчет неразветвленной цепи постоянного тока.	19
3.10. Практическое занятие № 5. Расчет разветвленной цепи постоянного тока с одним источником ЭДС.	21
3.11. Лабораторное занятие № 6. Неразветвленная цепь переменного тока с активными и реактивными элементами.....	24
3.12. Практическое занятие №6. Расчет неразветвленной цепи переменного тока.....	25
3.13. Практическое занятие № 7. Расшифровка векторных диаграмм неразветвленной цепи переменного тока.....	28
3.14. Практическое занятие № 8. Расчет разветвленной цепи переменного тока.....	31
3.15. Практическое занятие № 9. Расшифровка векторных диаграмм разветвленной цепи переменного тока.....	34
3.16. Практическое занятие №10. Расчет эквивалентной емкости и индуктивности при смешанном соединении конденсаторов и катушек индуктивности	36
3.17. Лабораторное занятие № 7 Определение активного сопротивления и индуктивности катушки индуктивности.....	37
3.18. Лабораторное занятие № 8. Исследование трехфазной цепи при соединении источников и потребителей звездой.	38
3.19. Практическое занятие № 11. Расчет трехфазной цепи. Соединение фаз источника энергии и приемника звездой.	40
3.20. Практическое занятие № 12. Расчет параметров однофазного трансформатора	42
4. Критерии оценивания выполнения практических и лабораторных работ	44
5. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных и практических работ	44
6. Список источников для обучающихся	46

1.Пояснительная записка.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по учебной дисциплине **ОП.04 Основы электротехники** составлены на основе рабочей программы дисциплины, федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе, утвержденного приказом Минпросвещения России от 27 мая 2022г №368, и учебного плана по специальности.

Цель методических указаний - оказание помощи обучающимся в выполнении лабораторных и практических работ по учебной дисциплине ОП.04. Основы электротехники. 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 09.	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Вид профессиональной деятельности	Код компетенции	Наименование профессиональных компетенций
Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования (в том числе электроосвещения), автоматизация и роботизация сельскохозяйственных предприятий	ПК 1.1.	Осуществляет монтаж, наладку и эксплуатацию электрооборудования.
	ПК 1.2.	Обеспечивать работу автоматизированных и роботизированных систем на сельскохозяйственном объекте.
	ПК 1.3.	Осуществлять организационное обеспечение процессов монтажа, наладки и эксплуатации электрооборудования, автоматизации и роботизации технологических процессов на сельскохозяйственном объекте.
		Организовывать работы по бесперебойному энергоснабжению сельскохозяйственного

Энергоснабжение сельскохозяйственных предприятий	ПК 2.1.	предприятия. ПК
	ПК 2.2.	Планировать основные показатели в области обеспечения работоспособности электрического хозяйства сельскохозяйственных потребителей, автоматизированных и роботизированных систем.
Техническое обслуживание, диагностирование неисправностей и ремонт электрооборудования, автоматизированных и роботизированных систем на сельскохозяйственном предприятии	ПК 3.1.	Осуществлять диагностику, техническое обслуживание и ремонт электрооборудования, автоматизированных и роботизированных систем на сельскохозяйственном предприятии.
	ПК 3.2.	Осуществлять надзор и контроль за состоянием и эксплуатацией электрооборудования, автоматизированных и роботизированных систем на сельскохозяйственном предприятии.
	ПК 3.3.	Планировать работы по техническому обслуживанию, диагностике и ремонту электрооборудования, автоматизированных и роботизированных систем на сельскохозяйственном предприятии.

2. Общие указания к выполнению лабораторных и практических работ и оформлению отчета.

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 сопротивления и напряжения в цепях постоянного и переменного тока

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

- У3. Рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей.
- У4. Пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями.
- У5. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.
- У6. Собирать электрические схемы.
- 32. Основные законы электротехники
- 34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

Оборудование: Стенд для сборки схем.

Ход работы:

Задание 1

На стенде измерить пять различных сопротивлений тремя разными приборами.

Задание 2 Измерить пять разных напряжений постоянного тока тремя разными приборами

Задание 3 Измерить пять разных напряжений переменного тока тремя разными приборами.

В стрелочном приборе определить цену деления шкалы прибора.

Начертить схемы включения приборов, сделать выводы.

Защитить работу.

3.2. Практическое занятие №1.

Тема: Определение активного сопротивления проводов

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.

Задание:

1. **Определить сопротивление медных и алюминиевых проводов сечением:**

$S = 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35 \text{ мм}^2$

2. **Определить падение напряжения на проводах двухпроводной линии при заданном токе.**

3. **Определить напряжение на нагрузке и процент падения напряжения на линии.**

Длину взять по варианту

№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$L, \text{ м}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$I, \text{ А}$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	0,25

3.3.Лабораторное занятие №2.

Тема: Измерение сопротивления каждого резистора, измерение и определение эквивалентного сопротивления при смешанном соединении резисторов

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

- У3. Рассчитывать параметры электрических, магнитных цепей.
- У4. Пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями.
- У5. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.
- У6. Собирать электрические схемы.
- 32. Основные законы электротехники
- 34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.

Оборудование: Стенд для сборки схем.

Ход работы:

Задание: пять сопротивлений разных номиналов.

1. Измерить с помощью мультиметра
 2. Измерить общее сопротивление:
 - а) соединив их последовательно
 - б) соединив их параллельно
 - в) соединив их смешанно со всеми возможными комбинациями
- Рассчитать общее сопротивление, сравнить с измеренным.

3.4. 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. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.
- У6. Собирать электрические схемы.
- 32. Основные законы электротехники
- 34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.
- 36. Принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов, составления электрических и электронных цепей.
- 37. Правила эксплуатации электрооборудования.

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

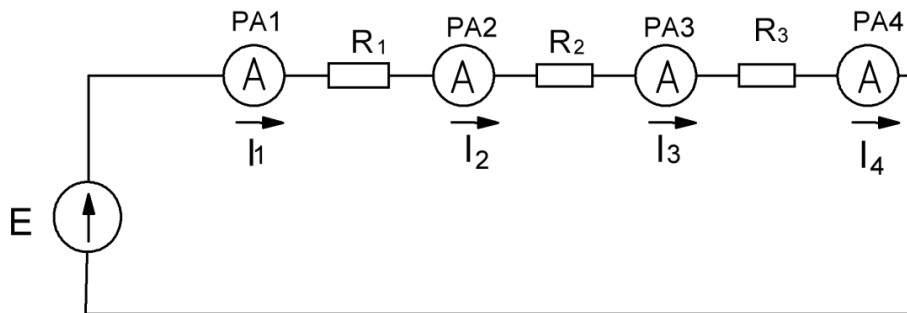


Рис.1

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_3 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:

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

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

Вопросы для контроля индивидуальных заданий :

- Сформулировать закон Ома для участка цепи.
- 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.

3.5. 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. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.
- У6. Собирать электрические схемы.
- З2. Основные законы электротехники.
- З4. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.
- З6. Принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов, составления электрических и электронных цепей.
- З7. Правила эксплуатации электрооборудования.

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:

- 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

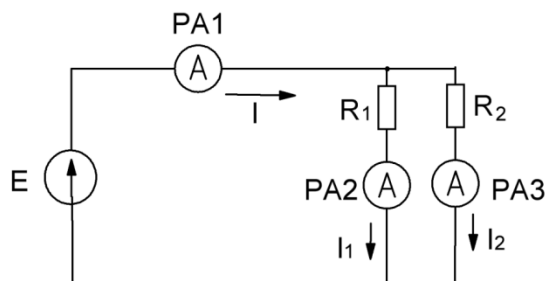


Рис.1

Измеренные данные

Таблица 1.

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

Расчетные данные

Таблица 2.

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

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.

3.6. 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.
- У5. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.
- У6. Собирать электрические схемы.
- З2. Основные законы электротехники.
- З4. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.
- З6. Принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов, составления электрических и электронных цепей.
- З7. Правила эксплуатации электрооборудования.

Оборудование: Стенд для сборки схем.

Ход работы:

5. Собрать на стенде схему Рис.1
6. Записать показания амперметров в таблицу 1.
7. Измерить напряжение на выходе источника питания и на каждом резисторе, данные занести в таблицу 1
8. 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

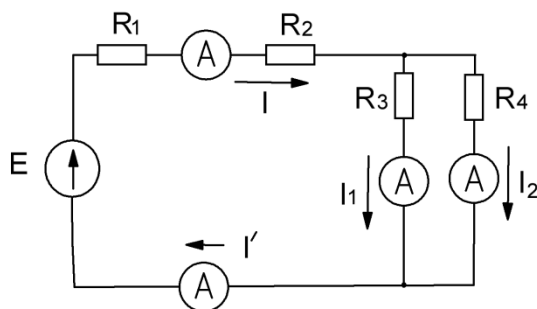


Рис.1

Измеренные данные

Таблица 1.

I А	I' А	I ₁ А	I ₂ , А	U В	U ₁ В	U ₂ В	U ₃ В	U ₄ В	R ₁ Ом	R ₂ Ом	R ₃ Ом	R ₄ Ом	R _э Ом

Расчетные данные

Таблица 2.

I А	U В	R ₁ Ом	R ₂ Ом	R ₃ Ом	R ₄ Ом	R _э Ом	R _{общ} Ом	P ₁ Вт	P ₂ Вт	P ₃ Вт	P ₄ Вт	P _{потр} Вт	P _{ист} Вт

Формулы для расчета:

- $I = I_1 + I_2$ $U = U_1 + U_2 + U_3$
- $R_{общ} = U / I$; $R_э = (R_1 + R_2) + (R_3 * R_4) / (R_3 + R_4)$
- $R_1 = U_1 / I$; $R_2 = U_2 / I$ $R_3 = U_3 / I_1$ $R_4 = U_4 / I_2$
- $P_1 = U_1 * I$; $P_2 = U_2 * I$ $P_3 = U_3 * I_1$ $P_4 = U_4 * I_2$
- $P_{потр} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$; $P_{ист} = U * I$

Вопросы для контроля индивидуальных заданий :

- Какое напряжение на каждом элементе при параллельном их соединении.
- Определение эквивалентного сопротивления при смешанном соединении элементов электрической цепи.
- Определение общей потребляемой мощности при смешанном соединении элементов цепи. Баланс мощности.

3.7. Практическое занятие №2**Тема: Расчет параметров электрической цепи 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- 6. Варианты заданий выбрать из таблиц 1 - 4 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале.

2. Ответить на вопросы.

Задание 1

Перевести в систему СИ следующие величины токов и напряжений:

Таблица 1

№ вар	Электрические величины										
1	481 мВ	5,7 кВ	440 В	0,4 кВ	23 мВ	45 мкА	480 А	6,4 кА	40 мА	0,3 кА	0,8 мА
2	57 кВ	4400 В	54 кВ	681 мВ	0,9 кВ	400 мкА	32 кА	3,8 мА	4,5 мА	51 А	3,4 кА
3	4,8 мВ	6,75 кВ	4 В	1,4 кВ	230 мВ	5 мкА	11,8А	35 кА	400мА	1,3 кА	25 мА
4	5,7 кВ	4,4 мВ	54 В	6,1 мВ	12,9 кВ	78 мкА	151кА	0,8 мА	45 мА	5,1 кА	0,4 кА
5	481 мВ	5,7 кВ	440 В	0,4 кВ	23 мВ	45 мкА	480 А	6,4 кА	40 мА	0,3 кА	0,8 мА
6	518 мВ	0,75 кВ	4 кВ	1,45 кВ	2,3 мВ	125 мкА	1,8 кА	35 А	79 мА	135кА	2,5 мА
7	481 В	5,7мВ	1,4кВ	0,5 кВ	105 мВ	4,5 мкА	48 мА	0,1 кА	40 кА	0,3 мА	80мкА
8	481 мВ	5,7 В	40кВ	0,4 кВ	23 мВ	45 мкА	480 А	6,4 кА	40 мА	0,3 кА	0,8 мА
9	5.8 мВ	75 кВ	50кВ	1,5 кВ	789 мВ	725 мкА	0,04 А	35 кА	790мА	935кА	1,5 мА
10	1,8 мВ	254 кВ	0,15В	1,05 кВ	23 мВ	1,5 мкА	18 кА	35мкА	179мА	13 кА	2,5 кА
11	18 мВ	75 кВ	0,2 В	1 кВ	200 мВ	100 мкА	1 кА	3,5 А	790мА	535кА	2,5 мА
12	48 мВ	57 кВ	4 В	0,1 кВ	830 мВ	450 мкА	4,8 кА	2,2 кА	10 мА	3 кА	0,1 мА
13	81 мВ	56,7 кВ	0,1кВ	0,01 кВ	1 мВ	7,1 мкА	48 мА	6,0 кА	100мА	0,9 кА	100мА
14	41 мВ	100 В	40кВ	0,41 кВ	2,3 мВ	4,5 мкА	4,8 А	6,6кА	400мА	0,3 кА	8 мА
15	58 мВ	7,5 кВ	50 В	1,52 кВ	125 мВ	72 мкА	0,01 А	33 кА	190мА	985кА	15 мА
16	18 мВ	25,4 кВ	0,5В	1,05 кВ	74 мВ	15 мкА	1,8 кА	87мкА	17мА	12 кА	25 кА
17	180 мВ	0,75 кВ	2м В	10 кВ	250 мВ	180 мкА	4 кА	3,5 А	590мА	565кА	87 мА
18	0,4 мВ	5,7 кВ	40мВ	0,12 кВ	800 мВ	45 мкА	5,8 кА	22 кА	18 мА	9 кА	1,1 мА
19	8,1 мВ	9,7 кВ	0,3В	0,25 кВ	100 мВ	520 мкА	95 мА	1,5 кА	150мА	0,4 кА	190мА
20	50 мВ	0,8 кВ	20 В	0,3В	20 мВ	250 мкА	2,5 кА	45мкА	14 мА	5А	38мА
21	0,68мВ	30В	12кВ	0,02кВ	750мВ	20А	18 кА	35мкА	590мА	565кА	1,5 мА
22	485 В	5,07мВ	2,4кВ	1,5 кВ	155 мВ	25 мкА	1,04 А	25 кА	90мА	965кА	2,5 мА
23	181 мВ	66,7 кВ	0,1кВ	2,01 кВ	1 В	2,1 мкА	1,8 А	0,6кА	40мА	2,3 кА	59 мА
24	81 мВ	5,7 В	44 кВ	0,4 кВ	3 мВ	0,5 мкА	48 А	2,4 кА	4 мА	2,3 кА	8 мА
25	4 мВ	10 В	0,4кВ	1,41 кВ	0,3 мВ	45 мкА	48 А	2,6кА	40мА	1,3 кА	12 мА

Задание 2. Записать сопротивление резистора R, в кОм и МОм (округление до десятых долей)

Параметры резистора

Таблица 3

№ 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 3. Рассчитать мощность рассеивания на резисторе.

Параметры электрической цепи

Таблица 4

№ 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 4. Найти сопротивление резистора.

Таблица 5

№ 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 5

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

Таблица 6

№ 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 .

3.8. Практическое занятие № 3

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 ₀ , 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 ₀ , 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.

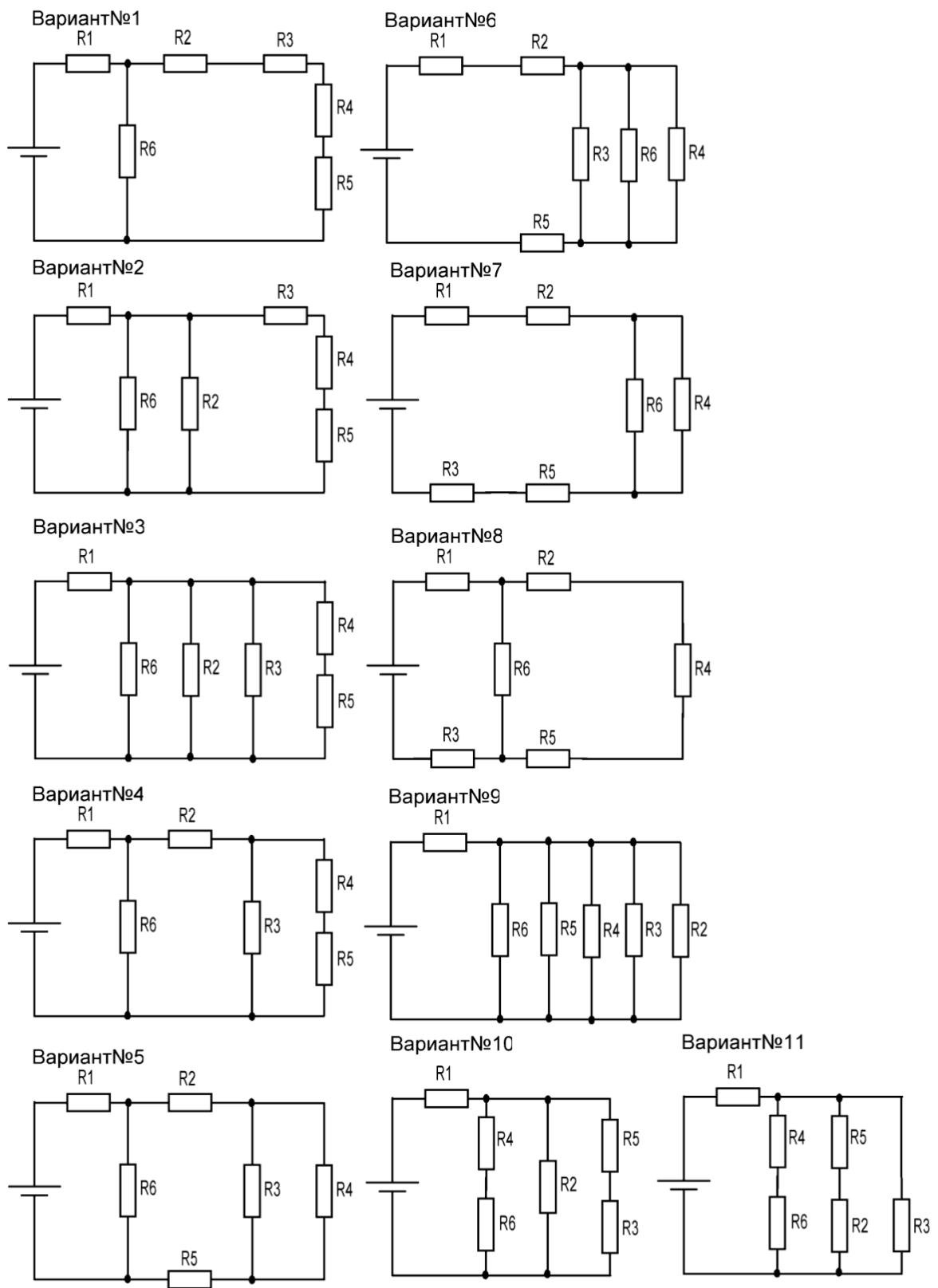


Рис.1

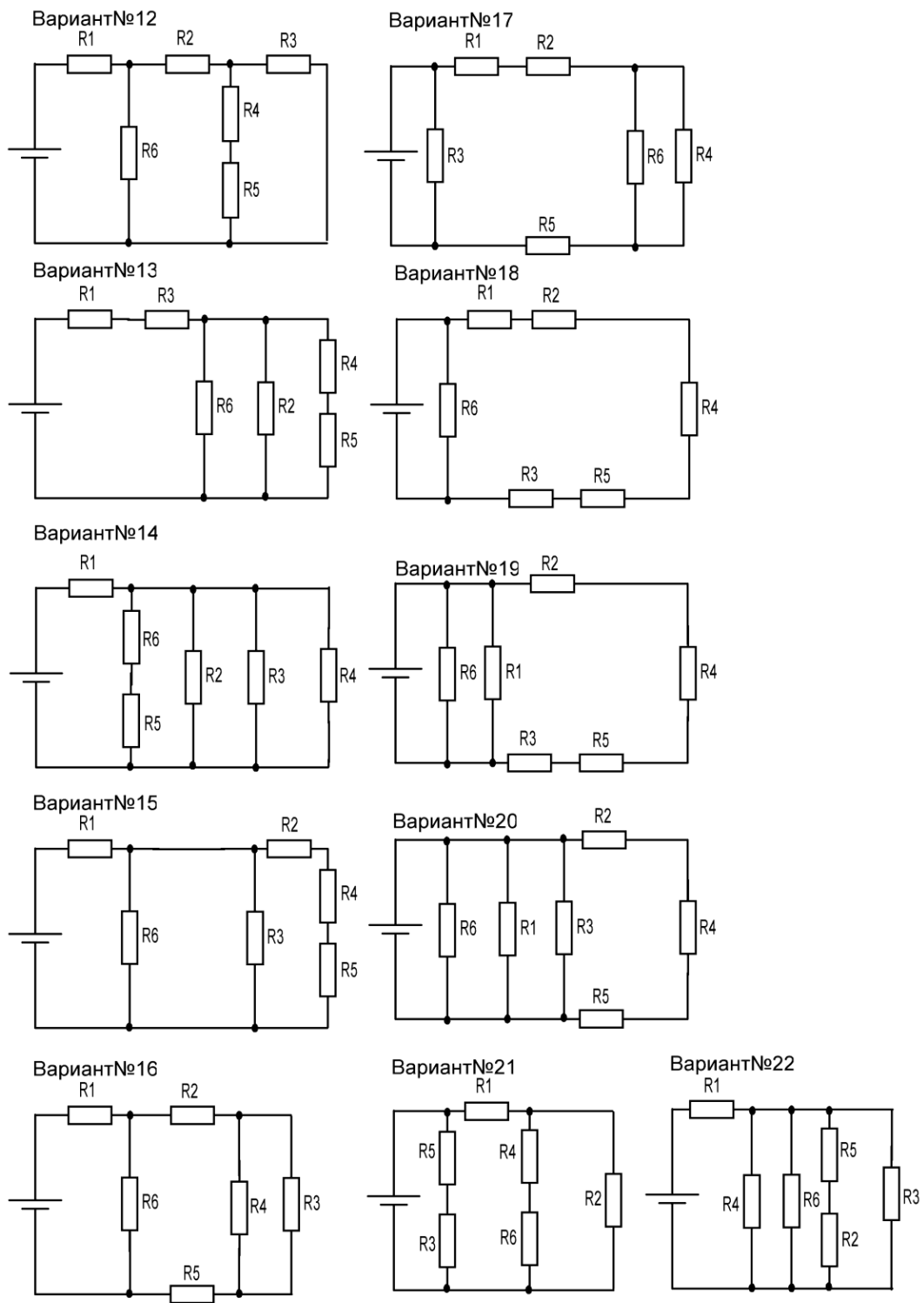


Рис.2

3.9. Практическое занятие № 4

Тема: Расчет неразветвленной цепи постоянного 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:

1. Рассчитать электрическую цепь, заданную на рисунке (в зависимости от варианта).

Параметры элементов электрической цепи выбрать из таблицы №1 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале.

2. Ответить на вопросы.

1. Из уравнения по второму закону Кирхгофа найти ток в цепи.

2. Найти напряжение на выходе источников питания U_{1-2} .

3. Найти падение напряжения на каждом пассивном элементе, проверить второй закон Кирхгофа.

4. Составить баланс мощностей.

Рис.1 Схема для четных вариантов

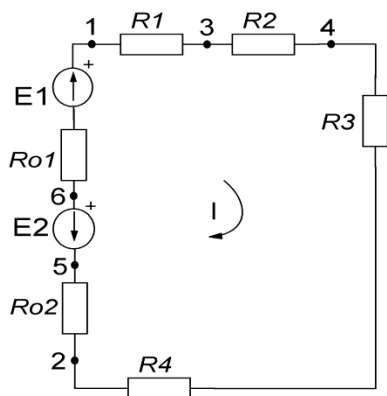


Рис.2 Схема для нечетных вариантов

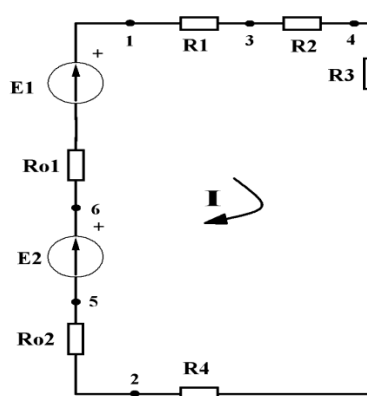


Таблица №1

№ вар	R01, Ом	R02, Ом	R1, кОм	R2, Ом	R3, кОм	R4, Ом	E1, В	E2, В
1	10	90	1	100	0,9	100	100	120
2	20	80	2	200	0,8	100	76	44
3	30	70	3	300	0,7	100	200	220
4	40	60	4	400	0,6	100	48	100

5	50	50	5	500	0,5	100	380	240
6	60	40	6	600	0,4	100	100	28
7	70	30	7	700	0,3	100	400	420
8	80	20	8	800	0,2	100	120	28
9	90	10	9	900	0,1	100	61	41
10	100	0	10	100	0,9	100	220	108
11	10	90	9	200	0,8	100	30	72
12	20	80	8	300	0,7	100	100	8
13	30	70	7	400	0,6	100	410	410
14	40	60	6	500	0,5	100	770	50
15	50	50	5	600	0,4	100	30	32
16	60	40	4	700	0,3	100	100	48
17	70	70	3	800	0,2	100	110	310
18	80	20	2	900	0,1	100	130	98
19	90	10	1	1000	0	100	100	120
20	100	0	0,5	500	1	100	320	100
21	10	90	0,6	400	2	100	150	170
22	20	80	0,7	300	3	100	520	100
23	30	70	0,8	200	4	100	15	37
24	40	60	0,9	100	5	100	72	10
25	50	50	0,4	600	6	100	310	410
26	60	40	0,3	700	7	100	220	138

Вопросы для контроля индивидуальных заданий :

- Что такое идеальный и реальный источники ЭДС, чем они отличаются?
- Чему равно напряжение на выходе идеального и реального источников ЭДС?
- Сформулировать второй закон Кирхгофа.

Вывод:

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

3.10. Практическое занятие № 5.

Тема: Расчет разветвленной цепи постоянного тока с одним источником ЭДС.

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 для заданной схемы количество узлов и ветвей.
2. Найти токи в ветвях, Составить баланс мощности.

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	11	12	13
E, В	600	90	120	50	60	180	80	90	600	250	325	180	150
R ₀ , Ом	20	40	60	10	50	100	120	50	48	25	230	10	50
R1, Ом	30	60	40	60	100	100	80	100	60	50	70	30	75
R2, кОм	0,6	0,6	0,5	0,1	0,654	0,15	0,8	0,9	0,04	0,1	0,15	0,2	0,25
R3, Ом	1000	300	200	150	500	200	800	400	20	50	50	300	80
R4, Ом	300	500	200	150	100	200	600	200	160	100	200	150	125
R5, 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
R6, 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
E В	70	150	60	90	90	130	150	150	300	450	140	450	180
R ₀ , Ом	80	50	80	10	20	50	50	50	25	50	70	50	80
R1, Ом	20	800	20	270	30	400	100	40	50	75	30	400	20
R2, 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
R3 Ом	500	800	600	40	1000	300	20	900	300	90	600	400	600
R4, Ом	500	500	100	30	1000	100	80	120	150	100	600	100	100
R5, 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
R6, Ом	500	800	600	270	800	100	450	120	450	150	500	400	600

Примечание: Схемы для вариантов 23, 24, 25, 26 взять соответственно из вариантов 13, 14, 15, 16

Вывод:

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

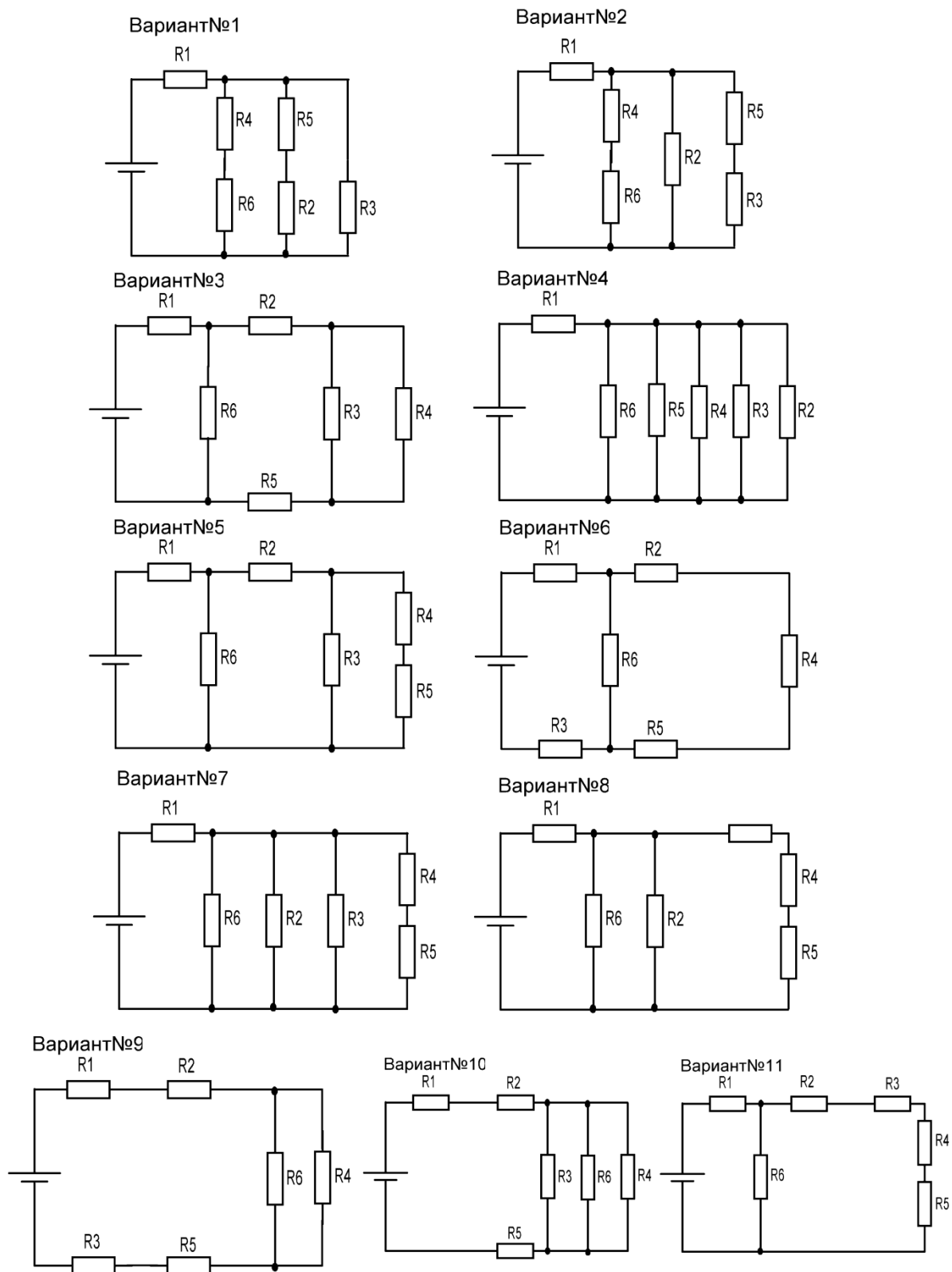


Рис.1

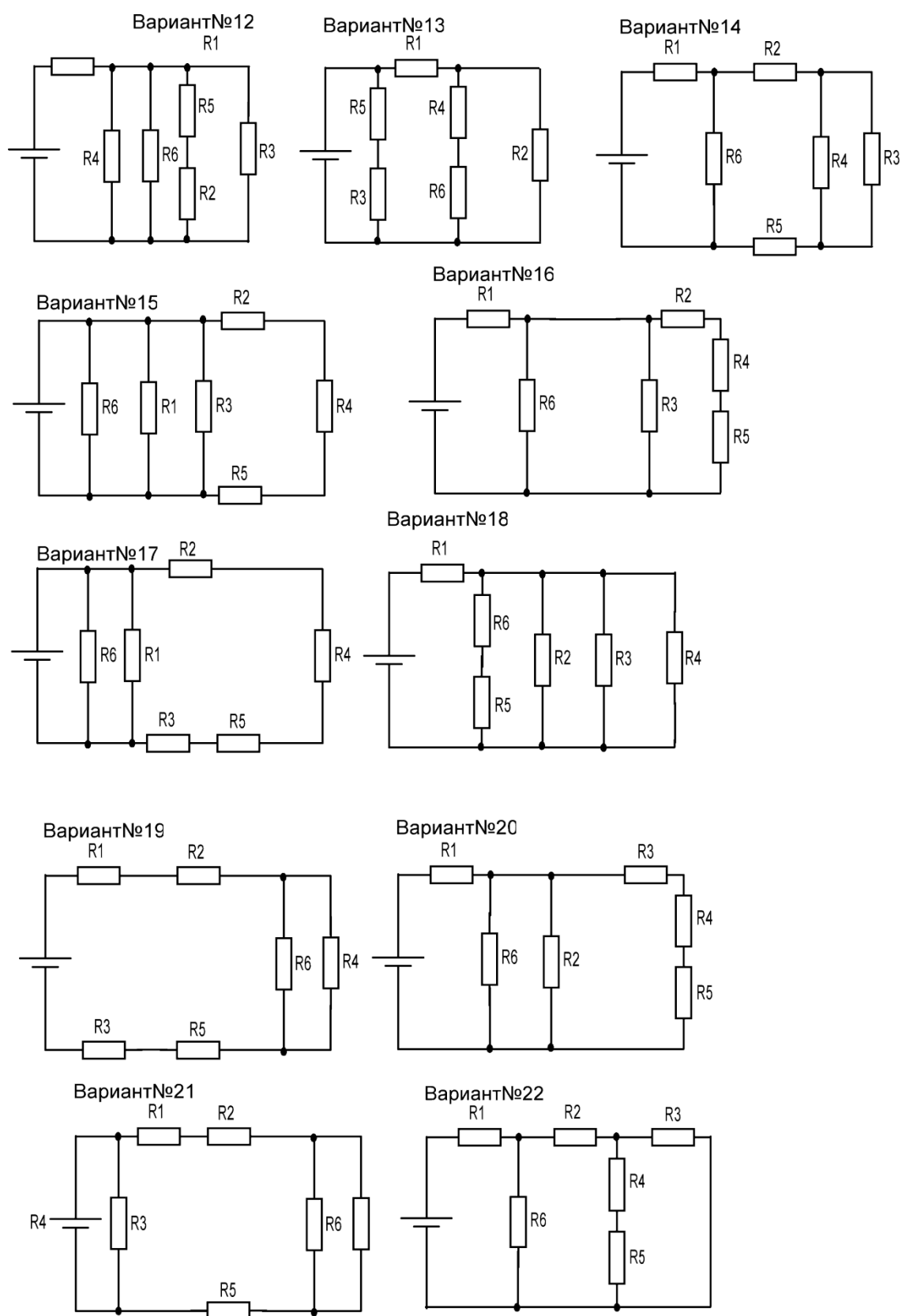


Рис.2

3.11. Лабораторное занятие № 6

Тема: Неразветвленная цепь переменного тока с активными и реактивными элементами

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. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.
- У6. Собирать электрические схемы.
- З2. Основные законы электротехники
- З4. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.
- З6. Принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов, составления электрических и электронных цепей.
- З7. Правила эксплуатации электрооборудования.

Оборудование: Стенд для сборки схем.

Ход работы:

1. Собрать на стенде схему (Рис.1). Измерить ток, напряжение на всех элементах схемы, общее напряжение и частоту.
2. Рассчитать активное, емкостное и индуктивное сопротивления. Активное сопротивление катушки индуктивности $R_k = 80 \, \Omega$

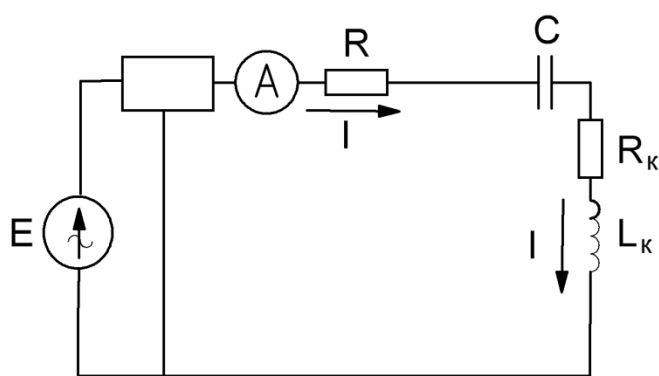


Рис.1

Измеренные данные

Таблица 1

f, Гц	I, А	U, В	U _R , В	U _C , В	U _k , В
f ₁ =					
f ₂ =					

Расчетные данные

Таблица 2

	R, Ом	X _c , Ом	C, мкФ	Z _к , Ом	X _L , Ом	L _к , Гн	Z _{общ} Ом	U , В	Сист	Спотр
f ₁ =										
f ₂ =										

Формулы для расчетов:

$$R = U_R / I$$

$$X_c = U_C / I$$

$$C = 1 / (2 * \pi * f * X_c), \Phi \quad 1 \text{ мкФ} = 1\,000\,000 \text{ Ф}$$

$$Z_k = U_k / I_k$$

$$X_L = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}$$

$$L_k = X_L / (2 * \pi * f)$$

$$R_{\text{общ}} = R + R_k$$

$$X_{\text{общ}} = X_c - X_L$$

$$Z_{\text{общ}} = \sqrt{R_{\text{общ}}^2 + X_{\text{общ}}^2}$$

$$S_{\text{ист}} = U * I$$

$$S_{\text{потр}} = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$P = I^2 * R_{\text{общ}}$$

$$Q = I^2 * X_{\text{общ}}$$

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

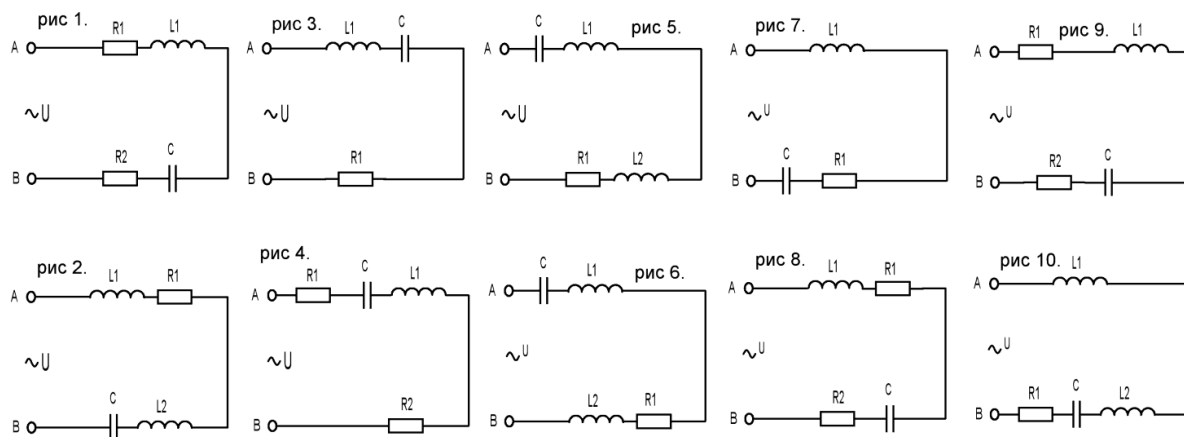


Рис.1

Методические указания по выполнению расчета неразветвленной цепи переменного тока.

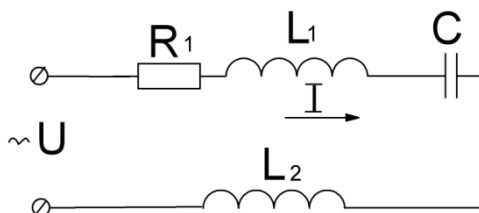
Неразветвленная цепь переменного тока, показанная на соответствующем рисунке, содержит активные и реактивные сопротивления, величины которых заданы в таблице. Определить:

- 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.

- Находим общее сопротивление цепи.

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

$$R_1 = R = 12 \text{ Ом}$$

$$XL = XL_1 + XL_2 = 47,1 + 12,6 = 59,7 \text{ Ом}$$

$$XL_1 = 2\pi f L_1 = 2\pi \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,15 = 47,1 \text{ Ом}$$

$$XL_2 = 2\pi f L_2 = 2\pi \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,04 = 12,6 \text{ Ом}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Баланс мощностей.

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

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

$$S_{\text{пот}} = S_{\text{ист}}$$

$$183 \text{ ВА} = 183 \text{ ВА}$$

- 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. $M_I = 0,5 \text{ A/cm}$

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.

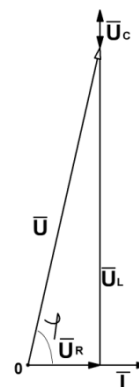
Под углом 90° относительно вектора тока с конца вектора активного напряжения вверх откладываем вектор индуктивного напряжения длиной 10,9 см.

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 $L_U = 10 \text{ см}$

Вычисляем величину напряжения, приложенного к цепи.

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



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

3.13. Практическое занятие № 7.

Тема: Расшифровка векторных диаграмм неразветвленной цепи переменного тока

Цель работы: Усвоение умений и знаний:

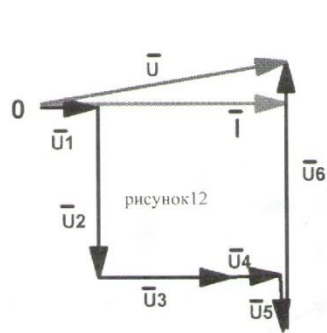
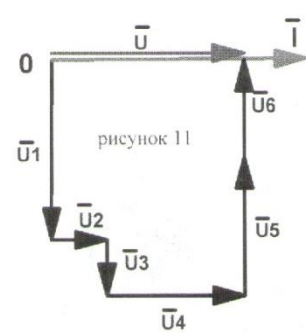
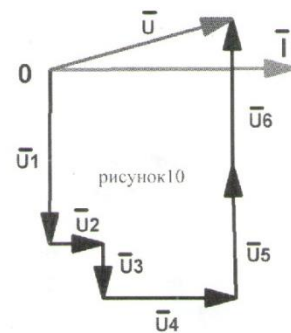
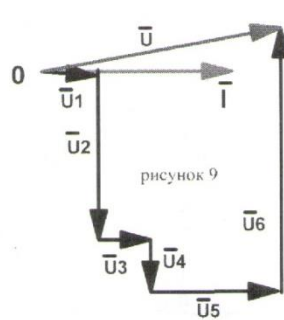
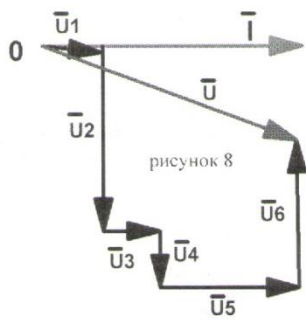
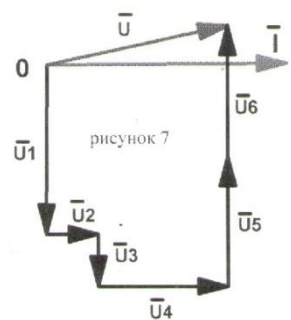
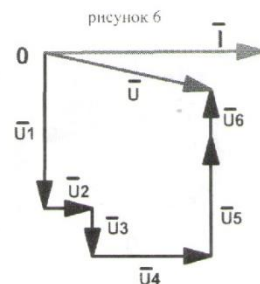
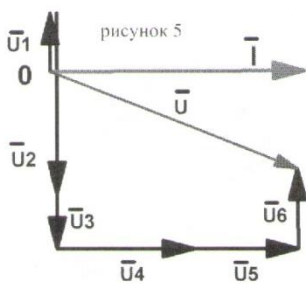
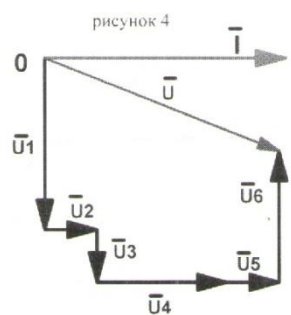
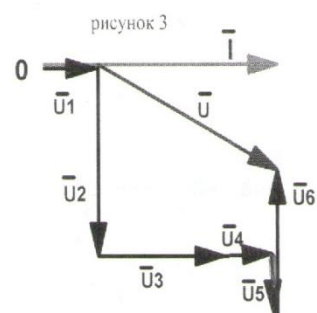
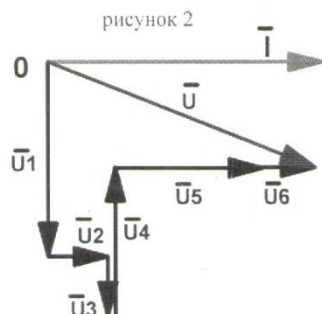
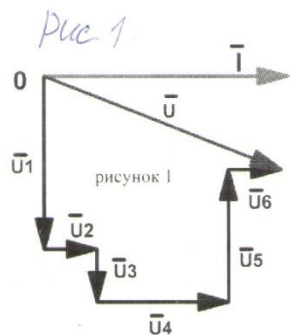
У 3. Рассчитывать параметры электрических цепей.

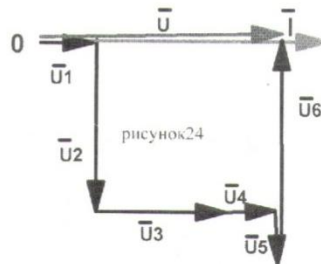
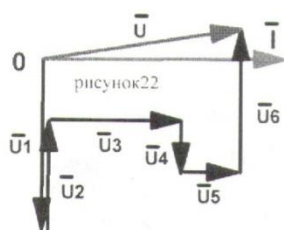
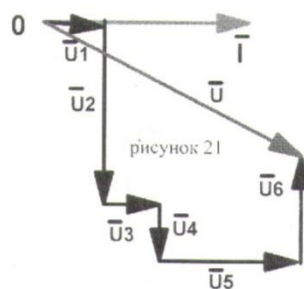
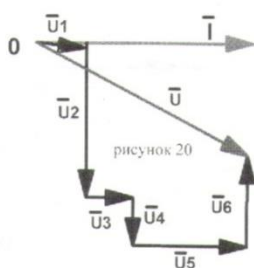
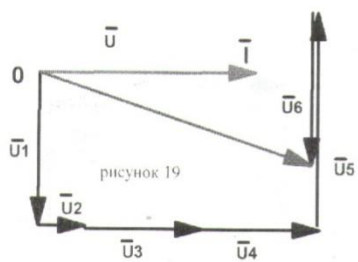
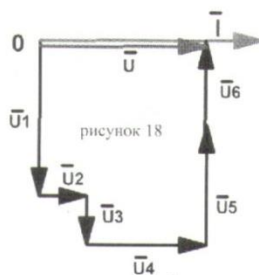
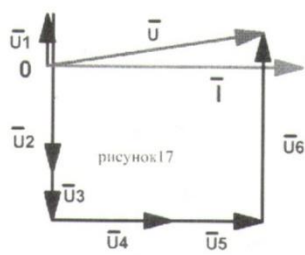
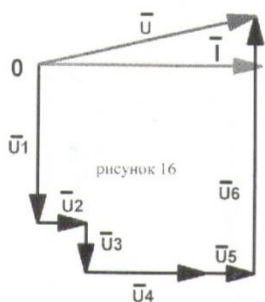
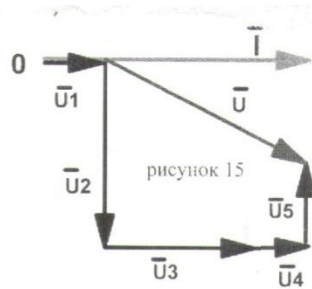
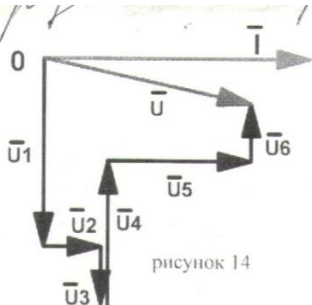
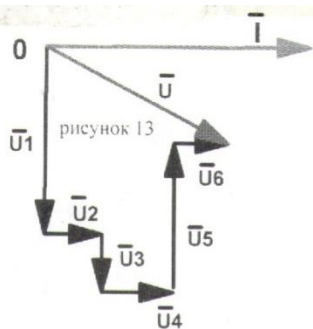
32. Основные законы электротехники, характеристики и параметры электрических и магнитных полей, свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов.

34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических цепей.

Задание.

Исходя из векторной диаграммы, начертить принципиальную электрическую схему.
Номер рисунка соответствует номеру варианта.





3.14. Практическое занятие № 8

Тема: Расчет разветвленной 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:

В цепь переменного тока с напряжением U включена цепь, состоящая из двух параллельных ветвей с активными R_1 , R_2 и реактивными X_L , X_C сопротивлениями, величины которых заданы в таблице.

Определить:

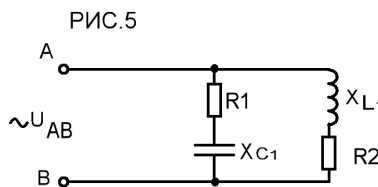
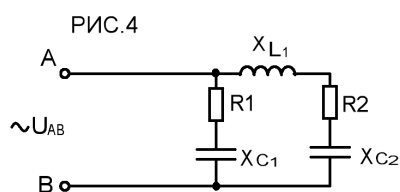
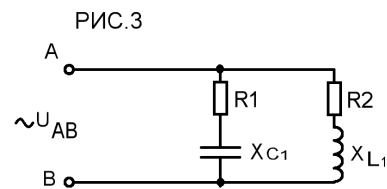
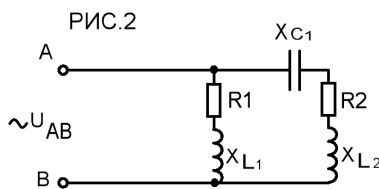
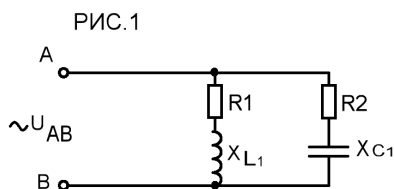
- Общее сопротивление каждой ветви;
- Силу тока каждой ветви;
- Угол сдвига фаз между током и напряжением в каждой ветви;
- Определить общий ток аналитическим методом
- Построить векторную диаграмму, из векторной диаграммы определить общий ток.
- Сравнить величины токов, полученные разными методами.

Вариант задания выбрать из таблицы 1 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале. Схему выбрать в соответствии со своим вариантом (Рис.1-5).

Таблица 1

Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
№ рис.	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3
U , В	127	220	380	100	150	200	250	100	150	200	240
R_1 , Ом	5	10	15	10	25	20	25	9	12	15	14
R_2 , Ом	3	6	8	13	12	11	10	3,8	5,2	6,6	7
L_1 , Гн	0,0398	0,0274	0,0199	0,0127	0,0159	0,0191	0,0223	0,0153	0,0229	0,0306	0,0318
L_2 , Гн	нет	нет	нет	нет	нет	0,0255	0,0318	0,0350	0,0382	0,0127	нет
C_1 , Ф	0,0008	0,0004	0,0004	0,0003	0,0004	0,0008	0,0005	0,0003	0,0004	0,0191	0,0159

Вариант	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
№ рис.	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5
U , В	110	120	280	180	250	200	170	190	160	230	290
R_1 , Ом	4	8	12	4	20	8	25	24	18	19	16
R_2 , Ом	2	8	6	15	5	14	10	4,8	9,2	8,6	8,5
L_1 , Гн	0,0191	0,0318	0,0191	0,0191	0,0318	0,0198	0,0185	0,0217	0,0102	0,0242	0,0127
C_1 , Ф	0,0011	0,0003	0,0004	0,0003	0,0004	0,0008	0,0005	0,0005	0,0003	0,0016	0,0003
C_2 , Ф	нет	нет	нет	0,0004	0,0191	0,0016	0,0008	нет	нет	нет	нет



Вывод:

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

Указания к расчету разветвленной цепи переменного тока.

Дано:

$$E = 100 \text{ В};$$

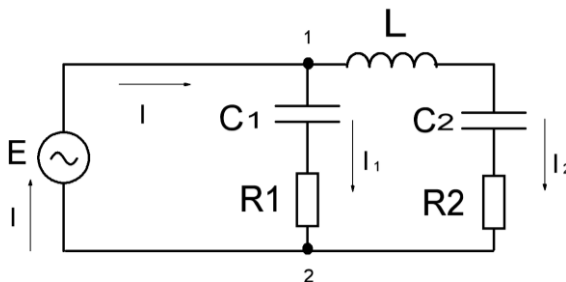
$$R_1 = 80 \text{ Ом};$$

$$C_1 = 31,8 \text{ мкФ};$$

$$C_2 = 159 \text{ мкФ};$$

$$L_2 = 96 \text{ мГн};$$

$$R_2 = 50 \text{ Гц}.$$



Определить:

- Токи I_1, I_2 ;
- Начертить векторную диаграмму, из диаграммы геометрически определить ток I ,
- Составить баланс мощности.

Решение.

1. Определяем емкостные сопротивления конденсаторов C_1 и C_2 :

$$X_{C1} = 1 / 2\pi f C_1 = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 31,8 \cdot 10^{-6}) = 100 \text{ Ом};$$

$$X_{C2} = 1 / 2\pi f C_2 = 1 / (2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 159 \cdot 10^{-6}) = 20 \text{ Ом}.$$

2. Определяем индуктивное сопротивление катушки индуктивности L :

$$X_{L2} = 2\pi f L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,096 = 30 \text{ Ом}$$

3. Определяем полные сопротивления первой и второй ветвей:

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_{C1}^2} = \sqrt{80^2 + 100^2} = 128 \text{ Ом};$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + (X_{L2} - X_{C2})^2} = \sqrt{50^2 + (30 - 20)^2} = 51 \text{ Ом}.$$

4. Находим токи в ветвях:

$$I_1 = E / Z_1 = 100 / 128 = 0,78 \text{ А} - \text{ток в первой ветви}$$

$$I_2 = E / Z_2 = 100 / 51 = 1,96 \text{ А} - \text{ток во второй ветви}.$$

5. Строим векторную диаграмму:

Выбираем масштаб по напряжению: $M_U = 20 \text{ В/см}$

Длина вектора ЭДС: $I_E = 100 \text{ В} / 20 \text{ (В/см)} = 5 \text{ см};$

Выбираем масштаб по току: $M_I = 0,2 \text{ А/см}$

Длина вектора первого тока: $I_{I1} = 0,78 \text{ А} / 0,2 \text{ (А/см)} = 3,9 \text{ см}$

Длина вектора второго тока: $I_{I2} = 1,96 \text{ А} / 0,2 \text{ (А/см)} = 9,8 \text{ см}$

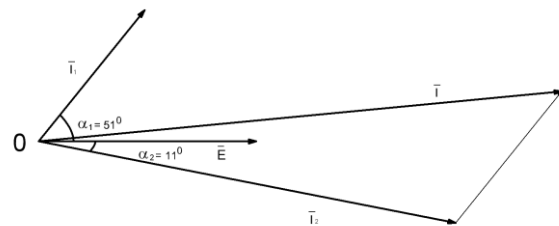
Угол сдвига фаз между ЭДС и током I_1 : $\cos\varphi_1 = R_1/Z_1 = 80/128 = 0,625$

$\varphi_1 = 51^\circ$

Угол сдвига фаз между ЭДС и током I_2 : $\cos\varphi_2 = R_2/Z_2 = 50/51 = 0,98$

$\varphi_2 = 11^\circ$

- По горизонтали откладываем вектор $\vec{E}$, равный 5 см;
- Под углом 51° от вектора ЭДС откладываем вектор $\vec{I}_1 = 3,9 \text{ см}$. Так как первая ветвь имеет емкостной характер, то вектор тока $\vec{I}_1$ опережает вектор $\vec{E}$, т.е. вектор $\vec{I}_1$ откладываем вверх;
- Под углом 11° от вектора ЭДС откладываем вектор $\vec{I}_2 = 9,8 \text{ см}$. Так как вторая ветвь имеет индуктивный характер ($X_{L2} > X_{C2}$), то ток $\vec{I}_2$ отстает от $\vec{E}$, т.е. вектор $\vec{I}_2$ откладываем вниз;
- Складываем вектора $\vec{I}_1$ и $\vec{I}_2$, т.е. $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$;
- Измеряем длину вектора общего тока: $I = 12,1 \text{ см}$.
- Находим величину тока I : $I = M_I * L_I = 0,2 \text{ А/см} * 12,1 \text{ см} = 2,42 \text{ А}$



Проверяем общий ток по теореме косинусов:

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2 * I_1 * I_2 * \cos(\varphi_1 + \varphi_2)} = \sqrt{0,78^2 + 1,96^2 + 2 * 0,78 * 1,96 * 0,4695} = \sqrt{0,6084 + 3,8416 + 1,405} = \sqrt{5,9756} = 2,44 \text{ А}$$

6. Составляем баланс мощности:

$$S_{\text{ист.}} = E * I = 100 * 2,42 = 242 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{потр.}} = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$P = P_1 + P_2 = I_1^2 * R_1 + I_2^2 * R_2 = 0,78^2 * 89 + 1,96^2 * 50 = 48,672 + 192,08 = 240,75 \text{ Вт};$$

$$Q = Q_L - Q_C;$$

$$Q_L = I_2^2 * X_{L2} = 1,96^2 * 30 = 115,25 \text{ ВАр};$$

$$Q_C = Q_{C1} + Q_{C2} = I_1^2 * X_{C1} + I_2^2 * X_{C2} = 0,78^2 * 100 + 1,96^2 * 20 = 137,67 \text{ ВАр};$$

$$Q = Q_L - Q_C = 115,25 - 137,67 = -22,42 \text{ Вар, т. е. мощность емкостная};$$

$$S_{\text{потр.}} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{240,75^2 + 22,42^2} = \sqrt{57960,56 + 502,66} = \sqrt{58463,22} = 241,79 \approx 242 \text{ ВА.}$$

Таким образом, $S_{\text{ист.}} = S_{\text{потр.}} \approx 242 \text{ ВА.}$

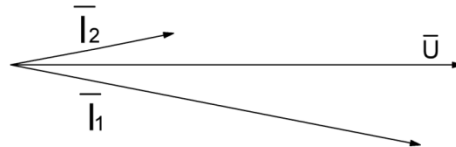
Вывод: Текущий контроль при выполнении индивидуальных заданий в рамках выполнения практического занятия позволяет оценить усвоенные умения и знания УЗ, 32, 34.

3.15 Практическое занятие № 9.

Тема: Расшифровка векторных диаграмм разветвленной цепи переменного тока

Задание: Исходя из векторной диаграммы, начертить схему разветвленной цепи, состоящую из двух ветвей. На векторной диаграмме начертить общий ток, который равен сумме векторов первого и второго токов. Определить общий характер цепи.

Пример.

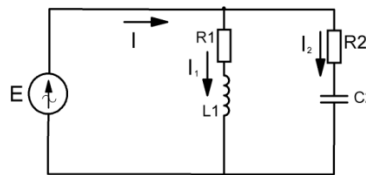


Дана векторная диаграмма

Решение.

Из диаграммы видно, что первая ветвь цепи имеет активно-индуктивный характер, так как ток I_1 отстает от напряжения. Значит, в первой ветви должно быть активное сопротивление (резистор) и катушка индуктивности. В первой ветви может быть еще и емкость, но индуктивное сопротивление X_{L1} должно быть больше емкостного сопротивления X_{C1} .

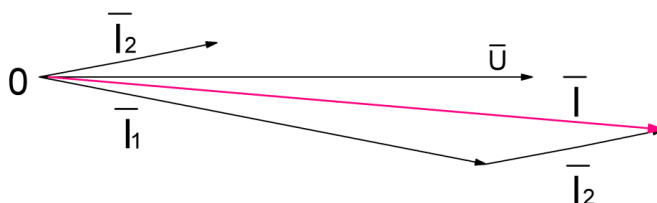
Вторая ветвь имеет активно-емкостный характер, так как ток I_2 опережает напряжение. Значит, во второй ветви должно быть активное сопротивление (резистор) и конденсатор. Во второй ветви может быть еще и индуктивность, но индуктивное сопротивление X_{L2} должно быть меньше емкостного сопротивления X_{C2} .



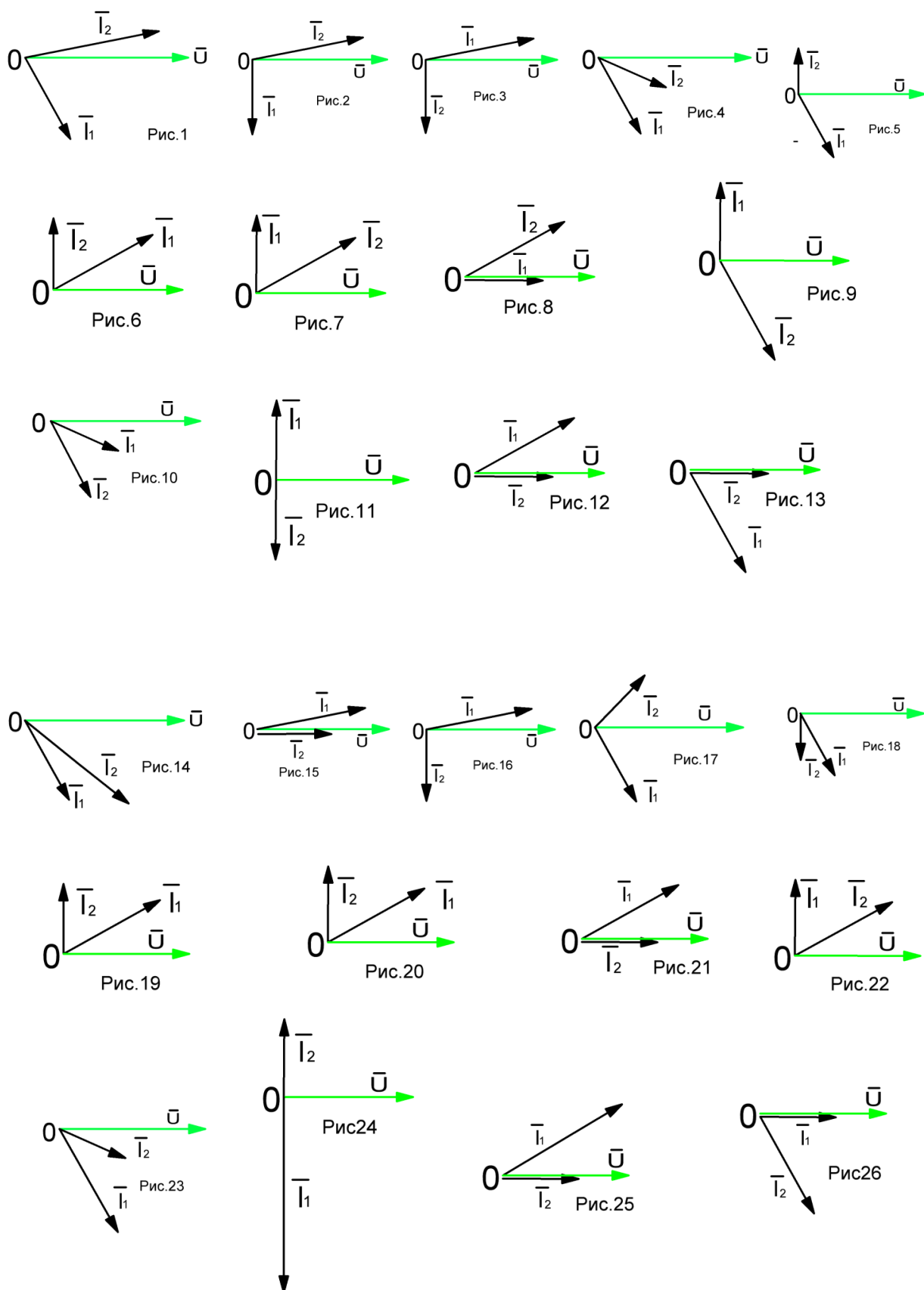
Чертим схему:

Из векторной диаграммы находим общий ток по правилу сложения двух векторов: к концу первого вектора приставляем второй вектор, перенесенный без изменения длины и направления, конец перенесенного второго вектора соединяем с нулевой точкой.

Из векторной диаграммы видно, что общий характер цепи активно – индуктивный, так как общий ток отстает от общего напряжения.



Примечание: Векторную диаграмму начертить в тетради, чтобы она примерно заняла полстраницы, то есть, не изменяя углы сдвига фаз, в одинаковом масштабе изменить длины векторов.



3.16. Практическое занятие №10.

Тема: Расчет эквивалентной емкости и индуктивности при смешанном соединении конденсаторов и катушек индуктивности

Задание1.

- а) Определить общую емкость трех последовательно и параллельно соединенных конденсаторов, начертить схему.
б) Определить общее емкостное сопротивление этих конденсаторов.

Задание2.

Определить общую индуктивность и общее индуктивное сопротивление трех катушек индуктивностей:

- а) соединенных последовательно;
б) соединенных параллельно;
в) соединенных смешанно.

Начертить схемы включения

Частоту сети взять промышленную, которая применяется в России.

№ Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C 1 мкФ	600	318	900	150	100	1000	400	250	159	190	1600	500
C2 мкФ	600	318	900	150	100	1000	400	250	159	190	1600	500
C3 мкФ	600	318	900	150	100	1000	400	250	159	190	1600	500
L ₁ мГн	25	30	50	70	80	90	100	150	125	200	250	300
L ₂ мГн	50	60	100	140	160	180	200	300	250	400	500	600
L ₃ мГн	50	60	100	140	160	180	200	300	250	400	500	600

№ Вар.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
C 1 мкФ	1500	300	800	450	860	150	1400	820	460	530	860	1200
C2 мкФ	1500	300	800	450	860	150	1400	820	460	530	860	1200
C3 мкФ	1500	300	800	450	860	150	1400	820	460	530	860	1200
L ₁ мГн	350	400	450	500	600	700	650	800	900	850	950	1000
L ₂ мГн	700	800	900	1000	1200	1400	1300	1600	1800	1700	1900	2000
L ₃ мГн	700	800	900	1000	1200	1400	1300	1600	1800	1700	1900	2000

3.17. Лабораторное занятие № 7

Тема: Определение активного сопротивления и индуктивности катушки

индуктивности

Цель работы

У 3. Рассчитывать основные параметры электрических, магнитных цепей.

У4. Пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями.

У6. Собирать электрические схемы.

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

Оборудование : Стенды для сборки схем.

Ход работы:

1.Опыт №1.

1. Собрать на стенде схему (Рис.1). Измерить ток, напряжение на катушке индуктивности и активное сопротивление катушки.

2.Рассчитать активное сопротивление катушки индуктивности.

2. Опыт №2

Собрать на стенде схему (Рис.2). Измерить ток, напряжение на катушке индуктивности и частоту генератора переменного напряжения.

1.Рассчитать полное, реактивное сопротивление катушки индуктивности и индуктивность катушки..

2.Измеренные данные занести в таблицу 1, а расчетные данные – в таблицу 2.

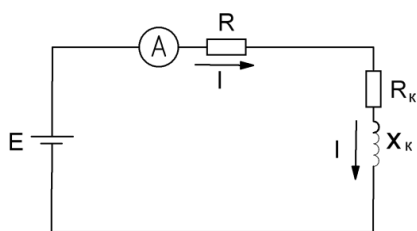


Рис.1

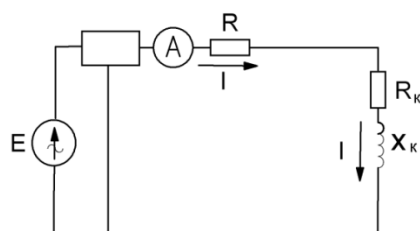


Рис.2

Измеренные данные

Таблица 1

Опыт №1			Опыт №2		
I _к , А	U _к , В	R _к , Ом	f, Гц	I _к , А	U _к , В

Расчетные данные

Таблица 2

Опыт №1	Опыт №2		
R _к , Ом	Z _к , Ом	X _к , Ом	L, Гн

Формулы для расчетов: $R_k = U_k / I_k$ (на постоянном токе, из опыта №1)

$Z_k = U_k / I_k$ (на переменном токе, из опыта №2)

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}$$

$$L = X_k / (2 * \pi * f)$$

3.18. 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 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. Подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками.
- У6. Собирать электрические схемы.
- 32. Основные законы электротехники
- 34. Методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных цепей.
- 36. Принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов, составления электрических и электронных цепей.
- 37. Правила эксплуатации электрооборудования.

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.

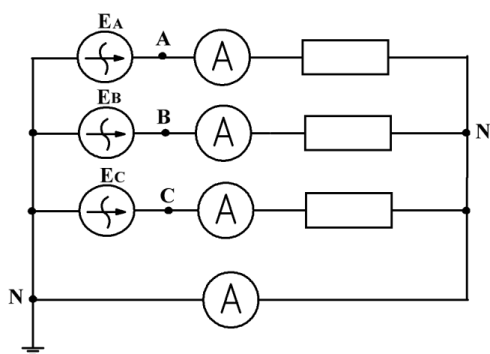


Рис.1

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													
5. Обрыв фазного провода при несимметричной нагрузке. (нулевой провод восстановить)													

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.

3.19. Практическое занятие №11

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 четырех проводную сеть с напряжением $U_{ном}$ включили «звездой» разные по характеру нагрузки.

Определить:

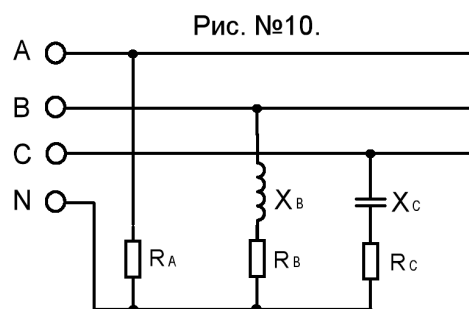
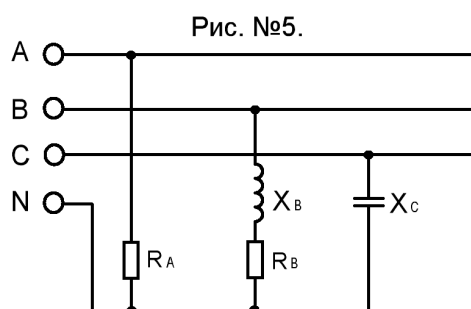
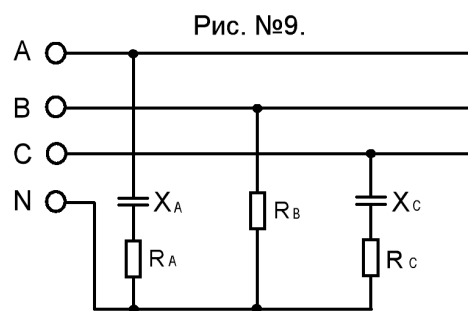
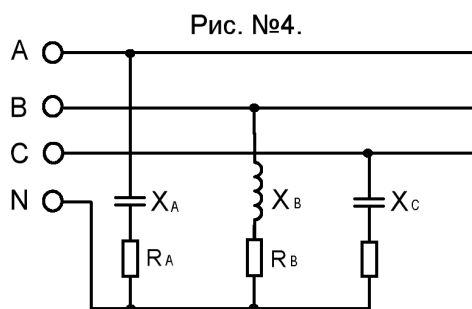
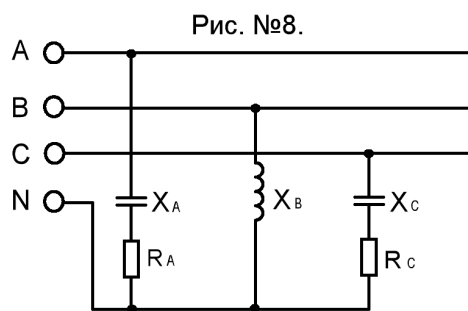
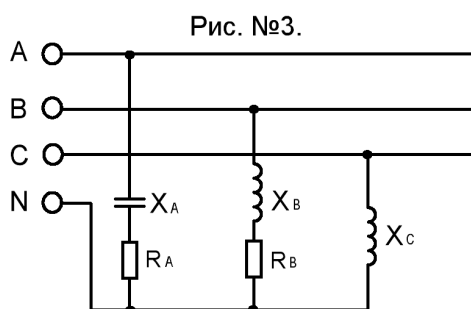
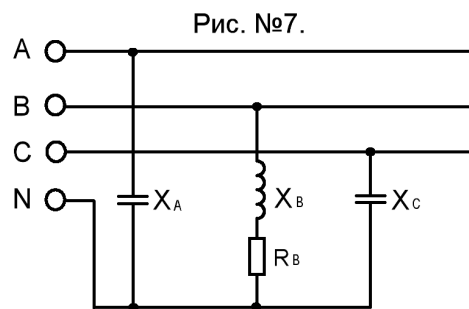
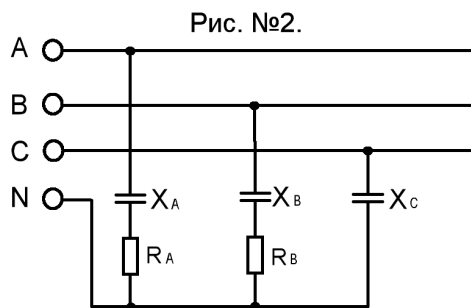
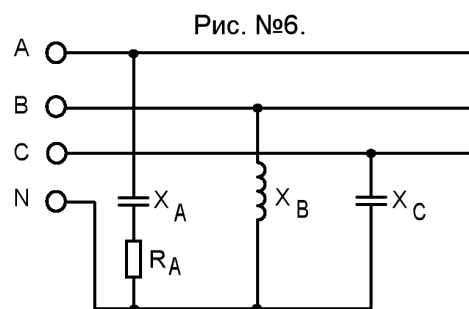
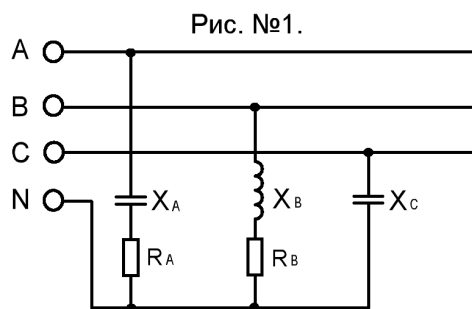
- Фазные токи;
- Угол сдвига между током и напряжением в каждой фазе;
- Начертить векторную диаграмму, из которой графически найти ток в нулевом проводе ;
- Активную, реактивную и полную мощность всей цепи.
- Вариант задания выбрать из таблицы 1 исходя из порядкового номера списка обучающихся в журнале. 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.



3.20. Практическое занятие № 12.

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_H ;
- 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 $I_{1XX} = 2,5\%$;
- Напряжение короткого замыкания $u_k = 5\%$

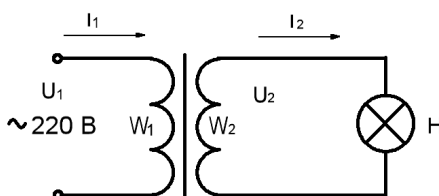


Рис.1

Определить:

1. Коэффициент трансформации $K_{тр}$;
2. Номинальный ток I_{1H} в первичной и I_{2H} 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 УЗ, 32, 34.

4. Критерии оценивания выполнения лабораторных и практических работ

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>

Дополнительные источники

1. 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>

2. Немцов М.В., Немцова М.Л. «Электротехника и электроника»: учебник для студентов учреждений сред. проф. образования по техническим специальностям. - М.: «Академия», 2012. - 480 с.

3. Полещук В.И. Задачник по электротехнике и электронике: - Учебное пособие для СПО. – М: Издательский центр «Академия», 2012, - 256 с.

4. Журнал «Радиоэлектроника и электротехника»

5. Электронный журнал «Я электрик 2.0»