

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)  
«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник ММРК имени И.И. Месяцева  
ФГАОУ ВО «МГТУ»



И.В. Артеменко

«26» мая 2023 года



### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Учебной дисциплины: ОП. 03 Электроника и электротехника  
программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)  
специальности: 26.02.03 Судовождение  
квалификация: техник-судоводитель  
форма обучения: очная, заочная  
назначение: текущий контроль и промежуточная аттестация

Мурманск  
2023 г.

**Рассмотрено и одобрено на заседании**

**Рекомендовано**

Методической комиссии преподавателей  
дисциплин профессионального цикла  
отделения навигации и связи

Председатель МК \_\_\_\_\_ Коношенко Ю.С.

Протокол

Автор(ы) (составители) Торопова А.И. преподаватель высшей квалификационной категории «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Эксперт (рецензент) Чекалкин Г.П. преподаватель высшей квалификационной категории «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

*Внутренний*

Эксперт (рецензент) Колодяжный Ю.Л. мастер производственного обучения ГАПОУ МО «Мурманский строительный колледж имени Н.Е. Момота»;

*Внешний*

## 1. Общие положения

Таблица 1. Кодификатор оценочных средств<sup>1</sup>

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1.	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2.	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий.
3.	Лабораторное/практическое занятие	Средство контроля, организованное как закрепление полученных теоретических знаний и приобретение практических умений по пройденной тематике	Перечень лабораторных/практических работ. Методические указания к выполнению лабораторно-практических работ. Критерии и шкала оценивания.

Таблица 2. Комплекты контрольно-оценочных средства по видам контроля

### 2.1. Примерное наполнение КОС/КИМ для входного контроля<sup>2</sup>

Оценочные средства	Комплекты контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта практической деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций
Экспресс опрос	– вопросы для оценивания уровня остаточных знаний; – критерии и шкала оценивания.
Собеседование	– вопросы по темам/разделам дисциплины; – критерии и шкала оценивания.
Тест	– фонд тестовых заданий; – критерии и шкала оценивания.

<sup>1</sup> выбрать применительно к УП, УД, ПМ, практике

<sup>2</sup> при необходимости, выбрать применительно к УП, УД, ПМ

## 2.2. Примерное наполнение КОС/КИМ для текущего контроля<sup>3</sup>

<b>Оценочные средства</b>	<b>Комплекты контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта практической деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций</b>
Коллоквиум	– вопросы по темам/разделам дисциплины – критерии и шкала оценивания.
Тест	– тестовые задания – критерии и шкала оценивания.
Лабораторное/ практическое занятие	– Перечень лабораторных/ практических работ – критерии и шкала оценивания.

## 2.3. Примерное наполнение КОС/КИМ для промежуточной аттестации<sup>4</sup>

<b>Форма проведения</b>	<b>Комплекты контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта практической деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций</b>
Экзамен	– вопросы и задания для подготовки к экзамену: – теоретические вопросы к экзамену; – практические задания к экзамену. – критерии и шкала оценивания ответа обучающегося.

<sup>3</sup> выбрать применительно к УП, УД, ПМ, практике

<sup>4</sup> выбрать применительно к УП, УД, ПМ, практике

**Комплект контрольно-оценочных средств  
для входного контроля**

учебной дисциплины ОПЦ 03 Электроника и электротехника  
наименования

Составитель: Торопова А.И. преподаватель высшей квалификационной  
категории «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»  
Ф.И.О., ученая степень, звание, должность, квалиф. категория

## 1. Вопросы для входного контроля

1. Объяснить, чем отличаются проводники от диэлектриков с точки зрения электронной теории строения вещества?
2. Объяснить, что называется электрическим полем?
3. Назовите основные свойства электрического поля.
4. Какая величина служит мерой интенсивности электрического поля?
5. Зависит ли напряженность поля от величины внесенного в него заряда?
6. Объяснить, какое электрическое поле называется однородным?
7. Объяснить, что понимается под потенциалом данной точки электрического поля?
8. Дать определение электрическому напряжению.
9. Объяснить, что характеризует относительная и абсолютная диэлектрическая проницаемость?
10. Назвать единицы измерения и записать формулы напряженности электрического поля, потенциала, напряжения и диэлектрической проницаемости?
11. Объяснить, в чем разница между напряжением и потенциалом?
12. Объяснить, в чем заключается явление электростатической индукции?
13. Объяснить, как и для чего осуществляется электростатическое экранирование?
14. Объяснить, в чем заключается явление поляризации диэлектрика и назвать виды поляризации?
15. Объяснить, в чем заключается явление пробоя диэлектрика и что называется пробивной напряженностью?

## 2. Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерии оценки
<b>Отлично</b>	Обучающийся полностью раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой, изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно используя терминологию; продемонстрировал сформированность и устойчивость полученных знаний. Возможны одна-две неточности при ответе на дополнительные вопросы, которые обучающийся легко исправил по замечанию преподавателя.
<b>Хорошо</b>	Ответ обучающегося имеет один из недостатков: в изложении вопроса допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа; допущены один-два недочета при освещении основного содержания ответа, не исправленные по замечанию преподавателя; допущены ошибки или более двух недочетов при освещении дополнительных вопросов, легко исправленные по замечанию преподавателя.
<b>Удовлетворительно</b>	Обучающийся неполно раскрыл содержание вопроса, но показал общее понимание материала и продемонстрировал умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала; имеет затруднения или допустил ошибки в определении понятий, использовании терминологии и исправил их после нескольких наводящих вопросов преподавателя.

<b>Неудовлетворительно</b>	Обучающийся обнаружил полное незнание и непонимание изучаемого материала по дисциплине или не смог ответить ни на один из дополнительных вопросов по изучаемому материалу.
----------------------------	--

**Комплект контрольно-оценочных средств  
для текущего контроля**

учебной дисциплины ОПЦ 03 Электроника и электротехника  
наименования

Составитель: Торопова А.И. преподаватель высшей квалификационной  
категории «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»  
Ф.И.О., ученая степень, звание, должность, квалиф. категория

## 1. Вопросы к коллоквиуму по разделам

### Раздел 2 Электрические цепи постоянного тока

1. Назвать элементы, из которых состоит электрическая цепь?
2. Дать определение электрическому току?
3. Объяснить, что такое ЭДС? Чем отличается ЭДС от напряжения по физическому смыслу и по величине?
4. Сформулируйте закон Ома для участка цепи и всей цепи.
5. Объяснить, от каких величин зависит сопротивление проводника?
6. Объяснить, что такое удельное сопротивление и удельная проводимость и в каких единицах они измеряются?
7. Объяснить, что характеризует температурный коэффициент сопротивления?
8. Объяснить, что такое падение напряжения и чему оно равно?
9. Что такое холостой ход и короткое замыкание цепи?
10. Чему равны электрическая энергия и мощность на участке цепи? Как определить КПД источника?
11. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца. Приведите пример практического применения преобразования электрической энергии в тепловую.
12. Напишите закон Ома для цепи с несколькими ЭДС
13. Как определить потенциал точек и построить потенциальную диаграмму?

### Раздел 3. Электромагнетизм

1. Что такое магнитное поле. Перечислите основные характеристики магнитного поля.
2. При каких условиях магнитное поле называется однородным, при каких – неоднородным?
3. Что представляет собой магнитный поток?
4. Как связаны величины: напряженность и индукция магнитного поля?
5. Какая величина носит сокращенное название МДС и что она характеризует?
6. Сформулируйте закон полного тока.
7. В чем отличие магнитных свойств парамагнетиков и диамагнетиков и какова причина отличия?
8. От чего зависит магнитное напряжение между двумя точками магнитного поля, в каких единицах оно измеряется?
9. Дайте определение понятия индуктивности.
10. Что такое потокосцепление? Какое потокосцепление называется собственным, взаимным?
11. Как влияет поток рассеяния на величину взаимной индуктивности?
12. Что называется петлей гистерезиса?
13. Сформулируйте законы, применяемые для расчета магнитных цепей.



14. В чем заключается явление электромагнитной индукции?
15. Что характеризует знак « - » в формуле индуктированной ЭДС?
16. Что называется ЭДС самоиндукции, от чего она зависит и как определить ее направление?
17. Что называется ЭДС взаимной индукции?

#### Раздел 4. Переменный ток

1. Что называют мгновенным значением, амплитудой, периодом, частотой, фазой и начальной фазой синусоидально изменяющейся величины?
2. Объясните принцип, на котором основано изображение синусоидально изменяющихся величин векторами.
3. Дайте определение и запишите формулу действующего значения синусоидального тока и напряжения.
4. Что называется средним значением переменного тока и напряжения?
5. Почему в цепи, содержащей активное сопротивление и индуктивность ток отстает по фазе от напряжения?
6. Почему в цепи, содержащей активное сопротивление и емкость ток опережает по фазе приложенное напряжение?
7. Что такое коэффициент мощности?
8. Почему стремятся величину коэффициента мощности?
9. Построить для последовательной цепи, содержащей  $R$ ,  $L$  и  $C$ , треугольники сопротивлений, мощностей и напряжений.
10. Для последовательного включения  $R$ ,  $L$  и  $C$  написать выражение закона Ома.
11. Начертите схему и укажите условие возникновения резонанса напряжений.
12. Начертите схему и укажите условие возникновения резонанса токов.
13. Как практически используют явления резонансов напряжений и токов?
14. Преимущество трехфазной системы перед однофазной?
15. Симметричный и несимметричный режимы работы трехфазной цепи.
16. Способы включения в трехфазную цепь приемников электроэнергии.
17. Запишите выражения линейных и фазных токов и напряжений для включения приемников звездой и треугольником
18. Запишите выражение для активной, реактивной и полной мощности трехфазной цепи.
19. Как получить вращающееся магнитное поле?

#### Раздел 5. Электрические машины

1. Опишите устройство и принцип действия однофазного трансформатора
2. В каких режимах рассматривается работа трансформатора?
3. Опишите устройство трехфазных трансформаторов. Начертите схемы включения первичных и вторичных обмоток.
4. Опишите устройство и принцип действия асинхронного двигателя
5. Опишите устройство и принцип действия машин постоянного тока
6. В чем заключается принцип действия синхронного генератора?
7. Перечислите и объясните достоинства и недостатки синхронных двигателей

8. В чем заключается принцип действия генератора постоянного тока?
9. Начертите схемы генераторов при различных способах возбуждения

## 2. Критерии и шкала оценивания коллоквиума

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
<b>Отлично</b>	Обучающийся полностью раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой, изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно используя математическую терминологию и символику; продемонстрировал сформированность и устойчивость полученных знаний. Возможны одна-две неточности при ответе на дополнительные вопросы, которые обучающийся легко исправил по замечанию преподавателя.
<b>Хорошо</b>	Ответ обучающегося имеет один из недостатков: в изложении вопроса допущены небольшие пробелы, не исказившие математическое содержание ответа; допущены один-два недочета при освещении основного содержания ответа, не исправленные по замечанию преподавателя; допущены ошибки или более двух недочетов при освещении дополнительных вопросов, легко исправленные по замечанию преподавателя.
<b>Удовлетворительно</b>	Обучающийся неполно раскрыл содержание вопроса, но показал общее понимание материала и продемонстрировал умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала; имеет затруднения или допустил ошибки в определении понятий, использовании математической терминологии и исправил их после нескольких наводящих вопросов преподавателя.
<b>Неудовлетворительно</b>	Обучающийся обнаружил полное незнание и непонимание изучаемого материала по дисциплине или не смог ответить ни на один из дополнительных вопросов по изучаемому материалу.

## 3. Тестовые задания

### Тема 1.3. Электрические цепи постоянного тока

Задание: ответить на вопросы теста

Время выполнения: 20 мин

Инструкция: выберите правильный (ые) вариант(ы) ответа.

## Вариант 1

Что такое электрический ток в металлах?

- 1) Упорядоченное движение свободных электронов под действием электрического поля.
- 2) Упорядоченное движение + и - ионов под действием электрического поля.
- 3) Упорядоченное движение атомов под действием электрического поля.
- 4) Упорядоченное движение свободных протонов под действием электрического поля.

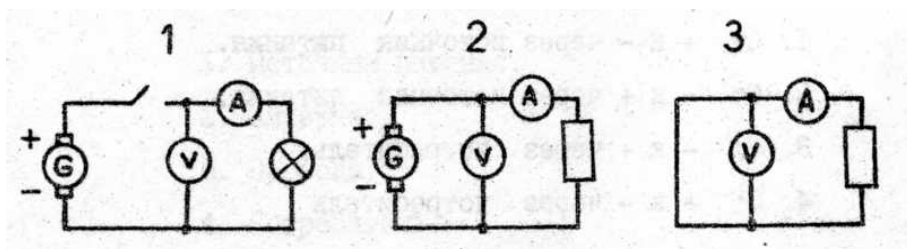
2. Укажите, какой из приведенных элементов электрической цепи не является потребителем:

- 1) Электродвигатель.
- 2) Электродвигатель.
- 3) Электронагреватель.
- 4) Катушка.
- 5) Реостат.

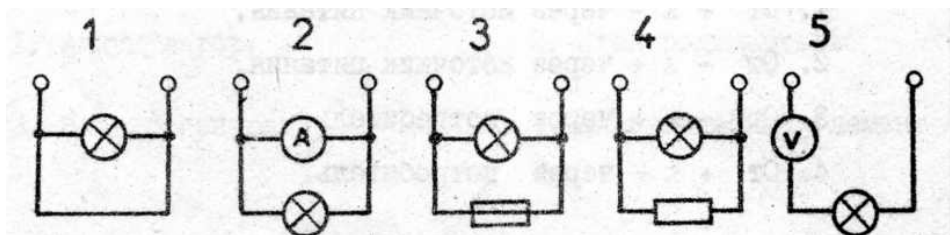
3. Каково принятое теоретическое направление тока в проводах?

- 1) От «+» к «-» через источник питания.
- 2) От «-» к «+» через источник питания.
- 3) От «-» к «+» через потребитель.
- 4) От «+» к «-» через потребитель.

4. Выберите из предложенных схем электрической цепи ту, в которой протекает ток:



5. Укажите электрическую схему, в которой лампа будет гореть и отсутствуют ошибки в подключении измерительных приборов и защитных устройств:



. Как изменится сопротивление провода, если его сечение уменьшить вдвое?

- 1) Не изменится
- 2) Уменьшится вдвое
- 3) Уменьшится в 4 раза.
- 4) Увеличится вдвое.

5) Увеличится в 4 раза

7. Укажите правильную формулу для определения мощности:

1)  $P = U \cdot I$

2)  $P = \frac{U}{I}$

3)  $P = U \cdot I \cdot t$

8. Что произойдет с током в цепи, если напряжение уменьшить вдвое, а сопротивление увеличить в четыре раза?

1) Уменьшится вдвое

2) Уменьшится в 4 раза

3) Уменьшится в 6 раз

4) Увеличится в 4 раза

5) Уменьшится в 8 раз

Ключ к тесту:

Правильный вариант ответа

1. 1

2. 2

3. 4

4. 2

5. 3

6. 4

7. 1

8. 5

Вариант 2

1. Нагревательный элемент плитки состоит из двух секций. При каком соединении (последовательном или параллельном) этих секций будет выделяться большее количество теплоты и во сколько раз? Сопротивление секций и напряжение источника считать постоянными. Каждая секция выдерживает ток при непосредственном включении на имеющееся напряжение

1) При параллельном в 2 раза

2) При параллельном в 4 раза

3) При последовательном в 2 раза

4) При последовательном в 4 раза

2. В каком случае напряжение источника электроэнергии в два раза меньше его ЭДС:

1) При  $r = 2r$

2) При  $r_{\text{вн}} = 2r$

3) При  $r_{\text{вн}} = r$

3. Как изменяется емкость кабельной линии с увеличением ее длины:

1) Не изменяется

2) Увеличивается

3) Уменьшается

4. В каких веществах концентрация свободных электронов максимальна:

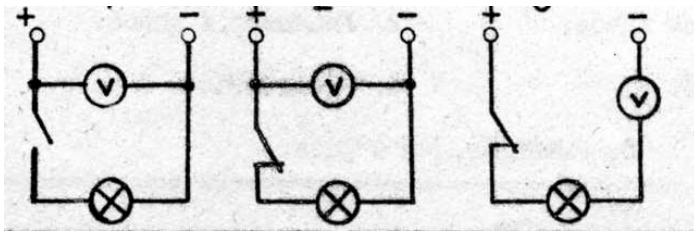
1) Селен

2) Алюминий

3) Слюда

4) Водный раствор серной кислоты

5. Укажите электрическую схему, с помощью которой можно измерить ЭДС источника:

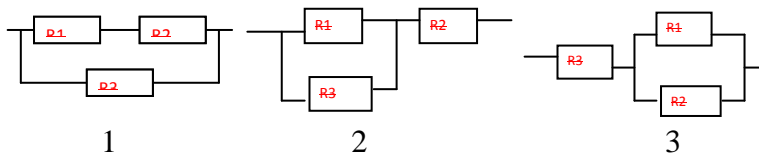


1.)

2.)

3)

6. Укажите, на какой из схем резисторы  $R_1$  и  $R_2$  соединены последовательно:

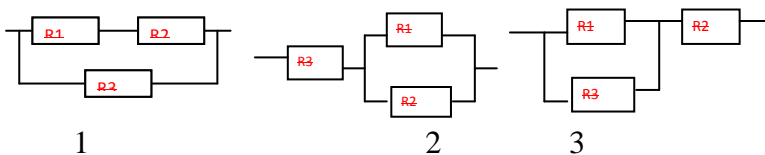


1

2

3

7. Укажите, на какой из схем резисторы  $R_1$  и  $R_2$  соединены параллельно



1

2

3

8. Какое явление приводит к увеличению сопротивления металлического проводника?

1) изменение напряженности электрического поля;

2) уменьшение расстояния между ионами кристаллической решетки;

3) увеличение амплитуды колебаний ионов в узлах кристаллической решетки;

4) изменение концентрации зарядов ( числа заряженных частиц единице объема).

Ключ к тесту:

Правильный вариант ответа

1.2

2.3  
3.2  
4.2  
5.2  
6.1  
7.2  
8.4

Критерии оценивания тестов - соответствие ответов обучающихся ключу теста.

Оценка «отлично» - обучающийся правильно ответил на все вопросы теста.

Оценка «хорошо» - обучающийся правильно ответил на 6 вопросов теста.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся правильно ответил на 4 вопроса теста.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся правильно ответил менее чем на 4 вопроса теста.

#### **Тема 4.1. Синусоидальные ЭДС и токи**

Задание: ответить на вопросы теста

Время выполнения: 20 мин

Инструкция: выберите правильный (ые) вариант(ы) ответа.

#### Вариант 1

1. Являются ли параметры период, частота синусоидальной величины и угловая частота независимыми?

- 1) являются;
- 2) не являются;
- 3) это зависит от числа пар полюсов генератора

2. Определить частоту тока генератора, если частота вращения якоря 3000 об/мин; число пар полюсов генератора -2:

- 1)  $f = 6000$  Гц;
- 2)  $f = 100$  Гц;
- 3)  $f = 50$  Гц;

3. Каково соотношение между действующим и амплитудным значением синусоидального тока?

- 1)  $I = 0,707I_m$ ;
- 2)  $I = I_m \cdot \sqrt{2}$ ;
- 3)  $I = I_m$ ;

4. Какой электрический угол соответствует периоду переменного тока?

- 1)  $2\pi$ ;

- 2)  $2Pr$ ;
- 3)  $2P/p$ ;

5. Какой временной сдвиг определяет моменты прохождения через максимум напряжений ( $f = 50$  Гц;  $u_1 = U_{1m} \sin(\omega t + 15^\circ)$   $u_2 = U_{2m} \sin(\omega t - 30^\circ)$ )?

- 1) 0,143с
- 2) 0,0025с
- 3) 0,0016с

6. В генераторе с двумя парами полюсов витки сдвинуты в пространстве на угол  $\pi/4$ . Определить сдвиг фаз между ЭДС в этих витках:

- 1)  $\pi/4$ ;
- 2)  $\pi/2$ ;
- 3)  $\pi/8$

7. Какой характер движения электрических зарядов в проводнике при переменном токе?

- 1) вращательный;
- 2) колебательный;
- 3) поступательный.

8. По какой формуле можно определить ЭДС, индуктируемую в катушке генератора ;

- 1)  $e = -d\Phi / dt$ ;
- 2)  $e = -Nd\Phi / dt$ ;
- 3)  $e = d\Phi / dt$ .

Ключ к тесту:

Правильный вариант ответа

- 1.1
- 2.2)
- 3.2)
- 4.1)
- 5.2)
- 6.2)
- 7.2)
- 8.2)

Вариант 2

1. Для какой цели в генераторе переменного тока применяют стальной якорь?:

- 1) для требуемого профилирования воздушного зазора;
- 2) для уменьшения магнитного сопротивления генератора;

2. Что определяет ордината графика переменного тока для любого момента времени  $t$ ?:

- 1)  $q/t$ ;
- 2)  $dq/dt$ ;
- 3)  $di/dt$

3. Какой временной сдвиг определяет моменты прохождения через максимум напряжений ( $f = 50$  Гц;  $u_1 = U_{1m} \sin(\omega t + 15^\circ)$   $u_2 = U_{2m} \sin(\omega t - 30^\circ)$ )?

- 1) 0,143с

- 2)  $0,0016\text{с}$
- 3)  $0,0025\text{с}$

4. Определить частоту тока генератора, если частота вращения якоря 3000 об/мин; число пар полюсов генератора -2:

- 1)  $f = 6000\text{ Гц}$ ;
- 2)  $f = 50\text{ Гц}$ ;
- 3)  $f = 100\text{ Гц}$ ;

5. Какой электрический угол соответствует периоду переменного тока?

- 1)  $2\pi$ ;
- 2)  $2\pi/p$ ;
- 3)  $2\pi$ ;

6. Параметр переменного тока необходимо знать дополнительно, чтобы по векторной диаграмме получить полное представление о переменном токе?

- 1) действующее значение;
- 2) начальную фазу;
- 3) частоту вращения.

7. Будет ли временная развертка вектора, вращающегося с переменной частотой, иметь вид синусоиды?:

- 1) будет;
- 2) машинные;
- в) не будет.

8. Из какой стали должен выполняться якорь генератора переменного тока?

- 1) из магнитомягкой;
- 2) из магнитотвердой;
- 3) из любой.

Ключ к тесту:

Правильный вариант ответа

- 1.2)
- 2.2)
- 3.3)
- 4.3)
- 5.3)
- 6.3)
- 7.2)
- 8.1)

## **1. Перечень лабораторных/практических работ и вариантов заданий**

**Перечень практических и лабораторных работ и вариантов заданий**



№ раздела дисциплины	Наименование практической работы	Цель работы	Формы текущего контроля
Раздел 1 Электрическое сопротивление	Практическое занятие №1 Расчет электрических цепей постоянного тока	Произвести расчет электрической цепи постоянного тока.	защита практических работ
	Практическое занятие №2 Расчет потенциалов точек электрической цепи.	Произвести расчет потенциалов точек электрической цепи постоянного тока. Построить потенциальную диаграмму	защита практических работ
Раздел 2. Электрическая мощность	Практическое занятие №3 Расчет цепей постоянного тока с конденсаторами	Произвести расчеты параметров электрической цепи, используя и свойства последовательного и параллельного соединения элементов	защита практических работ
Раздел 4 переменный ток	Практическое занятие №4 Расчет неразветвленных цепей переменного тока	Произвести расчет неразветвленной цепи переменного тока содержащей активные и реактивные элементы. Построить векторные диаграммы напряжений и треугольники сопротивлений.	
	Практическое занятие №5 Расчет разветвленной цепи переменного тока.	Произвести расчет разветвленной цепи переменного тока с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью. Построить векторные диаграммы напряжений и треугольники сопротивлений.	защита практических работ

	Практическая работа №6 Расчет трехфазных цепей переменного тока	Произвести расчет трехфазной цепи. Произвести расчет фазных сопротивлений, мощности, в каждой фазе потребителя, мощность всей системы.	защита практических работ
Раздел 5. Электрические машины	Практическое занятие №7 Исследование работы трансформатора.	Произвести расчеты трансформатора для режима работы: холостого хода, короткого замыкания и под нагрузкой	защита практических работ
	Практическое занятие №8 Исследование работы асинхронного двигателя.	Исследование схемы пуска, торможения и реверсирования асинхронного двигателя.	защита практических работ
	Практическое занятие №9 Генераторы постоянного тока с независимым, последовательным и параллельным возбуждением		защита практических работ

### Практическое занятие № 1

**Тема: Расчет электрических цепей постоянного тока.**

**Цель занятия:** закрепить теоретические знания по разделу «Постоянный ток»

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** применять законы Ома и Кирхгофа, выражать и рассчитывать величины, входящие в формулу закона Ома, использовать формулы для параллельного и последовательного соединения резисторов. Рассчитывать сопротивление цепи при смешанном соединении резисторов.

**Наглядные пособия, оборудование:** конспект лекций по разделу «Постоянный ток»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы №1.

**Время работы:** 4 часа.

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.- 752с.:ил. (с. 28-69)
2. Частоедов А.А. Электротехника. – М.: Высшая школа, 1989. (с. 45-88)
3. Сафонов А.С. Основы Электротехники. – М.: Воениздат, 1961. (с. 26-46)

**Содержание и порядок выполнения работы:**

**Подготовка к работе.**

Повторить теоретический материал по учебнику или по конспекту лекций.

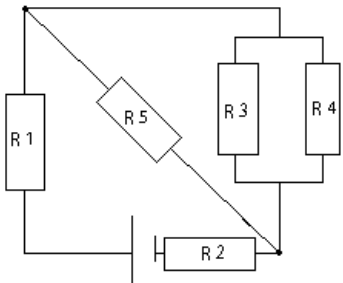
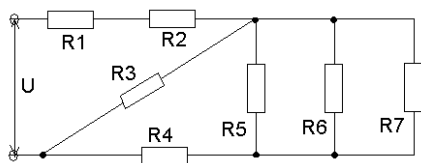
**Выполнение работы.**

**Пример решения практической работы:**

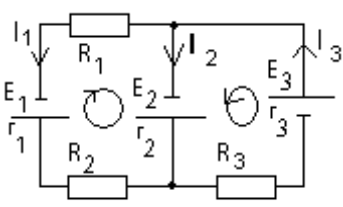
**Алгоритм решения задачи:** 1) составляем краткое условие задачи, 2) переводим величины в систему СИ, 3) выбираем формулу для решения задачи, 4) выражаем из формулы требуемую величину, 5) подставляем данные, 6) выполняем расчет, 7) записываем ответ.

<b>Вариант №_0_</b>	
1	<p><i>Найти токи во всех ветвях, используя законы Кирхгофа.</i></p> <p><math>E_1=24</math> В   <math>r_1=1</math> Ом   <math>R_1=10</math> Ом</p> <p><math>E_2=12</math> В   <math>r_2=2</math> Ом   <math>R_2=20</math> Ом</p> <p><math>E_3=15</math> В   <math>r_3=3</math> Ом   <math>R_3=25</math> Ом</p>

2	<p><i>Найти общее сопротивление и общую силу тока, если:</i></p> <p><math>E=24</math> В   <math>R_1=15</math> Ом   <math>R_4=10</math> Ом</p> <p><math>r=2</math> Ом   <math>R_2=4</math> Ом   <math>R_5=20</math> Ом</p> <p><math>R_3=8</math> Ом   <math>R_6=15</math> Ом</p>
---	---

3	Сколько тепла выделит проводник за 2 минуты при напряжении 20В, если его удельное сопротивление $1,4 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ , длина 50 см, а площадь поперечного сечения $0,2 \text{ мм}^2$ ?
4	<p>Найти общее сопротивление, если <math>R_1=10 \text{ Ом}</math>.</p> 
5	<p>Найти общее сопротивление цепи и токи в каждом резисторе, если дано: <math>R_1=R_2=R_3=R_4=1 \text{ Ом}</math>; <math>R_5=2 \text{ Ом}</math>; <math>R_6=6 \text{ Ом}</math>, <math>R_7=3 \text{ Ом}</math>, <math>I=1 \text{ А}</math>.</p> 

**Задача 1.**

$I_1$ -? $I_2$ -? $I_3$ -?	<b>Решение:</b>
<p><b>Дано:</b></p> <p><math>E_1=24 \text{ В}</math></p> <p><math>E_2=12 \text{ В}</math></p> <p><math>E_3=15 \text{ В}</math></p> <p><math>r_1=1 \text{ Ом}</math></p> <p><math>r_2=2 \text{ Ом}</math></p> <p><math>r_3=3 \text{ Ом}</math></p> <p><math>R_1=10 \text{ Ом}</math></p> <p><math>R_2=20 \text{ Ом}</math></p> <p><math>R_3=25 \text{ Ом}</math></p>	<p>Выбираем направления обхода контура и направления тока в ветвях.</p>  <p>Составляем систему уравнений:</p> $\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ -E_1 + E_2 = -I_1(R_2 + r_1 + R_1) + I_2(r_2) \\ E_3 + E_2 = I_3(R_3 + r_3) + I_2(r_2) \end{cases}$

Подставляем данные из условия:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ -24 + 12 = -I_1(20 + 1 + 10) + I_2(2) \\ 15 + 12 = I_3(25 + 3) + I_2(2) \end{cases}$$

Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ -12 = -I_1(31) + I_2(2) \\ 27 = I_3(28) + I_2(2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ I_1 = \frac{I_2(2) + 12}{31} = \frac{2I_2}{31} + \frac{12}{31} \\ I_3 = \frac{27 - I_2(2)}{28} = \frac{27}{28} - \frac{2I_2}{28} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{2I_2}{31} + \frac{12}{31} + I_2 - \left(\frac{27}{28} - \frac{2I_2}{28}\right) = 0 \\ I_1 = \frac{2I_2}{31} + \frac{12}{31} \\ I_3 = \frac{27}{28} - \frac{2I_2}{28} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 986I_2 - 501 = 0 \\ I_1 = \frac{2I_2}{31} + \frac{12}{31} \\ I_3 = \frac{27}{28} - \frac{2I_2}{28} \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_2 = \frac{501}{986} = 0.508A \\ I_1 = \frac{2I_2}{31} + \frac{12}{31} = \frac{2 \cdot 501}{986 \cdot 31} + \frac{12}{31} = 0,033 + 0,387 = 0.42A \\ I_3 = \frac{27}{28} - \frac{2I_2}{28} = \frac{27}{28} - \frac{2 \cdot 501}{986 \cdot 28} = 0.964 - 0.036 = 0.928A \end{cases}$$

**Ответ: 0,508 А, 0,42 А, 0,928 А**

**Задача 2.**

$R=?I=?$	<b>Решение:</b>	
<b>Дано:</b> $E=24\text{ В}$ $r=2\text{ Ом}$ $R_1=15\text{ Ом}$ $R_2=4\text{ Ом}$ $R_3=8\text{ Ом}$ $R_4=10\text{ Ом}$ $R_5=20\text{ Ом}$ $R_6=15\text{ Ом}$	<p>Резисторы <math>R_1</math> и <math>R_2</math> соединены последовательно:</p> $R_{1,2} = R_1 + R_2 = 15 + 4 = 19\text{ Ом}$ <p>Резисторы <math>R_4</math> и <math>R_3</math> соединены последовательно:</p> $R_{3,4} = R_3 + R_4 = 8 + 10 = 18\text{ Ом}$ <p>Участок <math>R_{3,4}</math> и резистор <math>R_5</math> соединены параллельно:</p> $R_{3,4,5} = \frac{R_{3,4} \cdot R_5}{R_{3,4} + R_5} = \frac{18 \cdot 20}{18 + 20} = \frac{360}{38} = 9,5\text{ Ом}$ <p>Участок <math>R_{1,2}</math>, участок <math>R_{3,4,5}</math> и резистор <math>R_6</math> соединены параллельно:</p> $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{1,2}} + \frac{1}{R_{3,4,5}} + \frac{1}{R_6} = \frac{1}{19} + \frac{1}{9,5} + \frac{1}{15} = \frac{142,5 + 285 + 180,5}{2707,5} = \frac{608}{2707,5}$ $R = \frac{2707,5}{608} = 4,45\text{ Ом}$ <p>По закону Ома для полной цепи находим силу тока:</p> $I = \frac{E}{R + r} = \frac{24}{4,45 + 2} = \frac{24}{6,45} = 3,72\text{ А}$	
	<b>Ответ: 4,45 Ом, 3,72 А</b>	

### Задача 3.

$Q=?$	<b>СИ:</b>	<b>Решение:</b>
<b>Дано:</b> $t=2\text{ мин}$ $U=20\text{ В}$ $\rho=1,4\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ $l=50\text{ см}$ $S=0,2\text{ мм}^2$	120    0.5	<p>По закону Джоуля - Ленца:</p> $Q = \frac{U^2}{R} \cdot t$ <p>Сопротивление можно найти по формуле:</p> $R = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{1,4 \cdot 0,5}{0,2} = 3,5\text{ Ом}$ $Q = \frac{20^2}{3,5} \cdot 120 = 13714\text{ Дж} = 13,7\text{ кДж}$
		<b>Ответ: 13,7 кДж</b>

**Задача 4.**

$R-?$	<b>Решение:</b>
<b>Дано:</b> $R_1=10 \text{ Ом}$	<p>Резисторы <math>R_1</math> и <math>R_2</math> соединены последовательно:</p> $R_{1,2} = R_1 + R_2 = 10 + 10 = 20 \text{ Ом}$ <p>Резисторы <math>R_4</math> и <math>R_3</math> соединены параллельно:</p> $R_{3,4} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = \frac{100}{20} = 5 \text{ Ом}$ <p>Участок <math>R_{4,3}</math> и резистор <math>R_5</math> соединены параллельно:</p> $R_{3,4,5} = \frac{R_{3,4} \cdot R_5}{R_{3,4} + R_5} = \frac{5 \cdot 10}{5 + 10} = \frac{50}{15} = 3,3 \text{ Ом}$ <p>Участок <math>R_{1,2}</math> и участок <math>R_{3,4,5}</math> последовательно:</p> $R = R_{1,2} + R_{3,4,5} = 20 + 3,3 = 23,3 \text{ Ом}$
	<b>Ответ: 23,3 Ом</b>

**Задача 5.**

$R_{\text{общ}}, I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, -?$	<b>Решение:</b>
<b>Дано:</b> $I=1 \text{ А}$ $R_1=R_2=1 \text{ Ом}$ $R_3=R_4=1 \text{ Ом}$ $R_5=2 \text{ Ом}$ $R_6=6 \text{ Ом}$ $R_7=3 \text{ Ом}$	<p>Рассчитаем общее сопротивление цепи:</p> <p>1) Резисторы <math>R_6</math> и <math>R_7</math> соединены параллельно, поэтому:  <math display="block">R_{6,7} = R_6 \cdot R_7 / (R_6 + R_7) = 6 \cdot 3 / (6 + 3) = 18 / 9 = 2 \text{ Ом}</math></p> <p>2) Резисторы <math>R_{6,7}</math> и <math>R_5</math> соединены параллельно:  <math display="block">R_{5,6,7} = R_{6,7} \cdot R_5 / (R_{6,7} + R_5) = 2 \cdot 2 / (2 + 2) = 4 / 4 = 1 \text{ Ом}</math></p> <p>3) Резисторы <math>R_{5,6,7}</math> и <math>R_4</math> соединены последовательно:  <math display="block">R_{4,5,6,7} = R_{5,6,7} + R_4 = 1 + 1 = 2 \text{ Ом}</math></p> <p>4) Резисторы <math>R_{4,5,6,7}</math> и <math>R_3</math> соединены параллельно:  <math display="block">R_{3-7} = R_{4,5,6,7} \cdot R_3 / (R_{4,5,6,7} + R_3) = 2 \cdot 1 / (2 + 1) = 2 / 3 = 0,67 \text{ Ом}</math></p> <p>5) Резисторы <math>R_{3-7}</math>, <math>R_2</math> и <math>R_1</math> соединены последовательно:  <math display="block">R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_{3-7} = 1 + 1 + 0,67 = 2,67 \text{ Ом}</math></p> <p>Используя свойства последовательно и параллельного соединений найдем токи на каждом резисторе:</p> <p>1) Участки <math>R_{3-7}</math>, <math>R_2</math> и <math>R_1</math> соединены последовательно, поэтому токи будут равны:</p>

$$I_{\text{общ}}=I_1=I_2=I_{3-7}=1\text{ A.}$$

1) По закону Ома определяем падение напряжения на участке  $R_{3-7}$ :  
 $U_{3-7}=R_{3-7} \cdot I_{3-7}=0,67 \cdot 1=0,67\text{ В.}$

Резисторы  $R_{4,5,6,7}$  и  $R_3$  соединены параллельно, поэтому:

$$U_{4,5,6,7}=U_3=U_{3-7}=0,67\text{ В.}$$

По закону Ома находим токи в этих участках:

$$I_{4,5,6,7}=U_{4,5,6,7}/R_{4,5,6,7}=0,67/2=0,335\text{ А.}$$

$$I_3=U_3/R_3=0,67/1=0,67\text{ А.}$$

2) Резисторы  $R_{5,6,7}$  и  $R_4$  соединены последовательно. По свойству последовательного соединения:

$$I_{5,6,7}=I_4=I_{4,5,6,7}=0,335\text{ А.}$$

3) Участки  $R_5$ ,  $R_6$  и  $R_7$  соединены параллельно.

Найдем напряжение на этих участках: по свойству параллельного соединения:  $U_{5,6,7}=U_5=U_6=U_7=I_{5,6,7} \cdot R_{5,6,7}=0,335 \cdot 1=0,335\text{ В.}$

По закону Ома найдем токи на этих участках:

$$I_5=U_5/R_5=0,335/2=0,1675\text{ А.}$$

$$I_6=U_6/R_6=0,335/6=0,0558\text{ А.}$$

$$I_7=U_7/R_7=0,335/3=0,112\text{ А.}$$

**Ответ:**  $R_{\text{общ}}=2,67\text{ Ом}$ ,  $I_1=1\text{ А}$ ,  $I_2=1\text{ А}$ ,  $I_3=0,67\text{ А}$ ,  $I_4=0,335\text{ А}$ ,  $I_5=0,1675\text{ А}$ ,  $I_6=0,0558\text{ А}$ ,  $I_7=0,112\text{ А}$ .

**Задания для самостоятельной работы:**



Значения данных и дидактическая карточка выбираются в соответствии с номером варианта.

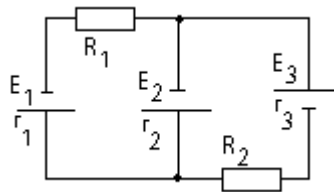
**Вариант №\_1, 5, 9, 13, 17, 21, 25**

1 Найти токи во всех ветвях, используя законы Кирхгофа.

$E_1 =$  В  $r_1 =$  Ом  $R_1 =$  Ом

$E_2 =$  В  $r_2 =$  Ом  $R_2 =$  Ом

$E_3 =$  В  $r_3 =$  Ом

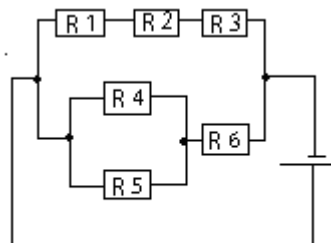


2 Найти общее сопротивление и общую силу тока, если:

$E =$  В  $R_1 =$  Ом  $R_4 =$  Ом

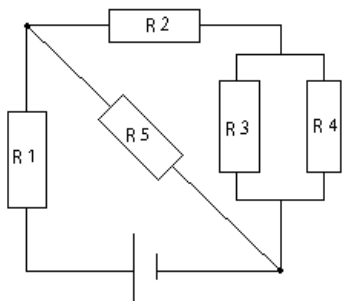
$r =$  Ом  $R_2 =$  Ом  $R_5 =$  Ом

$R_3 =$  Ом  $R_6 =$  Ом



3 Сколько тепла выделит проводник за \_\_\_ секунд при напряжении \_\_\_ В, если его удельное сопротивление \_\_\_ Ом\*мм2/м, длина \_\_\_ м, а площадь поперечного сечения \_\_\_ мм2?

4 Найти общее сопротивление, если  $R_i =$  \_\_\_ Ом.



5 Найти все токи и напряжения для задачи №4, если известно, что  $I_1 =$  \_\_\_ А

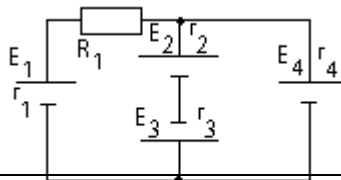
**Вариант №\_2, 6, 10, 14, 18, 22, 26**

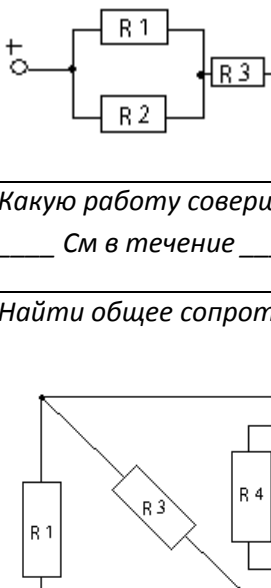
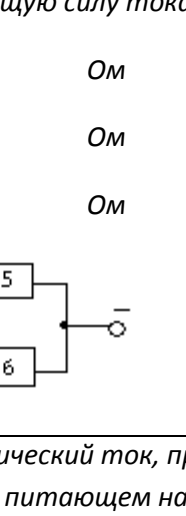
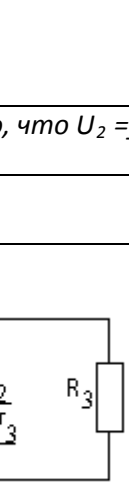
1 Найти токи во всех ветвях, используя законы Кирхгофа.

$E_1 =$  В  $r_1 =$  Ом  $R =$  Ом

$E_2 =$  В  $r_2 =$  Ом  $E_4 =$  В

$E_3 =$  В  $r_3 =$  Ом  $r_4 =$  Ом



2	<p>Найти общее сопротивление и общую силу тока, если:</p> <p><math>U = \quad \text{В}</math>   <math>R_1 = \quad \text{Ом}</math>   <math>R_4 = \quad \text{Ом}</math></p> <p>                  <math>R_2 = \quad \text{Ом}</math>   <math>R_5 = \quad \text{Ом}</math></p> <p>                  <math>R_3 = \quad \text{Ом}</math>   <math>R_6 = \quad \text{Ом}</math></p> 
3	<p>Какую работу совершает электрический ток, протекая по цепи проводимостью <math>\quad \text{См}</math> в течение <math>\quad</math> секунд при питающем напряжении <math>\quad \text{В}</math>?</p>
4	<p>Найти общее сопротивление, если <math>R_1 = \quad \text{Ом}</math>.</p> 
5	<p>Найти все токи и напряжения для задачи №4, если известно, что <math>U_2 = \quad \text{В}</math></p>
<p><b>Вариант №_3, 7, 11, 15, 19, 23, 27</b></p>	
1	<p>Найти токи во всех ветвях, используя законы Кирхгофа.</p> <p><math>E_1 = \quad \text{В}</math>   <math>r_1 = \quad \text{Ом}</math>   <math>R_1 = \quad \text{Ом}</math></p> <p><math>E_2 = \quad \text{В}</math>   <math>r_2 = \quad \text{Ом}</math>   <math>R_2 = \quad \text{Ом}</math></p> <p><math>E_3 = \quad \text{В}</math>   <math>r_3 = 0 \quad \text{Ом}</math>   <math>R_3 = \quad \text{Ом}</math></p> 

2 *Найти общее сопротивление и общую силу тока, если:*

$E = \quad \text{В}$     $R_1 = \quad \text{Ом}$     $R_2 = \quad \text{Ом}$     $R_3 = \quad \text{Ом}$     $R_4 = \quad \text{Ом}$     $R_5 = \quad \text{Ом}$     $R_6 = \quad \text{Ом}$

$r = \quad \text{В}$     $R_2 = \quad \text{Ом}$     $R_5 = \quad \text{Ом}$

$R_3 = \quad \text{Ом}$     $R_6 = \quad \text{Ом}$

3 *Найти плотность тока в проводнике длиной  $\quad \text{м}$ , изготовленном из никелина при напряжении  $\quad \text{В}$  (Удельное сопротивление никелина  $42 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ )*

4 *Найти общее сопротивление, если  $R_i = \quad \text{Ом}$ .*

5 *Найти все токи и напряжения для задачи №4, если известно, что  $I_3 = \quad \text{А}$*

**Вариант №\_4, 8, 12, 16, 20, 24, 28**

1 *Найти токи во всех ветвях, используя законы Кирхгофа.*

$E_1 = \quad \text{В}$     $r_1 = \quad \text{Ом}$     $R_1 = \quad \text{Ом}$

$E_2 = \quad \text{В}$     $r_2 = \quad \text{Ом}$     $R_2 = \quad \text{Ом}$

$E_3 = \quad \text{В}$     $r_3 = \quad \text{Ом}$

2 *Найти общее сопротивление и общую силу тока, если:*

$U = \quad \text{В}$     $R_1 = \quad \text{Ом}$     $R_2 = \quad \text{Ом}$     $R_3 = \quad \text{Ом}$     $R_4 = \quad \text{Ом}$     $R_5 = \quad \text{Ом}$     $R_6 = \quad \text{Ом}$

	$R_3 = \quad \text{Ом}$ $R_6 = \quad \text{Ом}$
3	Мощность электрической цепи равна ___ кВт. Найти проводимость цепи, если сила тока в ней равна ___ А.
4	Найти общее сопротивление, если $R_1 = \quad \text{Ом}$ .
5	Найти все токи и напряжения для задачи №4, если известно, что $U_4 = \quad \text{В}$

Таблицы значения данных по вариантам.

<b>Задача 1</b>											
Вариант	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$R_1$	$R_2$	$R_3$
1	1	2	7		1	2	3		10	12	
2	1	2	7	8	1	2	3	4	10		
3	1	2	7		1	2	3		10	12	20
4	1	2	7		1	2	3		10	12	
5	2	4	6		2	3	1		15	16	
6	2	4	6	7	2	3	1	2	15		
7	2	4	6		2	3	1		15	16	22
8	2	4	6		2	3	1		15	16	
9	3	6	5		1	2	3		20	20	
10	3	6	5	9	1	2	3	1	20		
11	3	6	5		1	2	3		20	20	24
12	3	6	5		1	2	3		20	20	

13	4	8	4		2	3	1		25	24	
14	4	8	4	7	2	3	1	2	25		
15	4	8	4		2	3	1		25	24	26
16	4	8	4		2	3	1		25	24	
17	5	10	3		1	2	3		30	28	
18	5	10	3	8	1	2	3	4	30		
19	5	10	3		1	2	3		30	28	28
20	5	10	3		1	2	3		30	28	
21	6	12	2		2	3	1		35	32	
22	6	12	2	7	2	3	1	1	35		
23	6	12	2		2	3	1		35	32	30
24	6	12	2		2	3	1		35	32	
25	7	14	1		1	2	3		40	36	
26	7	14	1	9	1	2	3	2	40		
27	7	14	1		1	2	3		40	36	32
28	7	14	1		1	2	3		40	36	

Вариант	Задача №2								Задача №3					Задача №4
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	E	r	t	U	p	l	S	Ri
1	1	2	7	14	1	2	10	2	5	10	1.2	1	0.2	2
5	2	4	6	12	2	3	15	3	8	15	1.3	2	0.3	3
9	3	6	5	10	1	2	20	2	11	12	1.4	3	0.4	4
13	4	8	4	8	2	3	25	3	14	18	1.5	4	0.5	5
17	5	10	3	6	1	2	30	2	17	20	1.6	5	0.6	6
21	6	12	2	4	2	3	35	3	20	25	1.7	6	0.7	7
25	7	14	1	2	1	2	40	2	23	30	1.8	7	0.8	8

	Задача №2							Задача №3			Задача №4
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	U	g	t	U	Ri
2	1	2	7	14	1	2	12	0.05	5	20	2
6	2	4	6	12	2	3	16	0.05	10	25	3
10	3	6	5	10	1	2	20	0.05	15	30	4
14	4	8	4	8	2	3	24	0.05	20	35	5
18	5	10	3	6	1	2	28	0.05	25	40	6
22	6	12	2	4	2	3	32	0.05	30	45	7
26	7	14	1	2	1	2	36	0.05	35	50	8
	Задача №2							Задача №3			Задача №4
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	E	r	l	U	Ri
3	1	2	7	14	1	2	20	2	5	30	2
7	2	4	6	12	2	3	22	3	10	33	3
11	3	6	5	10	1	2	24	2	15	36	4
15	4	8	4	8	2	3	26	3	20	39	5
19	5	10	3	6	1	2	28	2	25	42	6
23	6	12	2	4	2	3	30	3	30	45	7
27	7	14	1	2	1	2	32	2	35	48	8
	Задача №2							Задача №3			Задача №4
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	U	P	l	Ri	
4	1	2	7	14	1	2	10	45	5	2	
8	2	4	6	12	2	3	20	50	10	3	
12	3	6	5	10	1	2	30	55	15	4	
16	4	8	4	8	2	3	40	60	20	5	
20	5	10	3	6	1	2	50	65	25	6	
24	6	12	2	4	2	3	60	70	30	7	
28	7	14	1	2	1	2	70	75	35	8	

<b>Задача №6</b>														
<b>Вариант</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	24	23	16	18
<b>Вариант</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>
	5	6	8	2	4	9	5	20	34	2	6	4	6	4

### **Выводы по практической работе.**

Законы Ома и Кирхгофа - основополагающие законы электродинамики, дающие возможность рассчитать любую электрическую цепь. Свойства параллельного и последовательного соединения потребителей энергии позволяют определить распределение токов и напряжений в цепи.

### **Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте законы Ома для участка цепи и для полной цепи.
2. Запишите формулы законов Ома и Кирхгофа.
3. Дайте определение мощности.
4. Сформулируйте закон Джоуля - Ленца.
5. Запишите формулы, характеризующие последовательное и параллельное соединение резисторов.

## **Практическое занятие № 2**

**Тема: Исследование распределения потенциалов в неразветвленной цепи постоянного тока.**

**Цель занятия:** Уяснить причины изменения потенциалов в электрической цепи. Научиться строить потенциальную диаграмму.

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** собирать электрическую цепь, определять цену деления приборов, измерять ток, напряжение, рассчитывать параметры электрической цепи.

**Материальное обеспечение:**

- Лабораторный стол ЛЭС-5.
- Амперметр на  $0,25 \div 1$  А.
- Вольтметр на 30 В

**Время работы:** 4 часа.

**Количество учащихся, выполняющих работу:** 2-3 человека.

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.- 752с.:ил. (с. 70-72)

**Содержание и порядок выполнения работы:**

**Подготовка к работе.**

Повторить теоретический материал по источнику литературы [1] или по конспекту лекций.

**Программа работы:**

1. Нарисовать в черновике схему, состоящую из последовательно соединенных амперметра А следующих элементов электрической цепи (по вариантам):

- 1) R4, E2, B-2, R, A, E3, точка условного заземления, R5, R2, E1 (встречно).
- 2) E1, R2, точка условного заземления, E2, R2, точка условного заземления, R2, E2, R5, A, E3, B-2, R.
- 3) E1, R3, точка условного заземления, R2, E2, R5, A, E3, B-2, R.
- 4) E1, R1(R01), E2, R2, A, точка условного заземления, E3, B-2, R5, R.
- 5) E3, R3, E1 (встречно), точка условного заземления, R5, E2, A, R, B-2.
- 6) E3, точка условного заземления, E2, R1 (R01), E1 (встречно), R2, A, R5, B-2.
- 7) R4, E3, B-2, R5, E1 (встречно), A, точка условного заземления, R2, E2.
- 8) E3, A, R2, B-2, R1(R01), точка условного заземления, E2, R, E, (встречно), R5.
- 9) E3, B-2, E1 (встречно), A, E2, R3, точка условного заземления, R2, R1 (R01).
- 10) Точка условного заземления, E2, R1(R01), A, R2, E3, B-2, R3, E1, R5.



2. После утверждения схемы преподавателем, рассчитать ток в цепи и потенциалы всех разно потенциалных точек по следующим данным:  $E_1=5\text{В}$ ,  $R_{1,0}=0,5\text{ Ом}$ ,  $E_2=10\text{В}$ ,  $R_{2,0}=1\text{ Ом}$ ,  $E_3=10\text{В}$ ,  $R_{3,0}=1\text{ Ом}$ ,  $R_4=37,5\text{ Ом}$ ,  $R_5=30\text{ Ом}$ ,  $R=30\text{ Ом}$ ,  $R_2=35\text{ Ом}$ ,  $R_3=75\text{ Ом}$ ,  $R_1(R_{01})=100\text{ Ом}$ .

3. Построить потенциальную диаграмму.

4. Собрать электрическую цепь, выбрав измерительные приборы в соответствии с расчетными данными.

5. После проверки электрической цепи преподавателем или лаборантом включить стенд и измерить ток и потенциалы всех точек. Сравнить опытные данные с расчетными.

6. Получить дальнейшие указания у преподавателя.

#### **Задания для учащихся**

1. Разомкнуть цепь и замерить в ней потенциалы всех точек. Построить потенциальную диаграмму.

2. Закоротить сопротивление  $R_2$  (для всех вариантов, кроме 5) и измерить ток и потенциалы всех точек. Построить потенциальную диаграмму.

3. Закоротить сопротивление  $R_5$  (для всех вариантов, кроме 9) и измерить ток и потенциалы всех точек. Построить потенциальную диаграмму.

### **Практическое занятие № 3**

**Тема: Расчет электрических цепей при последовательном, параллельном и смешанном соединении конденсаторов.**

**Цель занятия:** закрепить теоретические знания по разделу «Электрическое поле»

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** применять закон Кулона, выражать и рассчитывать величины, входящие в формулу закона Кулона, использовать формулы для параллельного и последовательного соединения конденсаторов. Рассчитывать емкость цепи при смешанном соединении конденсаторов.

**Наглядные пособия, оборудование:** конспект лекций по разделу «Электрическое поле»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы №1.

**Время работы:** 2 часа.

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб, пособие для студ. средних специальных учебных заведений. - М.: Высш. шк., 2013.- 752с.:ил. (с. 8-28)

2. Частоедов А.А. Электротехника. - М.: Высшая школа, 2012. (с. 9-45)

3. Сафонов А.С. Основы Электротехники. - М.: Воениздат, 2014. (с. 76-82)

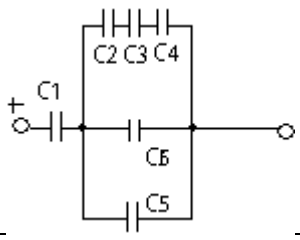
**Содержание и порядок выполнения работы:**

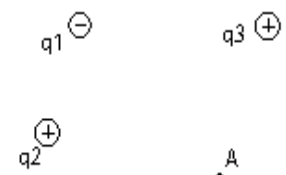
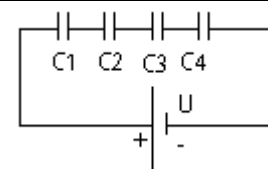
**Подготовка к работе.**

Повторить теоретический материал по учебнику или по конспекту лекций.

**Выполнение работы.**

**Пример решения практической работы:**

<b>Вариант № 0</b>	
1	С какой силой взаимодействуют два заряда 15 мкКл и 12нКл, находящиеся в вакууме на расстоянии 60 мм друг от друга?
2	Найти напряженность поля, создаваемую в вакууме зарядом 80 нКл в точке А, удаленной на расстояние 57 см.
3	Какова емкость конденсатора, если при его зарядке до напряжения 50В он получает заряд 60 нКл?
4	<p>Определить эквивалентную емкость цепи, если</p> <p><math>C_1 = 8 \text{ мкФ}</math>, <math>C_2 = 4 \text{ мкФ}</math>,</p> <p><math>C_3 = 6 \text{ мкФ}</math>, <math>C_4 = 5 \text{ мкФ}</math>,</p> <p><math>C_5 = 2 \text{ мкФ}</math>, <math>C_6 = 10 \text{ мкФ}</math>.</p> 
5	Найти напряженность поля в точке А.

	 <p>Найти напряженность поля в точке А. построение</p> <p>Выполнить графическое</p>
6	<p>Определить напряжение на первом конденсаторе, если</p> <p><math>C_1 = 1 \text{ мкФ}</math>, <math>C_2 = 2 \text{ мкФ}</math>,</p> <p><math>C_3 = 3 \text{ мкФ}</math>, <math>C_4 = 6 \text{ мкФ}</math>, <math>U = 24 \text{ В}</math></p> 

**Алгоритм решения задачи:** 1) составляем краткое условие задачи, 2) переводим величины в систему СИ, 3) выбираем формулу для решения задачи, 4) выражаем из формулы требуемую величину, 5) подставляем данные, 6) выполняем расчет, 7) записываем ответ.

Задача 1.

<i>F-?</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<b>Дано:</b>  <i>q</i> <sub>1</sub> =15 мкКл  <i>q</i> <sub>2</sub> =12 нКл  <i>r</i> =60 мм	  $15 \cdot 10^{-6}$  $12 \cdot 10^{-9}$  $60 \cdot 10^{-3}$	$F = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{\varepsilon \cdot r^2} =$ $9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{мм}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 15 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} \cdot 12 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ $= \frac{\quad}{1 \cdot (60 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2} =$ $= 0,45 \cdot 10^0 \text{ Н} = 0,45 \text{ Н}$ <b>Ответ: 0,45 Н</b>

Задача 2.

<i>E-?</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<b>Дано:</b>  <i>q</i> =80 нКл  <i>r</i> =57 см	  $80 \cdot 10^{-9}$  $57 \cdot 10^{-2}$	$E = \frac{k \cdot q}{\varepsilon \cdot r^2} =$ $9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{мм}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 80 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ $= \frac{\quad}{1 \cdot (57 \cdot 10^{-2} \text{ м})^2} =$ $= 0,22 \cdot 10^4 \text{ В/м} = 2,2 \text{ кВ/м}$ <b>Ответ: 2,2 кВ/м</b>

Задача 3.

<i>C-?</i>	<i>СИ:</i>	<i>Решение:</i>
<b>Дано:</b>  <i>q</i> =60 нКл  <i>U</i> =50 В	  $15 \cdot 10^{-9}$	$C = \frac{q}{U} = \frac{60 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{50 \text{ В}} = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} = 1,2 \text{ нФ}$ <b>Ответ: 1,2 нФ</b>

Задача 4.

<i>C-?</i>	<i>Решение:</i>
<b>Дано:</b>  <i>C</i> <sub>1</sub> =8 мкФ  <i>C</i> <sub>2</sub> =4 мкФ  <i>C</i> <sub>3</sub> =6 мкФ  <i>C</i> <sub>4</sub> =5 мкФ	Конденсаторы <i>C</i> <sub>2</sub> , <i>C</i> <sub>3</sub> , <i>C</i> <sub>4</sub> соединены последовательно: $\frac{1}{C_{2,3,4}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{5} = \frac{15+10+12}{60} = \frac{37}{60}$ $C_{2,3,4} = \frac{60}{37} = 1,6 \text{ мкФ}$ Участок <i>C</i> <sub>2,3,4</sub> и конденсаторы <i>C</i> <sub>5</sub> , <i>C</i> <sub>6</sub> соединены параллельно:

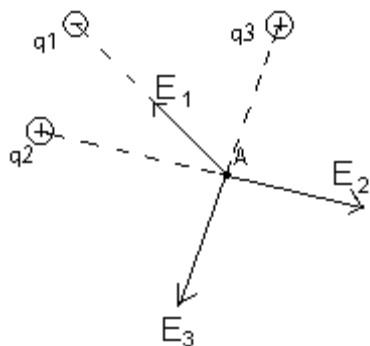
<p><math>C_5 = 2 \text{ мкФ}</math></p> <p><math>C_6 = 10 \text{ мкФ}</math></p>	<p><math>C_{2-6} = C_{2,3,4} + C_5 + C_6 = 1,6 + 2 + 10 = 13,6 \text{ мкФ}</math></p> <p>Участок <math>C_{2-6}</math> и конденсатор <math>C_1</math> соединены последовательно, применим частную формулу:</p> $C = \frac{C_{2-6} \cdot C_1}{C_{2-6} + C_1} = \frac{13,6 \cdot 8}{13,6 + 8} = \frac{108,8}{21,6} = 5 \text{ мкФ}$
	<p><b>Ответ: 5 мкФ</b></p>

### Задача 5

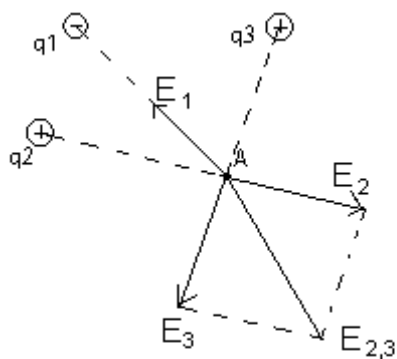
$E_A$ -?

**Решение:**

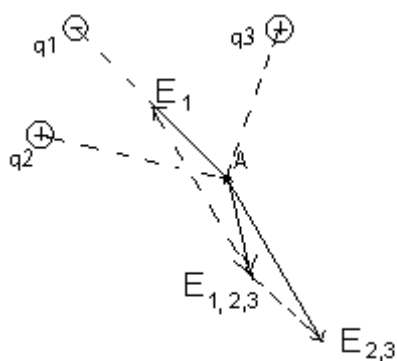
Для выполнения графического построения правилом параллелограмма для сложения векторов напряженности, создаваемой в точке  $A$  каждым из зарядов.



Сначала складываем вектора  $E_2$  и  $E_3$ .



Результирующий вектор  $E_{2,3}$  складываем с вектором  $E_1$ .



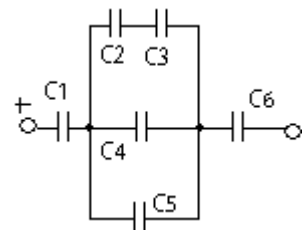
**Задача 6.**

$U_1$ -?	<b>Решение:</b>
<b>Дано:</b>	Конденсаторы $C_1, C_2, C_3, C_4$ соединены последовательно:
$C_1=1$ мкФ	$\frac{1}{C_{1,2,3,4}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{6+3+2+1}{6} = \frac{12}{6}$
$C_2=2$ мкФ	
$C_3=3$ мкФ	
$C_4=6$ мкФ	
$U=24$ В	<p>Находим заряд на всем участке:</p> $q = C \cdot U = 0.5 \cdot 10^{-6} \cdot 24 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ <p>Т.к. соединение последовательное, то заряды на всех конденсаторах одинаковые и равны общему заряду участка.</p> $U_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{q}{C_1} = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-6}} = 6 \text{ В}$
	<b>Ответ: 6 В</b>

**Задания для самостоятельной работы:**

Значения данных и дидактическая карточка выбираются в соответствии с номером варианта.

<b>Вариант №_1, 5, 9, 13, 17, 21, 25</b>	
1	С какой силой взаимодействуют два заряда по + ____ Кл, находящихся в вакууме на расстоянии ____ см друг от друга?
2	Найти напряженность поля, создаваемую в вакууме зарядом + ____ Кл в точке А, удаленной на расстояние ____ мм.
3	Какова емкость конденсатора, если при его зарядке до напряжения ____ кВ он получает заряд ____ мкКл?
4	<p>Определить эквивалентную емкость цепи, если</p> <p><math>C_1 =</math> ____ мкФ, <math>C_2 =</math> ____ мкФ,</p> <p><math>C_3 =</math> ____ мкФ, <math>C_4 =</math> ____ мкФ,</p> <p><math>C_5 =</math> ____ мкФ, <math>C_6 =</math> ____ мкФ.</p>
5	Найти напряженность поля в точке А.

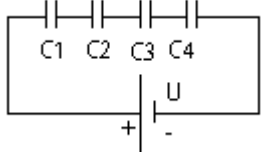


$q_1 \ominus$                        $q_3 \oplus$   
 $q_2 \oplus$                        $A$

(Выполнить графическое построение)

6 Определить напряжение на первом конденсаторе, если

$C_1 = \text{___ мкФ}, C_2 = \text{___ мкФ},$   
 $C_3 = \text{___ мкФ}, C_4 = \text{___ мкФ}, U = \text{___ В}$



**Вариант № 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26**

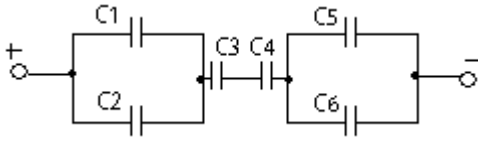
1 На каком расстоянии друг от друга заряды  $+ \text{___ Кл}$  и  $\text{___ Кл}$ , находящиеся в вакууме, взаимодействуют с силой  $\text{___ мН}$ ?

2 Найти величину заряда, создающего электрическое поле в вакууме напряженностью  $\text{___ кВ/м}$  в точке на расстоянии  $\text{___ мм}$ .

3 При перемещении заряда между точками с разностью потенциалов  $\text{___ кВ}$  электрическое поле совершило работу  $\text{___ мкДж}$ . Чему равен заряд?

4 Определить эквивалентную емкость цепи, если

$C_1 = \text{___ мкФ}, C_2 = \text{___ мкФ},$   
 $C_3 = \text{___ мкФ}, C_4 = \text{___ мкФ},$   
 $C_5 = \text{___ мкФ}, C_6 = \text{___ мкФ}.$



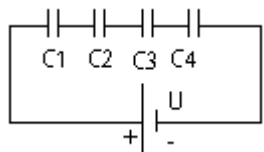
5 Найти напряженность поля в точке A.

$q_1 \oplus$                        $q_2 \oplus$                        $q_3 \oplus$   
 $A$

(Выполнить графическое построение)

6 Определить напряжение на втором конденсаторе, если

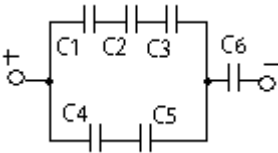
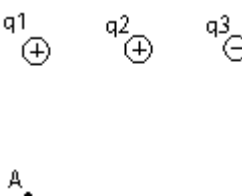
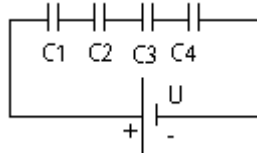
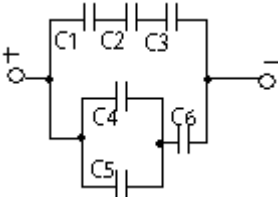
$C_1 = \text{___ мкФ}, C_2 = \text{___ мкФ},$   
 $C_3 = \text{___ мкФ}, C_4 = \text{___ мкФ}, U = \text{___ В}$



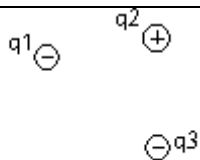
**Вариант № 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27**

1 С какой силой взаимодействуют два заряда по  $+ \text{___ Кл}$ , находящихся в вакууме на расстоянии  $\text{___ см}$  друг от друга?

2 Найти напряженность поля, создаваемую в вакууме зарядом  $+ \text{___ мкКл}$  в точке A,

	удаленной на расстояние ___ мм.
3	Какую работу совершает электрическое поле при перемещении заряда ___ нКл из точки с потенциалом ___ В в точку с потенциалом ___ В?
4	<p>Определить эквивалентную емкость цепи, если</p> <p><math>C_1 = \text{___ мкФ}, C_2 = \text{___ мкФ},</math></p> <p><math>C_3 = \text{___ мкФ}, C_4 = \text{___ мкФ},</math></p> <p><math>C_5 = \text{___ мкФ}, C_6 = \text{___ мкФ}.</math></p> 
5	<p>Найти напряженность поля в точке А.</p>  <p>(Выполнить графическое построение) А.</p>
6	<p>Определить напряжение на третьем конденсаторе, если</p> <p><math>C_1 = \text{___ мкФ}, C_2 = \text{___ мкФ},</math></p> <p><math>C_3 = \text{___ мкФ}, C_4 = \text{___ мкФ}, U = \text{___ В}</math></p> 
<b>Вариант №_4, 8, 12, 16, 20, 24, 28</b>	
1	На каком расстоянии друг от друга заряды + ___ Кл и ___ Кл, находящиеся в вакууме, взаимодействуют с силой ___ мН?
2	Найти величину заряда, создающего электрическое поле в вакууме напряженностью ___ кВ/м в точке на расстоянии ___ мм.
3	Емкость конденсатора ___ мкФ. Какой заряд он накопит при его подключении к полюсам источника постоянного напряжения ___ В?
4	<p>Определить эквивалентную емкость цепи, если</p> <p><math>C_1 = \text{___ мкФ}, C_2 = \text{___ мкФ},</math></p> <p><math>C_3 = \text{___ мкФ}, C_4 = \text{___ мкФ},</math></p> <p><math>C_5 = \text{___ мкФ}, C_6 = \text{___ мкФ}.</math></p> 
5	Найти напряженность поля в точке А.





(Выполнить графическое построение) •А

6 Определить напряжение на четвертом конденсаторе, если

$$C_1 = \text{___ мкФ}, C_2 = \text{___ мкФ},$$

$$C_3 = \text{___ мкФ}, C_4 = \text{___ мкФ}, U = \text{___ В}$$

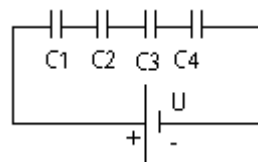


Таблица значения данных по вариантам.

Вариант	Задача 1		Задача 2		Задача 3		Задача 4					
	q	г	q	г	q	U	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	15 мкКл	5	1 мкКл	5	5	10	5	10	12	20	25	30
5	16 нКл	10	2 нКл	10	8	15	8	15	22	29	36	43
9	17 мкКл	15	3 мкКл	15	11	12	11	10	9	8	7	6
13	18 нКл	20	4 нКл	20	14	18	14	12	10	8	6	4
17	19 мкКл	25	5 мкКл	25	17	20	17	20	23	26	29	32
21	20 нКл	30	6 нКл	30	20	25	20	17	14	11	8	5
25	21 мкКл	35	7 мкКл	35	23	30	23	14	5	4	13	22

	Задача 1			Задача 2		Задача 3		Задача 4					
	q1	q2	F	г	E	U	A	C1	C2	C3	C4	C5	C6
2	1 мкКл	13 мкКл	20	20	20	5 кВ	30	5	10	12	20	25	30
6	2 нКл	14 нКл	30	25	30	10 кВ	33	8	15	22	29	36	43
10	3 мкКл	15 мкКл	40	30	40	15 кВ	36	11	10	9	8	7	6
14	4 нКл	16 нКл	50	35	50	20 кВ	39	14	12	10	8	6	4
18	5 мкКл	17 мкКл	60	40	60	25 кВ	42	17	20	23	26	29	32
22	6 нКл	18 нКл	70	45	70	30 кВ	45	20	17	14	11	8	5
26	7 мкКл	19 мкКл	80	50	80	35 кВ	48	23	14	5	4	13	22

	Задача 1		Задача 2		Задача 3			Задача 4					
	q	г	q	г	φ1	φ2	q	C1	C2	C3	C4	C5	C6

<b>3</b>	8 мкКл	8	8 мкКл	8	5	2	5	5	10	12	20	25	30
<b>7</b>	9 нКл	12	9 нКл	12	10	5	8	8	15	22	29	36	43
<b>11</b>	10 мкКл	16	10 мкКл	16	15	8	11	11	10	9	8	7	6
<b>15</b>	11 нКл	20	11 нКл	20	20	11	14	14	12	10	8	6	4
<b>19</b>	12 мкКл	24	12 мкКл	24	25	14	17	17	20	23	26	29	32
<b>23</b>	13 нКл	28	13 нКл	28	30	17	20	20	17	14	11	8	5
<b>27</b>	14 мкКл	32	14 мкКл	32	35	20	23	23	14	5	4	13	22

	Задача 1			Задача 2		Задача 3		Задача 4					
	q1	q2	F	г	Е	С	U	С1	С2	С3	С4	С5	С6
<b>4</b>	30 мкКл	1 мкКл	15	2	15	45	5	5	10	12	20	25	30
<b>8</b>	31 нКл	2 нКл	25	6	25	50	10	8	15	22	29	36	43
<b>12</b>	32 мкКл	3 мкКл	35	10	35	55	15	11	10	9	8	7	6
<b>16</b>	33 нКл	4 нКл	45	14	45	60	20	14	12	10	8	6	4
<b>20</b>	34 мкКл	5 мкКл	55	18	55	65	25	17	20	23	26	29	32
<b>24</b>	35 нКл	6 нКл	65	22	65	70	30	20	17	14	11	8	5
<b>28</b>	36 мкКл	7 мкКл	75	26	75	75	35	23	14	5	4	13	22

Задача 6											
Вариант	С1	С2	С3	С4	U	Вариант	С1	С2	С3	С4	U
<b>1</b>	5	10	12	20	25	<b>15</b>	5	2	5	5	10
<b>2</b>	8	15	22	29	36	<b>16</b>	10	5	8	8	15
<b>3</b>	11	10	9	8	7	<b>17</b>	15	8	11	11	10
<b>4</b>	14	12	10	8	6	<b>18</b>	20	11	14	14	12
<b>5</b>	17	20	23	26	29	<b>19</b>	25	14	17	17	20
<b>6</b>	20	17	14	11	8	<b>20</b>	30	17	20	20	17
<b>7</b>	23	14	5	4	13	<b>21</b>	35	20	23	23	14
<b>8</b>	15	2	15	45	5	<b>22</b>	5	5	10	5	10
<b>9</b>	25	6	25	50	10	<b>23</b>	10	8	15	8	15
<b>10</b>	35	10	35	55	15	<b>24</b>	15	11	12	11	10
<b>11</b>	45	14	45	60	20	<b>25</b>	20	14	18	14	12

<b>12</b>	55	18	55	65	25	<b>26</b>	25	17	20	17	20
<b>13</b>	65	22	65	70	30	<b>27</b>	30	20	25	20	17
<b>14</b>	75	26	75	75	35	<b>28</b>	35	23	30	23	14

### **Выводы по практической работе.**

Закон Кулона - основополагающий закон электростатики, дающий представление о взаимодействии зарядов. Конденсаторы – это устройства для накопления зарядов, поэтому необходимо уметь рассчитывать их емкость и знать особенности их соединения в электрической цепи.

### **Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте закон Кулона.
2. Запишите формулу закона Кулона.
3. Дайте определение электрической емкости.
4. Что такое конденсатор.
5. Запишите формулы, характеризующие последовательное и параллельное соединение конденсаторов.

## Практическое занятие № 2

**Тема: Исследование распределения потенциалов в неразветвленной цепи постоянного тока.**

**Цель занятия:** Уяснить причины изменения потенциалов в электрической цепи. Научиться строить потенциальную диаграмму.

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** собирать электрическую цепь, определять цену деления приборов, измерять ток, напряжение, рассчитывать параметры электрической цепи.

### Материальное обеспечение:

- Лабораторный стол ЛЭС-5.
- Амперметр на  $0,25 \div 1$  А.
- Вольтметр на 30 В

**Время работы:** 4 часа.

**Количество учащихся, выполняющих работу:** 2-3 человека.

### Перечень используемой литературы:

2. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.-752с.:ил. (с. 70-72)

### Содержание и порядок выполнения работы:

#### Подготовка к работе.

Повторить теоретический материал по источнику литературы [1] или по конспекту лекций.

#### Программа работы:

1. Нарисовать в черновике схему, состоящую из последовательно соединенных амперметра А следующих элементов электрической цепи (по вариантам):

- 11) R4, E2, B-2, R, A, E3, точка условного заземления, R5, R2, E1 (встречно).
- 12) E1, R2, точка условного заземления, E2, R2, точка условного заземления, R2, E2, R5, A, E3, B-2, R.
- 13) E1, R3, точка условного заземления, R2, E2, R5, A, E3, B-2, R.
- 14) E1, R1(R01), E2, R2, A, точка условного заземления, E3, B-2, R5, R.
- 15) E3, R3, E1 (встречно), точка условного заземления, R5, E2, A, R, B-2.
- 16) E3, точка условного заземления, E2, R1 (R01), E1 (встречно), R2, A, R5, B-2.
- 17) R4, E3, B-2, R5, E1 (встречно), A, точка условного заземления, R2, E2.
- 18) E3, A, R2, B-2, R1(R01), точка условного заземления, E2, R, E, (встречно), R5.
- 19) E3, B-2, E1 (встречно), A, E2, R3, точка условного заземления, R2, R1 (R01).

20) Точка условного заземления,  $E_2$ ,  $R_1(R_{01})$ ,  $A$ ,  $R_2$ ,  $E_3$ ,  $B-2$ ,  $R_3$ ,  $E_1$ ,  $R_5$ .

7. После утверждения схемы преподавателем, рассчитать ток в цепи и потенциалы всех разно потенциальных точек по следующим данным:  $E_1=5В$ ,  $R_{1,0}=0,5$  Ом,  $E_2=10В$ ,  $R_{2,0}=1$  Ом,  $E_3=10В$ ,  $R_{3,0}=1$  Ом,  $R_4=37,5$  Ом,  $R_5=30$  Ом,  $R=30$  Ом,  $R_2=35$  Ом,  $R_3=75$  Ом,  $R_1(R_{01})=100$  Ом.

8. Построить потенциальную диаграмму.

9. Собрать электрическую цепь, выбрав измерительные приборы в соответствии с расчетными данными.

10. После проверки электрической цепи преподавателем или лаборантом включить стенд и измерить ток и потенциалы всех точек. Сравнить опытные данные с расчетными.

11. Получить дальнейшие указания у преподавателя.

#### **Задания для учащихся**

4. Разомкнуть цепь и замерить в ней потенциалы всех точек. Построить потенциальную диаграмму.

5. Закоротить сопротивление  $R_2$  (для всех вариантов, кроме 5) и измерить ток и потенциалы всех точек. Построить потенциальную диаграмму.

6. Закоротить сопротивление  $R_5$  (для всех вариантов, кроме 9) и измерить ток и потенциалы всех точек. Построить потенциальную диаграмму.

### **Практическое занятие № 4**

**Тема: Исследование последовательного и параллельного соединения резисторов.**

**Цель занятия:** проверить на опыте особенности последовательного и параллельного соединения резисторов.

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** собирать электрическую цепь, определять цену деления приборов, измерять ток, напряжение, рассчитывать параметры электрической цепи, используя законы Ома и свойства последовательного и параллельного соединения элементов.

#### **Материальное обеспечение:**

- Лабораторный стол т.ЛЭС-5
- Амперметр на 1-2 А
- Амперметр на 2,5 А
- Амперметр на 5А
- Вольтметр на 150 В
- Вольтметр на 75 В.

**Время работы:** 4 часа.

**Количество учащихся, выполняющих работу:** 2-3 человека.

### Перечень используемой литературы:

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.-752с.:ил. (с. 42-49)
2. Частоедов А.А. Электротехника. – М.: Высшая школа, 1989. (с. 66-75)
3. Сафонов А.С. Основы Электротехники. – М.: Воениздат, 1961. (с. 33-39)

### Содержание и порядок выполнения работы:

#### Подготовка к работе.

Повторить теоретический материал:

**Последовательно соединение резисторов** – это такое соединение, когда к концу одного резистора присоединяется начало другого, к концу второго начало третьего и т.д. и при этом образуется неразветвленная цепь или участок цепи.

Для последовательного соединения характерно:

- во всех резисторах возникает одинаковый ток:  $I = I_1 = I_2 = I_3$
- падения напряжения на резисторах пропорциональны сопротивлениям:  $U_1 = I \cdot R_1$ ;  $U_2 = I \cdot R_2$ ;  $U_3 = I \cdot R_3$ .
- падение напряжения на всем участке равно сумме падений напряжений на каждом резисторе:  $U = U_1 + U_2 + U_3$
- эквивалентное сопротивление всей цепи равно сумме сопротивлений всех резисторов:  $R_0 = R_1 + R_2 + R_3$
- мощность резисторов можно определить по формулам:  $P_1 = U_1 I = I^2 R_1 = \frac{U_1^2}{R_1}$

**Параллельное соединение резисторов** – это такое соединение, когда начала всех резисторов соединены в одну точку, а концы в другую.

Для параллельного соединения характерно:

- падения напряжений на всех участках равны напряжению приложенному к цепи:  $U_1 = U_2 = U_3 = U$
- сила тока в параллельных ветвях обратно пропорциональна сопротивлениям:  $I_1 = U/R$   $I_2 = U/R$   $I_3 = U/R_3$
- сила тока в неразветвленной цепи (части цепи) равна сумме тока всех ветвей:  $I = I_1 + I_2 + I_3$
- эквивалентное сопротивление двух ветвей определяется по формуле:  $R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$  ,

а для трех ветвей  $R_{123} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3}$

- эквивалентная проводимость при параллельном соединении определяется как сумма проводимостей всех ветвей:  $g = g_1 + g_2 + g_3$ , где:  $g_1 = 1/R_1$ ;  $g_2 = 1/R_2$ ;  $g_3 = \frac{1}{R_3}$  - проводимости ветвей.
- мощность при параллельном соединении рассчитывается по формулам, аналогичным последовательному соединению.

Электрическая энергия, выработанная источником, в потребителях переходит в другие виды энергии, поэтому справедливо уравнение называемое *балансом мощности*:

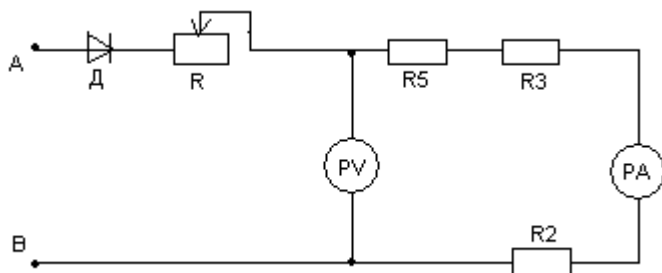
$$P = P_1 + P_2 + P_3, \text{ где}$$

$$P = E \cdot I - \text{мощность источника энергии,}$$

$$P_1; P_2; P_3 - \text{мощности потребителей.}$$

### Порядок выполнения работы:

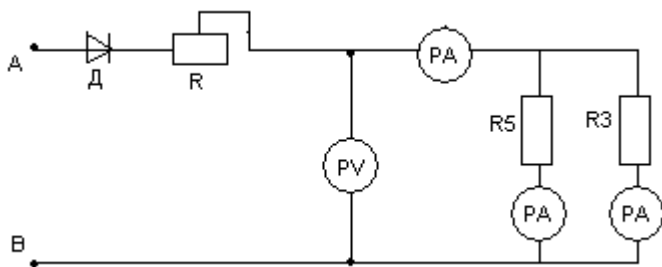
Электрическая схема последовательного соединения (схема 1).



Обозначения:

R3; R2; R5 – резисторы; PV – вольтметр в схеме на 150 В, а со свободными концами на 60 В;  
 PA – амперметр на 0,5 ÷ 1 А; R – реостат 30 Ом, 5 А.

Электрическая схема параллельного соединения (схема 2).



Обозначения:

PA1 – общий амперметр на 5 А;  
 PA3 – амперметр, включенный последовательно с R на 1-2 А;  
 PA2 – амперметр, включенный последовательно с R5 2,5 А;  
 PV – вольтметр на 150 В.

1. Ознакомиться с типами измерительных приборов и порядком включения в цепь.
2. В форму, предусмотренную отчетом по лабораторной работе, записать технические данные используемых приборов.
3. Собрать электрическую схему 1 и дать проверить ее руководителю или лаборанту.
4. Замкнуть выключатель и установить напряжение в цепи по указанию преподавателя.
5. Снять показания приборов в соответствии с таблицей наблюдений (таблица 1) вписать в черновую запись.
6. Разомкнуть выключатель, закоротить сопротивление  $R_3$ , и не изменяя положение движка реостата, включить выключатель и повторить пункт 5.
7. Разомкнуть выключатель, заменить сопротивление  $R_3$  на  $R_4$  ( $R_4=0,5 \cdot R_3$ ) и, не изменяя положение движка реостата включить выключатель и повторить пункт 5.
8. Собрать электрическую схему 2 и дать проверить ее руководителю.
9. Замкнуть выключатель, установить напряжение в цепи  $U$  по указанию преподавателя и в соответствии с таблицей наблюдений (таблица 2) вписать в черновую запись показания приборов.
10. Меняя с помощью реостата напряжение в цепи примерно через  $5В$ , снять  $5 \div 6$  точек вольтамперной характеристики. Результаты записать в таблицу 2.

Таблица 1.

№	Измерить					Вычислить							
	U В	I А	U <sub>2</sub> В	U <sub>3</sub> В	U <sub>5</sub> В	R <sub>э</sub> Ом	R <sub>2</sub> Ом	R <sub>3</sub> Ом	R <sub>5</sub> Ом	P <sub>2</sub> Вт	P <sub>3</sub> Вт	P <sub>5</sub> Вт	P Вт
1.													
2.													
3.													

Таблица 2.

№	Измерить					Вычислить							
	U В	I А	I <sub>3</sub> А	I <sub>5</sub> А	U <sub>5</sub> В	R <sub>э</sub> Ом	R <sub>3</sub> Ом	R <sub>5</sub> Ом	R <sub>5</sub> Ом	P <sub>э</sub> Вт	P <sub>5</sub> Вт	P <sub>5</sub> Вт	P Вт
1.													
2.													
3.													

**Указания к расчету и оформлению работы:**

1. Объяснить и показать математически, как изменяется напряжение  $U$  в схеме 1 при изменении сопротивления  $R_3$ .
2. По данным наблюдений таблицы 1 вычислить:
  - а). Сопротивление отдельных участков цепи  $R_2$ ;  $R_3$ ;  $R_5$ ;
  - б). Эквивалентное сопротивление цепи  $R_э$ ;
  - в). Отношение падений напряжения на отдельных сопротивлениях и отношение величин этих же сопротивлений;



г). Мощности отдельных участков  $P_3$ ,  $P_5$  и мощность всей цепи  $P$ .

3. По данным наблюдений таблицы 2 построить вольтамперную характеристику  $I=f(U)$  для всей цепи параллельного соединения ( $I$ ,  $U$ ).

### **Содержание отчета:**

1. Наименование и цель работы.
2. Таблицы с данными приборов.
3. Электрические схемы соединений.
4. Таблицы наблюдений и вычислений.
5. Вольтамперные характеристики для параллельного соединения.
6. Сделать выводы по работе относительно:
  - а) распределения напряжения на резисторах при последовательном соединении;
  - б) распределение токов в ветвях при параллельном соединении резисторов;
  - в) подтверждение первого и второго законов Кирхгофа;
  - г) причин неполного совпадения расчетных и опытных данных.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова цель контрольной работы?
2. Что называется последовательным и параллельным соединением резисторов?
3. Сформулируйте свойства последовательного соединения резисторов.
4. Сформулируйте первый и второй закон Кирхгофа.
5. Сформулируйте закон Ома для участка цепи и замкнутой цепи содержащей ЭДС.
6. Запишите формулы для расчета эквивалентного сопротивления при последовательном и параллельном соединении резисторов.
7. На каком из двух последовательно соединенных резисторах будет больше падение напряжения?
8. В какой из двух параллельных ветвях будет больше тока?
9. Как определить мощность потребляемую резистором?

## Практическое занятие № 5

**Тема:** Расчет неразветвленной цепи переменного тока.

**Цель занятия:** закрепить теоретические знания по теме «Неразветвленные электрические цепи переменного тока с RLC нагрузкой»

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** применять формулы для расчета емкостного и индуктивного сопротивлений, находить полное сопротивление цепи переменного тока, рассчитывать мощности цепи переменного тока и сдвиг фаз между напряжением и силой тока в цепи переменного тока., строить треугольник сопротивлений.

**Наглядные пособия, оборудование:** конспект лекций по разделу «Переменный ток, неразветвленные RLC цепи»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы №3.

**Время работы:** 4 часа.

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.-752с.:ил. (с. 147-150)
2. Частоедов А.А. Электротехника. – М.: Высшая школа, 1989. (с. 203-206)
3. Сафонов А.С. Основы Электротехники. – М.: Воениздат, 1961. (с. 96-110)

**Содержание и порядок выполнения работы:**

**Подготовка к работе.**

Повторить теоретический материал по учебнику или по конспекту лекций.

**Выполнение работы.**

**Пример решения практической работы:**

**Вариант №\_0\_**

*В цепь переменного тока с напряжением  $U=120В$  и частотой  $f=50Гц$  последовательно включены: активная нагрузка ( $R_1= 20 Ом$ ,  $R_2= 15 Ом$ ,  $R_3=40 Ом$ ) и реактивная нагрузка (конденсаторы  $C_1=500мкФ$ ,  $C_2=300мкФ$ ,  $C_3=200мкФ$ ; катушки  $L_1=50мГн$ ,  $L_2=60мГн$ ,  $L_3=40мГн$ ).  
Найти силу тока в цепи, амплитудные значения тока и напряжения, мощности и сдвиг фаз между током и напряжением в цепи. Построить треугольник сопротивлений.*

**Алгоритм решения задачи:** 1) составляем краткое условие задачи, 2) переводим величины в систему СИ, 3) выбираем формулу для решения задачи, 4) выражаем из формулы требуемую величину, 5) подставляем данные, 6) выполняем расчет, 7) записываем ответ.

<i>I, Im, Um, P, Q, S, φ-?</i>	<b>СИ:</b>	<b>Решение:</b>
<p><b>Дано:</b></p> <p><math>U=120В</math></p> <p><math>f=50Гц</math></p> <p><math>R1= 20 Ом</math></p> <p><math>R2= 15 Ом</math></p> <p><math>R3=40 Ом</math></p> <p><math>C1=500мкФ</math></p> <p><math>C2=300мкФ</math></p> <p><math>C3=200мкФ</math></p> <p><math>L1=50мГн</math></p> <p><math>L2=60мГн</math></p> <p><math>L3=40мГн</math></p>	<p><math>500 \cdot 10^{-6}</math></p> <p><math>300 \cdot 10^{-6}</math></p> <p><math>200 \cdot 10^{-6}</math></p> <p><math>50 \cdot 10^{-3}</math></p> <p><math>60 \cdot 10^{-3}</math></p> <p><math>40 \cdot 10^{-3}</math></p>	<p><i>Находим общее активное сопротивление:</i></p> $R = R1 + R2 + R3 = 20 + 15 + 40 = 75 Ом$ <p><i>Находим угловую частоту:</i></p> $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314 \frac{рад}{с}$ <p><i>Находим индуктивное сопротивление:</i></p> $x_{L1} = \omega \cdot L_1 = 314 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 15,7 Ом$ $x_{L2} = \omega \cdot L_2 = 314 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 18,84 Ом$ $x_{L3} = \omega \cdot L_3 = 314 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 12,56 Ом$ $x_L = x_{L1} + x_{L2} + x_{L3} = 15,7 + 18,84 + 12,56 = 47,1 Ом$ <p><i>Находим емкостное сопротивление:</i></p> $x_{C1} = \frac{1}{\omega \cdot C_1} = \frac{1}{314 \cdot 500 \cdot 10^{-6}} = 6,37 Ом$ $x_{C2} = \frac{1}{\omega \cdot C_2} = \frac{1}{314 \cdot 300 \cdot 10^{-6}} = 10,6 Ом$ $x_{C3} = \frac{1}{\omega \cdot C_3} = \frac{1}{314 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} = 15,92 Ом$ $x_C = x_{C1} + x_{C2} + x_{C3} = 6,37 + 10,6 + 15,92 = 32,89 Ом$ <p><i>Находим полное сопротивление:</i></p> $Z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2} = \sqrt{75^2 + (47,1 - 32,89)^2} = \sqrt{5625 + 202} = 76 Ом$ <p><i>Находим силу тока и амплитудные значения:</i></p> $I = \frac{U}{Z} = \frac{120}{76} = 1,58 А$ $I_m = I \cdot \sqrt{2} = 1,58 \cdot 1,41 = 2,23 А$

$$U_m = U \cdot \sqrt{2} = 120 \cdot 1,41 = 169,2B$$

Находим мощности:

$$P = I^2 \cdot R = 1,58^2 \cdot 75 = 187Bm$$

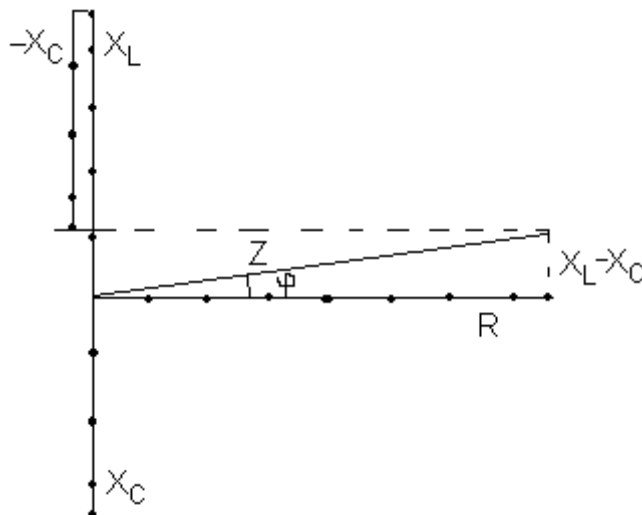
$$Q = I^2 \cdot (x_L - x_C) = 1,58^2 \cdot (47,1 - 32,89) = 35,5вар$$

$$S = I \cdot U = 1,58 \cdot 120 = 189,6BA$$

Находим сдвиг фаз:

$$\varphi = \arccos \frac{P}{S} = \arccos \frac{187}{189,6} = 9^\circ$$

Строим треугольник сопротивлений. Для этого выбираем масштаб: в 1 см – 10 Ом.



**Ответ: 1,58 А, 2,23 А, 169,2 В, 187 Вт, 35,5 вар, 189,6 ВА, 9°**

### Задания для самостоятельной работы:

Значения данных и дидактическая карточка выбираются в соответствии с номером варианта.

#### Вариант №\_1-28

В цепь переменного тока с напряжением  $U = \underline{\hspace{1cm}}$  В и частотой  $f = \underline{\hspace{1cm}}$  Гц последовательно включены: активная нагрузка ( $R_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  Ом,  $R_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  Ом,  $R_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  Ом) и реактивная нагрузка (конденсаторы  $C_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  мкФ,  $C_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  мкФ,  $C_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  мкФ; катушки  $L_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  мГн,  $L_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  мГн,  $L_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  мГн).

Найти силу тока в цепи, амплитудные значения тока и напряжения, мощности и сдвиг фаз между током и напряжением в цепи. Построить треугольник сопротивлений.

Таблица значения данных по вариантам:

№В	f(Гц)	U(В)	L1(мГн)	L2(мГн)	L3(мГн)	C1(мкФ)	C2(мкФ)	C3(мкФ)	R1(Ом)	R2(Ом)	R3(Ом)
1	50	127	200	90	130	50	0	60	10	0	16
2	50	110	0	105	195	50	45	0	4	22	12
3	50	127	100	110	0	40	0	75	5	21	15
4	50	50	0	115	185	45	78	0	6	9	18
5	50	60	0	120	180	55	0	15	7	19	14
6	50	70	140	0	175	65	10	0	8	18	16
7	50	80	120	130	0	70	0	35	9	17	13
8	50	90	160	135	165	0	39	65	10	16	32
9	50	100	0	140	160	80	37	95	11	15	64
10	50	130	180	0	155	40	0	85	12	14	10
11	50	140	0	150	150	20	45	74	13	0	23
12	50	150	200	155	0	30	0	50	14	12	24
13	50	160	210	160	0	0	35	94	15	10	35
14	50	170	0	165	135	35	0	64	16	15	10
15	50	180	110	170	130	45	82	0	0	8	11
16	50	190	0	175	125	88	0	75	18	7	19
17	50	200	115	180	0	75	0	94	19	6	16
18	50	210	90	0	115	64	64	35	20	5	15
19	50	230	0	190	110	38	0	16	21	0	19
20	50	240	70	0	105	39	0	20	22	3	13
21	50	140	140	150	125	50	10	74	8	0	19
22	50	150	120	155	0	50	0	50	9	12	16
23	50	160	160	160	115	40	39	94	10	10	15
24	50	170	0	165	110	45	37	64	11	15	19
25	50	180	180	170	105	55	0	0	12	8	13
26	50	200	90	110	0	0	39	65	15	5	15
27	50	205	0	115	135	35	37	95	16	0	18
28	50	180	70	120	130	45	0	85	0	3	14

### **Выводы по практической работе.**

Неразветвленные RLC цепи переменного тока – основа колебательных контуров, которые используются в радиотехнике и электротехнике. Поэтому необходимо владеть навыками расчета таких цепей.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что понимается под реактивной нагрузкой?
2. Как рассчитывается сопротивление реактивных элементов?
3. Напишите формулу для нахождения полного сопротивления.
4. Какие виды мощности действуют в цепях переменного тока?
5. Как можно вычислить сдвиг фаз между током и напряжением в цепи переменного тока?

## **Практическое занятие № 6**

**Тема: Исследования явления резонанса напряжений.**

**Цель занятия:** исследовать явление резонанса напряжений.

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** собирать электрическую цепь, определять цену деления приборов, измерять ток, напряжение, рассчитывать параметры электрической цепи.

### **Материальное обеспечение:**

- Лабораторный стол ЛЭС-5.
- Амперметр на 0.5 А
- Вольтметр на 60 В.
- Вольтметр на 75 В – 2 шт.
- Катушка индуктивности

**Время работы:** 2 часа.

**Количество учащихся, выполняющих работу: 2-3 человека.**

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.-752с.:ил. (с. 147-154)
2. Частоедов А.А. Электротехника. – М.: Высшая школа, 1989. (с. 206-213)
3. Сафонов А.С. Основы Электротехники. – М.: Воениздат, 1961. (с. 100-106)

**Содержание и порядок выполнения работы:**

**Подготовка к работе.**

Повторить теоретический материал:

При последовательном соединении катушки индуктивности и конденсатора, когда их реактивные сопротивления оказываются равными друг другу  $X_L = X_C$  наступает явление резонанса напряжений. Это равенство может быть достигнуто изменением емкости, индуктивности или частоты питающей сети. В данной работе резонанс достигается изменением емкости. Действующее значение тока в цепи определяется выражением 
$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

где:  $U$  - напряжение на зажимах цепи;  
 $R$  - активное сопротивление цепи;  
 $X_L, X_C$  - реактивные сопротивления цепи.

По мере приближения величины емкости к резонансному значению напряжения на реактивных сопротивлениях цепи увеличиваются и стремятся к равенству между собой.

Ток в цепи растет при резонансе достигает максимального значения, так как в этом случае реактивное сопротивление цепи равно нулю и действует только активное сопротивление. При дальнейшем уменьшении емкости ток, а также напряжения на катушке и конденсаторе уменьшается.

Характерной особенностью рассматриваемой цепи является то, что в ней напряжение на реактивных участках может превосходить напряжение на зажимах цепи.

При  $X_L < X_C$  напряжение на конденсаторе больше напряжения на катушке. Цепь имеет емкостной характер.

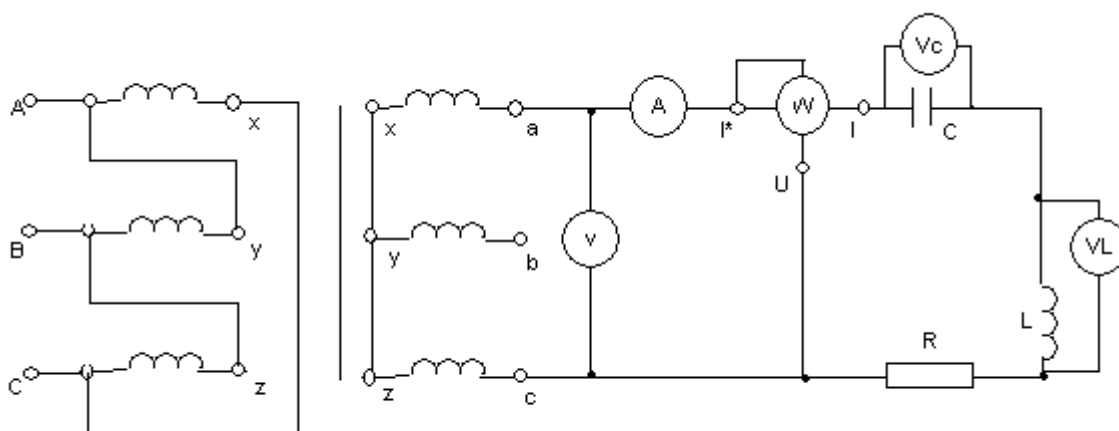
При  $X_L > X_C$  напряжение на конденсатор меньше напряжения на катушке.

Цепь имеет индуктивный характер. Векторная диаграмма для этого случая имеет вид представленный на рисунке.

Напряжения на катушке и конденсаторе в момент резонанса достигали бы одновременно максимума, если бы отсутствовало активное сопротивление. Наличие активного сопротивления в катушке и конденсаторе и их неравенство вызывают сдвиг точек  $U_C \max$  и  $U_L \max$ . Сдвиг по фазе между током и напряжением в цепи при резонансе равен нулю.

**Порядок выполнения работы.**

## Электрическая схема работы



Обозначения на рисунке:

$V$  – вольтметр на 15В

$A$  – амперметр на 0,5А

$V_L$   $V_c$  – вольтметр на 75В

$C$  – магазин емкостей

$L$  – катушка индуктивности

1. Ознакомиться с типами электроизмерительных приборов и порядком их включения в цепь.
2. В форму, предусмотренную отчетом по лабораторной работе, записать технические данные используемых приборов и электрооборудования.
3. Собрать электрическую схему опыта и дать ее проверить руководителю.
4. После разрешения преподавателя включить эл.схему и изменить емкость магазина от 4 до 32 мкФ через 2 мкФ, а вблизи резонанса – через 1 мкФ измерить ток и напряжение.

Результаты наблюдений записать в таблицу.

№ №	Измерить					Вычислить						
	$C$	$U$	$U_k$	$U_c$	$I$	$Z$	$Z_k$	$X_l$	$X_c$	$U_k$	$U_l$	$\cos\varphi$
	мкФ	В	В	В	А	Ом	Ом	Ом	Ом	В	В	-
1												
2												
3												
...												

### Указания к расчету по оформлению работы

1. По результатам измерений рассчитать для случаев



$X_L < X_C$ .  $X_L = X_C$  и  $X_C > X_L$  (по указанию преподавателя)

а) полное сопротивление цепи  $Z = \frac{U}{I}$

б) полное сопротивление катушки  $Z_R = \frac{U_R}{I}$

в) индуктивное сопротивление катушки  $X_L = \sqrt{Z_{\hat{e}}^2 - R_{\hat{e}}^2}$

где,  $R_k = R = Z_{\text{рез}}$ , так как  $R_c \approx 0$ ;

г) емкостное сопротивление  $X_C = \frac{U_{\hat{c}}}{I}$

д) активное напряжение  $U_a = I \cdot R$

е) индуктивное напряжение  $U_L = I \cdot X_L$

ж) косинус угла сдвига фаз в цепи  $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

2. Для выше указанных случаев построить в масштабе векторные диаграммы напряжений и треугольники сопротивлений.

3. По данным наблюдений из расчетов построить на общем графике резонансные кривые:  
 $I = f_1(C)$ ,  $U_L = f_2(C)$ ,  $U_C = f_3(C)$ ,  $U_R = f_4(C)$

### Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Таблица с данными приборов
3. Электрическая схема опыта
4. Таблица наблюдений и вычислений
5. Графики резонансных кривых
6. По лабораторной работе сделать заключение:
  - а) о возможности получения резонанса напряжений путем изменения емкости;
  - б) о характере резонансных кривых;
  - в) о причине неполного совпадения опытных результатов с теорией.

### Контрольные вопросы

1. Какова цель лабораторной работы?
2. Что называется резонансом напряжений?
3. Каким образом можно достичь резонанса напряжений?
4. Каковы характерные особенности сопротивлений цепи при резонансе напряжений?
5. Какую величину имеет коэффициент мощности и угол  $\varphi$  при резонансе напряжений?
6. Каким образом можно определить на опыте состояние резонанса напряжения?

7. Каковы особенности падений напряжений на отдельных участках исследуемой цепи при резонансе напряжений?
8. Каковы характерные особенности мощностей при резонансе напряжений?
9. Изобразите векторные диаграммы для различных режимов работы исследуемой электрической цепи при  $X_L < X_C$ ,  $X_L = X_C$  и  $X_C > X_L$
10. Что называют добротностью контура?

### Практическое занятие № 7

**Тема: Расчет разветвленной цепи переменного тока.**

**Цель занятия:** закрепить теоретические знания по теме «Разветвленные электрические цепи переменного тока с RLC нагрузкой»

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** применять формулы для расчета емкостного и индуктивного сопротивлений, находить полное сопротивление цепи переменного тока, рассчитывать мощности цепи переменного тока и сдвиг фаз между напряжением и силой тока в цепи переменного тока, строить треугольник сопротивлений.

**Наглядные пособия, оборудование:** конспект лекций по разделу «Переменный ток, разветвленные RLC цепи»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы №4.

**Время работы:** 4 часа.

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.- 752с.:ил. (с. 147-150)
2. Частоедов А.А. Электротехника. – М.: Высшая школа, 1989. (с. 203-206)
3. Сафонов А.С. Основы Электротехники. – М.: Воениздат, 1961. (с. 96-110)

**Содержание и порядок выполнения работы:**

**Подготовка к работе.**

Повторить теоретический материал по учебнику или по конспекту лекций.

**Выполнение работы.**

**Пример решения практической работы:**

**Вариант №\_0\_**

Цепь переменного тока с напряжением  $U=120В$  и частотой  $f=50Гц$  содержит 3 ветви. В первую ветвь включены: активная нагрузка  $R_1= 20 Ом$ , реактивная нагрузка (конденсатор  $C_1=500мкФ$ ; катушка  $L_1=50мГн$ ). Во вторую ветвь, соответственно:  $R_2= 15 Ом$ , конденсатор  $C_2=300мкФ$ , катушка  $L_2=60мГн$ . Третья ветвь содержит:  $R_3=40 Ом$  конденсатор  $C_3=200мкФ$ , катушку  $L_3=40мГн$ . Найти силу тока в цепи, амплитудные значения тока и напряжения, мощности и сдвиг фаз между током и напряжением в цепи. Построить треугольник мощностей.

**Алгоритм решения задачи:** 1) составляем краткое условие задачи, 2) переводим величины в систему СИ, 3) выбираем формулу для решения задачи, 4) выражаем из формулы требуемую величину, 5) подставляем данные, 6) выполняем расчет, 7) записываем ответ.

<i>I, Im, Um, P, Q, S, φ-?</i>	<b>СИ:</b>	<b>Решение:</b>
<b>Дано:</b>		<i>Находим угловую частоту:</i>
$U=120В$		$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$
$f=50Гц$		<i>Находим индуктивное сопротивление:</i>
$R_1= 20 Ом$		$x_{L1} = \omega \cdot L_1 = 314 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 15,7 Ом$
$R_2= 15 Ом$		$x_{L2} = \omega \cdot L_2 = 314 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 18,84 Ом$
$R_3=40 Ом$		$x_{L3} = \omega \cdot L_3 = 314 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 12,56 Ом$
$C_1=500мкФ$	$500 \cdot 10^{-6}$	<i>Находим емкостное сопротивление:</i>
$C_2=300мкФ$	$300 \cdot 10^{-6}$	$x_{C1} = \frac{1}{\omega \cdot C_1} = \frac{1}{314 \cdot 500 \cdot 10^{-6}} = 6,37 Ом$
$C_3=200мкФ$	$200 \cdot 10^{-6}$	$x_{C2} = \frac{1}{\omega \cdot C_2} = \frac{1}{314 \cdot 300 \cdot 10^{-6}} = 10,6 Ом$
$L_1=50мГн$	$50 \cdot 10^{-3}$	$x_{C3} = \frac{1}{\omega \cdot C_3} = \frac{1}{314 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} = 15,92 Ом$
$L_2=60мГн$	$60 \cdot 10^{-3}$	<i>Находим полное сопротивление каждой ветви:</i>
$L_3=40мГн$	$40 \cdot 10^{-3}$	$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + (x_{L1} - x_{C1})^2} = \sqrt{20^2 + (15.7 - 6.37)^2} =$ $= \sqrt{400 + 87} = 22 Ом$
		$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + (x_{L2} - x_{C2})^2} = \sqrt{15^2 + (18.84 - 10.6)^2} =$ $= \sqrt{225 + 68} = 17 Ом$

$$Z_3 = \sqrt{R_3^2 + (x_{L3} - x_{C3})^2} = \sqrt{40^2 + (12.56 - 15.92)^2} =$$
$$= \sqrt{1600 + 11.3} = 40.14 \text{ } Om$$

Находим активные проводимости:

$$g_1 = \frac{R_1}{Z_1^2} = \frac{20}{22^2} = 0.04132 \text{ См}$$

$$g_2 = \frac{R_2}{Z_2^2} = \frac{15}{17^2} = 0.0519 \text{ См}$$

$$g_3 = \frac{R_3}{Z_3^2} = \frac{40}{40.14^2} = 0.0248 \text{ См}$$

$$g = g_1 + g_2 + g_3 = 0.04123 + 0.0519 + 0.0248 = 0.11793 \text{ См}$$

Находим реактивную проводимость:

$$b_1 = \frac{x_{L1} - x_{C1}}{Z_1^2} = \frac{15.7 - 6.37}{22^2} = 0.0193 \text{ См}$$

$$b_2 = \frac{x_{L2} - x_{C2}}{Z_2^2} = \frac{18.86 - 10.6}{17^2} = 0.0285 \text{ См}$$

$$b_3 = \frac{x_{L3} - x_{C3}}{Z_3^2} = \frac{12.56 - 15.92}{40.14^2} = -0.0021 \text{ См}$$

$$b = b_1 + b_2 + b_3 = 0.0193 + 0.0285 - 0.0021 = 0.0457 \text{ См}$$

Находим полную проводимость:

$$y = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{0.11793^2 + 0.0457^2} = 0.1264 \text{ См}$$

Находим силу тока и амплитудные значения:

$$I = y \cdot U = 0.1264 \cdot 120 = 15.17 \text{ А}$$

$$I_m = I \cdot \sqrt{2} = 15.17 \cdot 1.41 = 21.4 \text{ А}$$

$$U_m = U \cdot \sqrt{2} = 120 \cdot 1.41 = 169.2 \text{ В}$$

Находим мощности:

$$P = U^2 \cdot g = 120^2 \cdot 0.11793 = 1698.2 \text{ Вт}$$

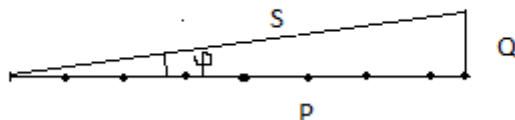
$$Q = U^2 \cdot b = 120^2 \cdot 0.0457 = 658.1 \text{ вар}$$

$$S = I \cdot U = 15.17 \cdot 120 = 1820.4 \text{ ВА}$$

Находим сдвиг фаз:

		$\varphi = \arccos \frac{P}{S} = \arccos \frac{1698.2}{1820.4} = \arccos 0.9329 = 21^\circ$
--	--	---

Строим треугольник мощностей. Для этого выбираем масштаб: в 1 см – 200 ВА, Вт, вар.



Ответ: 15.17 А, 21.4 А, 169 В, 1698.2 Вт, 658.1 вар, 1820.4 ВА, 9°

**Задания для самостоятельной работы:**

Значения данных и дидактическая карточка выбираются в соответствии с номером варианта.

**Вариант №\_1-28**

Цепь переменного тока с напряжением  $U = \_\_\_ В$  и частотой  $f = \_\_\_ Гц$  содержит 3 ветви. В первую ветвь включены: активная нагрузка  $R1 = \_\_\_ Ом$ , реактивная нагрузка (конденсатор  $C1 = \_\_\_ мкФ$ ; катушка  $L1 = \_\_\_ мГн$ ). Во вторую ветвь, соответственно:  $R2 = \_\_\_ Ом$ , конденсатор  $C2 = \_\_\_ мкФ$ , катушка  $L2 = \_\_\_ мГн$ . Третья ветвь содержит:  $R3 = \_\_\_ Ом$  конденсатор  $C3 = \_\_\_ мкФ$ , катушку  $L3 = \_\_\_ мГн$ . Найти силу тока в цепи, амплитудные значения тока и напряжения, мощности и сдвиг фаз между током и напряжением в цепи. Построить треугольник мощностей.

Таблица значения данных по вариантам:

№В	f(Гц)	U(В)	L1(мГн)	L2(мГн)	L3(мГн)	C1(мкФ)	C2(мкФ)	C3(мкФ)	R1(Ом)	R2(Ом)	R3(Ом)
----	-------	------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	--------	--------

1	50	127	200	90	130	50	0	60	10	0	16
2	50	110	0	105	195	50	45	0	4	22	12
3	50	127	100	110	0	40	0	75	5	21	15
4	50	50	0	115	185	45	78	0	6	9	18
5	50	60	0	120	180	55	0	15	7	19	14
6	50	70	140	0	175	65	10	0	8	18	16
7	50	80	120	130	0	70	0	35	9	17	13
8	50	90	160	135	165	0	39	65	10	16	32
9	50	100	0	140	160	80	37	95	11	15	64
10	50	130	180	0	155	40	0	85	12	14	10
11	50	140	0	150	150	20	45	74	13	0	23
12	50	150	200	155	0	30	0	50	14	12	24
13	50	160	210	160	0	0	35	94	15	10	35
14	50	170	0	165	135	35	0	64	16	15	10
15	50	180	110	170	130	45	82	0	0	8	11
16	50	190	0	175	125	88	0	75	18	7	19
17	50	200	115	180	0	75	0	94	19	6	16
18	50	210	90	0	115	64	64	35	20	5	15
19	50	230	0	190	110	38	0	16	21	0	19
20	50	240	70	0	105	39	0	20	22	3	13
21	50	140	140	150	125	50	10	74	8	0	19
22	50	150	120	155	0	50	0	50	9	12	16
23	50	160	160	160	115	40	39	94	10	10	15
24	50	170	0	165	110	45	37	64	11	15	19
25	50	180	180	170	105	55	0	0	12	8	13
26	50	200	90	110	0	0	39	65	15	5	15
27	50	205	0	115	135	35	37	95	16	0	18
28	50	180	70	120	130	45	0	85	0	3	14

### Выводы по практической работе.

Разветвленные RLC цепи переменного тока – основа колебательных контуров, которые используются в радиотехнике и электротехнике. Поэтому необходимо владеть навыками расчета таких цепей.

### Контрольные вопросы:

1. Что понимается под реактивной нагрузкой?



2. Как рассчитывается сопротивление реактивных элементов?
3. Напишите формулу для нахождения полного сопротивления.
4. Какие виды мощности действуют в цепях переменного тока?
5. Как можно вычислить сдвиг фаз между током и напряжением в цепи переменного тока?

### **Практическое занятие № 8**

**Тема:** Исследование явления резонанса токов.

**Цель занятия:** исследовать на практике физические явления, происходящие в цепи переменного тока, рассчитать параметры отдельных элементов электрической цепи. Исследовать явление резонанса токов.

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** собирать электрическую цепь, определять цену деления приборов, измерять ток, напряжение, рассчитывать параметры электрической цепи.

**Материальное обеспечение:**

- Лабораторный стол ЛЭС-5
- Амперметр на 025 А – 3 шт.
- Вольтметр на 60 В.
- Катушка индуктивности
- Магазин емкостей.

**Время работы:** 2 часа.

**Количество учащихся, выполняющих работу:** 2-3 человека.

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.-752с.:ил. (с.154-161)
2. Частоедов А.А. Электротехника. – М.: Высшая школа, 1989. (с. 218-232)
3. Сафонов А.С. Основы Электротехники. – М.: Воениздат, 1961. (с. 100-106)

**Содержание и порядок выполнения работы:**

**Подготовка к работе.**

Повторить теоретический материал:

При параллельном соединении катушки индуктивности и конденсатора, когда их реактивные проводимости оказываются равными друг другу  $b_L = b_C$  наступает явление резонанса токов. Равенство реактивных проводимостей может быть достигнуто изменением емкости, индуктивности или частоты. В данной работе резонанс достигается изменением емкости. Действующее значение тока в неразветвленной цепи определяется выражением

$$I = U \cdot y, \text{ где } y - \text{ полная проводимость цепи.}$$

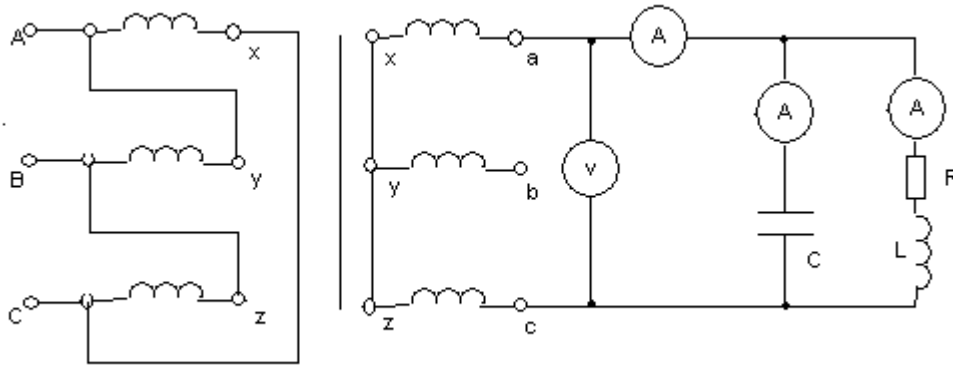
По мере приближения цепи величины емкости к резонансному значению ток емкостной ветви увеличивается и стремится к равенству с током катушки.

Общий ток цепи уменьшается и при резонансе достигает минимального значения, так как при этом реактивная проводимость цепи равна нулю и действует только активная проводимость.

Характерной особенностью рассматриваемой цепи является то, что в ней ток на реактивных участках может превосходить ток в общей части цепи.

**Порядок выполнения работы.**

1. Ознакомиться с типами измерительных приборов и порядком включения в цепь. В форму, предусмотренную отчетом по лабораторной работе, записать технические данные используемых приборов.
2. Собрать электрическую схему опыта и дать ее проверить преподавателю.



Обозначения на рисунке:

- $A_L, A_C, A_0$  - амперметры на 0,25 А  
 $V$  - вольтметр на 60 В  
 $C$  - магазин емкостей  
 $L$  - катушки индуктивности

3. Определите цену деления приборов.

4. Включить цепь и изменять ее емкость магазина от 0 до 32 мкФ через 2 мкФ. При подходе к резонансу емкость изменять через (0,5 + 1) мкФ. Результаты наблюдений записать в таблицу.

№	Измерить					Вычислить													
	C	U	I	$I_L$	$I_C$	$Z_1$	L	$X_L$	$\epsilon_L$	$Z_2$	$\epsilon_C$	$\epsilon$	y	$\cos \varphi$	$\varphi$	P	Q	S	
	мкФ	В	А	А	А	Ом	Гн	Ом	См	Ом	См	См	См	-	градусы	Вт	вар	ВА	

5. По результатам измерений рассчитать:

а) полное сопротивление индуктивной ветви

$$Z_1 = \frac{U}{I_L}$$

б) индуктивность катушки

$$L = \frac{\sqrt{Z_1^2 - R_1^2}}{\omega}$$

где,  $R_1 = \dots$ , Ом – активное сопротивление катушки,

$$\omega = 2\pi f.$$

в) реактивное сопротивление катушки

$$X_L = \omega L = \text{const};$$

г) реактивная проводимость катушки

$$\epsilon_L = \frac{X_L}{R_1^2 + X_L^2}$$

6. Рассчитать для трех случаев: ( $\epsilon_L > \epsilon_c$ ,  $\epsilon_L = \epsilon_c$ ,  $\epsilon_L < \epsilon_c$ )

а) полное сопротивление емкостной ветви

$$Z_2 = \frac{U}{I_c} \approx X_c$$

б) реактивную проводимость емкости

$$\epsilon_c = \frac{X_L}{Z_2^2} \approx \frac{1}{X_c}$$

в) полную реактивную проводимость цепи

$$\epsilon = \epsilon_L - \epsilon_c$$

г) полную проводимость цепи

$$y = \frac{I}{U}$$

д) полную активную проводимость цепи при резонансе

$$y_0 = \frac{I_{рез}}{U}$$

е) косинус угла сдвига фаз в цепи

$$\cos\varphi = \frac{g}{y}$$

ж) угол сдвига фаз цепи

$$\varphi = \arccos \frac{g}{y}$$

з) активную мощность цепи

$$P = U^2 \cdot g$$

и) реактивную мощность цепи

$$Q = U^2 \cdot \epsilon$$

к) полную мощность цепи

$$S = U^2 \cdot y$$

7. По данным измерений построить в общей системе координат графики

$I$ ,  $I_L$ ,  $I_c = f(C)$  и дать анализ кривых

8. Построить в масштабе векторные диаграммы и треугольники проводимостей цепи для случаев:

1.  $\epsilon_L > \epsilon_c$

2.  $\epsilon_L = \epsilon_c$

3.  $\epsilon_L < \epsilon_c$

**Содержание отчета:**

1. Наименование и цель работы.

2. Таблица с данными приборов.
3. Электрическая схема.
4. Таблица наблюдений и вычислений.
5. Графики.
6. Вывод по работе.

**Контрольные вопросы:**

1. Какова цель лабораторной работы?
2. Что называется резонансом токов?
3. Каким образом можно достичь резонанса токов?
4. Каковы характерные особенности проводимостей цепи при резонансе токов?
5. Какую величину имеет коэффициент мощности и угол  $\varphi$  при резонансе токов?
6. Каким образом можно определить на опыте состояние резонанса токов?

**Практическое занятие № 9**

**Тема: Расчет трехфазной цепи.**

**Цель занятия:** закрепить теоретические знания по теме «Трехфазные цепи переменного тока»

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** применять формулы для расчета трехфазных цепей, находить полное сопротивление цепи переменного тока, рассчитывать мощности цепи переменного тока и сдвиг фаз между напряжением и силой тока в цепи переменного тока, строить векторную диаграмму.

**Наглядные пособия, оборудование:** конспект лекций по разделу «Трехфазные цепи переменного тока»; микрокалькулятор; дидактические карточки с заданиями практической работы №5.

**Время работы:** 4 часа.

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.-752с.:ил. (с. 164-182)
2. Частоедов А.А. Электротехника. – М.: Высшая школа, 1989. (с. 246-272)
3. Сафонов А.С. Основы Электротехники. – М.: Воениздат, 1961. (с. 110-120)

**Содержание и порядок выполнения работы:**

**Подготовка к работе.**

Повторить теоретический материал по учебнику или по конспекту лекций.

**Выполнение работы.**

**Пример решения практической работы:**

**Вариант №\_0\_**

В трехфазную сеть включили треугольником несимметричную нагрузку. В фазу АВ – индуктивную катушку с индуктивностью  $L_{AB} = 50$  мГн, резистор с сопротивлением  $R_{AB} = 20$  Ом, конденсатор емкостью  $C_{AB} = 500$  мкФ. В фазу ВС – индуктивную катушку с индуктивностью  $L_{BC} = 60$  мГн, резистор с сопротивлением  $R_{BC} = 15$  Ом, конденсатор емкостью  $C_{BC} = 300$  мкФ. В фазу СА – индуктивную катушку с индуктивностью  $L_{CA} = 40$  мГн, резистор с сопротивлением  $R_{CA} = 20$  Ом, конденсатор емкостью  $C_{CA} = 200$  мкФ. Линейное напряжение  $U_{ном} = 120$  В, частота сети  $f = 50$  Гц.

Определить фазные токи  $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$ , активную, реактивную и полную мощности трехфазной цепи. Расчетное значение округлить до целого числа. Построить векторную диаграмму и по ней определить линейные токи  $I_A, I_B, I_C$ .

**Алгоритм решения задачи:** 1) составляем краткое условие задачи, 2) переводим величины в систему СИ, 3) выбираем формулу для решения задачи, 4) выражаем из формулы требуемую величину, 5) подставляем данные, 6) выполняем расчет, 7) записываем ответ.

$I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}, P, Q, S, ?$	<b>СИ:</b>	<b>Решение:</b>
<p><b>Дано:</b></p> <p><math>U = 120</math> В</p> <p><math>f = 50</math> Гц</p> <p><math>R_{AB} = 20</math> Ом</p> <p><math>R_{BC} = 15</math> Ом</p> <p><math>R_{CA} = 40</math> Ом</p> <p><math>C_{AB} = 500</math> мкФ</p> <p><math>C_{BC} = 300</math> мкФ</p> <p><math>C_{CA} = 200</math> мкФ</p> <p><math>L_{AB} = 50</math> мГн</p> <p><math>L_{BC} = 60</math> мГн</p> <p><math>L_{CA} = 40</math> мГн</p>	<p><math>500 \cdot 10^{-6}</math></p> <p><math>300 \cdot 10^{-6}</math></p> <p><math>200 \cdot 10^{-6}</math></p> <p><math>50 \cdot 10^{-3}</math></p> <p><math>60 \cdot 10^{-3}</math></p> <p><math>40 \cdot 10^{-3}</math></p>	<p>Находим угловую частоту:</p> $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ <p>Находим индуктивные сопротивления:</p> $x_{LAB} = \omega \cdot L_{AB} = 314 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 16 \text{ Ом}$ $x_{LBC} = \omega \cdot L_{BC} = 314 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 19 \text{ Ом}$ $x_{LCA} = \omega \cdot L_{CA} = 314 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 13 \text{ Ом}$ <p>Находим емкостные сопротивления:</p> $x_{CAB} = \frac{1}{\omega \cdot C_{AB}} = \frac{1}{314 \cdot 500 \cdot 10^{-6}} = 6 \text{ Ом}$ $x_{CBC} = \frac{1}{\omega \cdot C_{BC}} = \frac{1}{314 \cdot 300 \cdot 10^{-6}} = 11 \text{ Ом}$ $x_{CCA} = \frac{1}{\omega \cdot C_{CA}} = \frac{1}{314 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} = 16 \text{ Ом}$ <p>Находим полные сопротивления:</p>

$$Z_{AB} = \sqrt{R_{AB}^2 + (x_{LAB} - x_{CAB})^2} = \sqrt{20^2 + (16 - 6)^2} = 22 \text{ Ом}$$

$$Z_{BC} = \sqrt{R_{BC}^2 + (x_{LBC} - x_{CBC})^2} = \sqrt{15^2 + (19 - 11)^2} = 17 \text{ Ом}$$

$$Z_{CA} = \sqrt{R_{CA}^2 + (x_{LCA} - x_{CCA})^2} = \sqrt{40^2 + (13 - 16)^2} = 40,1 \text{ Ом}$$

Углы сдвига фаз:

$$\cos \varphi_{AB} = R_{AB} / Z_{AB} = 20 / 22 = 0,909; \quad \varphi_{AB} = 24^\circ$$

$$\cos \varphi_{BC} = R_{BC} / Z_{BC} = 15 / 17 = 0,882; \quad \varphi_{BC} = 28^\circ$$

$$\cos \varphi_{CA} = R_{CA} / Z_{CA} = 40 / 40,1 = 0,997; \quad \varphi_{CA} = 4^\circ$$

Фазные напряжения при соединении треугольником:

$$U_{\phi} = U_{л} = 220 \text{ В.}$$

Находим фазные токи:

$$I_{AB} = U_{AB} / Z_{AB} = 120 / 22 = 5 \text{ А}$$

$$I_{BC} = U_{BC} / Z_{BC} = 120 / 17 = 7 \text{ А}$$

$$I_{CA} = U_{CA} / Z_{CA} = 120 / 40,1 = 3 \text{ А}$$

Активная мощность фаз:

$$P_{AB} = U_{AB} * I_{AB} * \cos \varphi_{AB} = 120 * 5 * 0,909 = 545 \text{ Вт}$$

$$P_{BC} = U_{BC} * I_{BC} * \cos \varphi_{BC} = 120 * 7 * 0,882 = 741 \text{ Вт}$$

$$P_{CA} = U_{CA} * I_{CA} * \cos \varphi_{CA} = 120 * 3 * 0,997 = 359 \text{ Вт}$$

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 545 + 741 + 359 = 1645 \text{ Вт}$$

Реактивные мощности:

$$Q_{AB} = U_{AB} * I_{AB} * \sin \varphi_{AB} = 120 * 5 * 0,407 = 244 \text{ вар}$$

$$Q_{BC} = U_{BC} * I_{BC} * \sin \varphi_{BC} = 120 * 7 * 0,122 = 102 \text{ вар}$$

$$Q_{CA} = U_{CA} * I_{CA} * \sin \varphi_{CA} = 120 * 3 * 0,052 = 19 \text{ вар}$$

$$Q = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = 244 + 102 + 19 = 365 \text{ вар}$$

Полная мощность трехфазной цепи:

$$S_{AB} = \sqrt{P^2_{AB} + Q^2_{AB}} = \sqrt{297025 + 59536} = 597 \text{ ВА}$$

$$S_{BC} = \sqrt{P_{BC}^2 + Q_{BC}^2} = \sqrt{549081 + 10404} = 748 \text{ VA}$$

$$S_{CA} = \sqrt{P_{CA}^2 + Q_{CA}^2} = \sqrt{128881 + 361} = 360 \text{ VA}$$

$$S = 597 + 748 + 360 = 1705 \text{ VA}$$

Для построения векторной диаграммы выберем масштабы:

$$M_U = 20 \text{ В в } 1 \text{ см} \quad M_I = 1 \text{ А в } 1 \text{ см}$$

Строим в масштабе вектора фазных напряжений, повернутых относительно друг друга на угол  $120^\circ$ .

Строим в масштабе вектора фазных токов:

$$I_{AB} = 5/1 \text{ А/см} = 5 \text{ см}$$

$$I_{BC} = 7/1 \text{ А/см} = 7 \text{ см}$$

$$I_{CA} = 3/1 \text{ А/см} = 3 \text{ см}$$

Вектор  $I_{AB}$  опережает вектор  $U_{AB}$  на угол  $\varphi_{AB} = 24^\circ$ . Вектор  $I_{BC}$  опережает вектор  $U_{BC}$  на угол  $28^\circ$ . Вектор  $I_{CA}$  отстает от вектора  $U_{CA}$  на угол  $\varphi_{CA} = 4^\circ$ . Геометрические суммы векторов фазных токов равны линейным токам:

$$I_A = I_{AB} - I_{BC} \quad I_B = I_{BC} - I_{CA} \quad I_C = I_{CA} - I_{AB}$$

Измеряя длины векторов, находим:

$$I_A = \text{см} * 1 \text{ А/см} = \text{А}$$

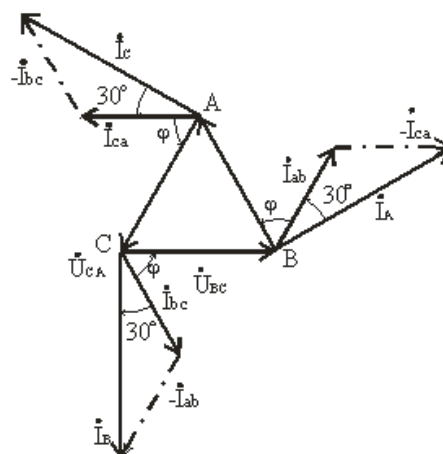
$$I_B = \text{см} * 1 \text{ А/см} = \text{А}$$

$$I_C = \text{см} * 1 \text{ А/см} = \text{А}$$

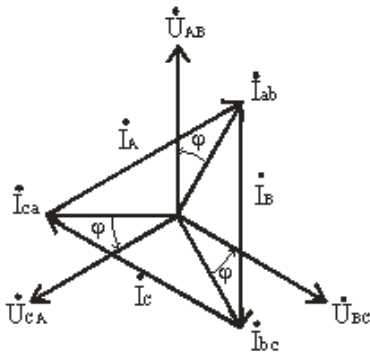
**Ответ:**  $I_{AB} = 11 \text{ А}$ ,  $I_{BC} = 11 \text{ А}$ ,  $I_{CA} = 11 \text{ А}$ ,  $P = 3872 \text{ Вт}$ ,  
 $Q = 4356 \text{ вар}$ ,  $S = 7260 \text{ ВА}$ ,

$$I_A = \text{А}, I_B = \text{А}, I_C = \text{А}.$$

Пример векторных диаграмм:







**Задания для самостоятельной работы:**

Значения данных и дидактическая карточка выбираются в соответствии с номером варианта.

**Вариант №\_1-28**

В трехфазную сеть включили треугольником несимметричную нагрузку. В фазу АВ – индуктивную катушку с индуктивностью  $L_{AB} = \_\_\_ \text{ мГн}$ , резистор с сопротивлением  $R_{AB} = \_\_\_ \text{ Ом}$ , конденсатор емкостью  $C_{AB} = \_\_\_ \text{ мкФ}$ . В фазу ВС – индуктивную катушку с индуктивностью  $L_{BC} = \_\_\_ \text{ мГн}$ , резистор с сопротивлением  $R_{BC} = \_\_\_ \text{ Ом}$ , конденсатор емкостью  $C_{BC} = \_\_\_ \text{ мкФ}$ . В фазу СА – индуктивную катушку с индуктивностью  $L_{CA} = \_\_\_ \text{ мГн}$ , резистор с сопротивлением  $R_{CA} = \_\_\_ \text{ Ом}$ , конденсатор емкостью  $C_{CA} = \_\_\_ \text{ мкФ}$ . Линейное напряжение  $U = \_\_\_ \text{ В}$ , частота сети  $f = \_\_\_ \text{ Гц}$ .

Определить Фазные токи  $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$ , активную, реактивную и полную мощности трехфазной цепи. Расчетное значение округлить до целого числа. Построить векторную диаграмму и по ней определить линейные токи  $I_A, I_B, I_C$ .

Таблица значения данных по вариантам:

№В	f(Гц)	U(В)	L <sub>AB</sub> (мГн)	L <sub>BC</sub> (мГн)	L <sub>CA</sub> (мГн)	C <sub>AB</sub> (мкФ)	C <sub>BC</sub> (мкФ)	C <sub>CA</sub> (мкФ)	R <sub>AB</sub> (Ом)	R <sub>BC</sub> (Ом)	R <sub>CA</sub> (Ом)
1	50	127	200	90	130	50	0	60	10	0	16
2	50	110	0	105	195	50	45	0	4	22	12
3	50	127	100	110	0	40	0	75	5	21	15
4	50	50	0	115	185	45	78	0	6	9	18
5	50	60	0	120	180	55	0	15	7	19	14
6	50	70	140	0	175	65	10	0	8	18	16
7	50	80	120	130	0	70	0	35	9	17	13
8	50	90	160	135	165	0	39	65	10	16	32

9	50	100	0	140	160	80	37	95	11	15	64
10	50	130	180	0	155	40	0	85	12	14	10
11	50	140	0	150	150	20	45	74	13	0	23
12	50	150	200	155	0	30	0	50	14	12	24
13	50	160	210	160	0	0	35	94	15	10	35
14	50	170	0	165	135	35	0	64	16	15	10
15	50	180	110	170	130	45	82	0	0	8	11
16	50	190	0	175	125	88	0	75	18	7	19
17	50	200	115	180	0	75	0	94	19	6	16
18	50	210	90	0	115	64	64	35	20	5	15
19	50	230	0	190	110	38	0	16	21	0	19
20	50	240	70	0	105	39	0	20	22	3	13
21	50	140	140	150	125	50	10	74	8	0	19
22	50	150	120	155	0	50	0	50	9	12	16
23	50	160	160	160	115	40	39	94	10	10	15
24	50	170	0	165	110	45	37	64	11	15	19
25	50	180	180	170	105	55	0	0	12	8	13
26	50	200	90	110	0	0	39	65	15	5	15
27	50	205	0	115	135	35	37	95	16	0	18
28	50	180	70	120	130	45	0	85	0	3	14

### Выводы по практической работе.

Трехфазные цепи широко применяются в электросетях. Чаще всего используются соединения звездой и треугольником. Поэтому необходимо владеть навыками расчета их параметров.

### Контрольные вопросы:

1. Что понимается под реактивной нагрузкой?
2. Как рассчитывается сопротивление реактивных элементов?
3. Напишите формулу для нахождения полного сопротивления.
4. Какие виды мощности действуют в цепях переменного тока?
5. Как можно вычислить сдвиг фаз между током и напряжением в цепи переменного тока?
6. Как соотносятся фазные и линейные токи, напряжения?

### Практическое занятие № 10

**Тема:** Исследование цепи трехфазного тока при соединении потребителей трехфазного тока звездой.

**Цель работы:** Опытная проверка основных соотношений между напряжениями и токами при соединении потребителей звездой.

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** собирать электрическую цепь, определять цену деления приборов, измерять ток, напряжение, рассчитывать параметры электрической цепи.

**Материальное обеспечение:** Работа выполняется на специализированном лабораторном стенде. В работе используется:

- Амперметры на 0,25А ÷ 1А
- Амперметры на 1 ÷ 2А
- Вольтметр на 300 В

**Время работы:** 2 часа.

**Количество учащихся, выполняющих работу:** 2-3 человека.

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.-752с.:ил. (с. 169-178)
2. Частоедов Л.А. «Электротехника»; -М.: «Высшая школа», 1989. стр 254-265.

**Содержание и порядок выполнения работы:**

**Подготовка к работе.**

Повторить теоретический материал:

При подключении потребителей, соединенных звездой, в трехфазную цепь переменного тока соотношение между линейными и фазными токами и напряжениями при равномерной нагрузке фаз

определяется выражениями:  $I_{\phi} = I_{л}; U_{\phi} = \frac{U}{\sqrt{3}}$

При неравномерной нагрузке фаз (без нулевого привода) фазные напряжения в большей степени зависят от распределения нагрузки между фазами: напряжение на фазах с большей нагрузкой (меньшим сопротивлением) понижается, а на фазах с меньшей нагрузкой (большим сопротивлением) – возрастает.

Наличие нулевого провода при неравномерной нагрузке фаз обеспечивает независимость режима работы одной фазы потребителей от другой фазы, т.к. с нулевым проводом обеспечивается симметричность системы при любой нагрузке фаз. Поэтому там, где нагрузка фаз неравномерна (освещение, нагревательные приборы и т.п.), применяется соединение потребителей энергии звездой с нулевым проводом.

Линейные же напряжения при любом распределении нагрузок между фазами сохраняют симметричный характер и остаются постоянными, т.к. мощность генератора значительно больше мощности потребляемой приемниками электроэнергии.

Мощность трехфазного тока определяется:

а) для одной фазы:  $P_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \cos\varphi$  [Вт]

б) для системы с равномерной нагрузкой фаз:  $P = 3P_{\phi} = \sqrt{3} U_{л} \cdot I_{л} \cdot \cos\varphi$

в) для системы с неравномерной нагрузкой фаз:  $P = P_{\phi A} + P_{\phi B} + P_{\phi C}$ , где:

$U_{\phi}$  и  $I_{\phi}$  – соответственно фазное напряжение и ток,

$U_{л}$  и  $I_{л}$  – соответственно линейное напряжение и ток.

### Порядок выполнения работы:

Ознакомиться с типом электроизмерительных приборов и порядком их включения в цепь. В форму, предусмотренную отчетом по лабораторной работе, записать технические данные используемых приборов.

1. Собрать электрическую схему и дать ее проверить преподавателю.

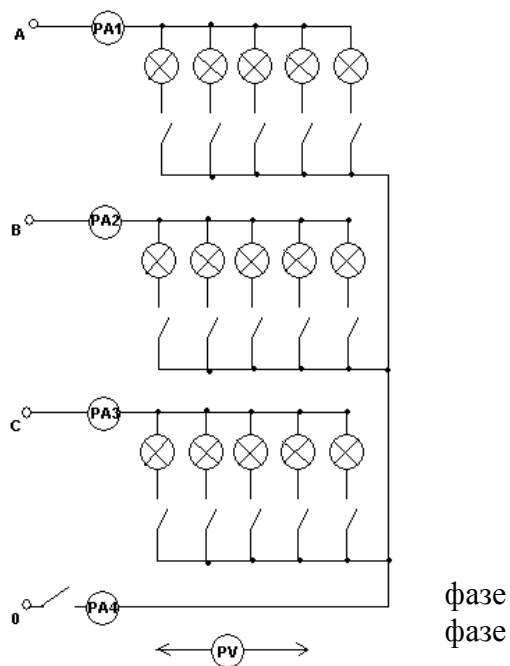
2. После разрешения преподавателя включить схему, измерить токи и напряжения цепи с нулевым проводом (выключатель В-3 замкнут) и без нулевого провода (выключатель разомкнут) в следующих случаях:

а) при одинаковой нагрузке во всех фазах (во всех фазах горит одинаковое количество ламп);

б) при уменьшении нагрузки (увеличении сопротивления) в одной из фаз в равных нагрузках в двух других фазах (в фазе С включены только две лампы, в фазах А и В лампы включены полностью);

в) при неодинаковой нагрузке во всех фазах (в фазе А включены все лампы, в фазе В включены три лампы, в фазе С включены две лампы);

г) при отсутствии нагрузки в одной из фаз и равных нагрузках в двух других фазах (в фазах А и В включены все лампы, в фазе С все лампы выключены);



д) при замыкании накоротко в одной из фаз (только при разомкнутом выключателе В-3 при равных и минимальных нагрузках в двух других фазах: в фазах А и В включено по две лампы, в фазе С зажимы С и Z соединены проводом).

*Внимание:* Опыт пункта «Д» проводится только при разомкнутом выключателе В-3. Невыполнение этого условия может привести к короткому замыканию и выходу прибора из строя.

3. Результаты наблюдений записать в таблицу.

№	Характер нагрузки	Состояние электрической цепи	Измерить										Вычислить							
			I <sub>A</sub>	I <sub>B</sub>	I <sub>C</sub>	U <sub>A</sub>	U <sub>B</sub>	U <sub>C</sub>	U <sub>AB</sub>	U <sub>BC</sub>	U <sub>CA</sub>	I <sub>0</sub>	U <sub>0</sub>	P	P <sub>A</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>C</sub>	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>
			P	P	А	В	В	В	В	В	В	А	В	Вт	Вт	Вт	Вт	Ом	Ом	Ом
1	R <sub>A</sub> = R <sub>B</sub> =R <sub>C</sub>	Выключить S выкл.																		
		рубильник S вкл.																		
2	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> <R <sub>C</sub>	рубильник S выкл.																		
		рубильник S вкл.																		
3	R <sub>A</sub> < R <sub>B</sub> < R <sub>C</sub>	рубильник S выкл.																		
		рубильник S вкл.																		
4	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> R <sub>C</sub> =∞	рубильник S выкл.																		
		рубильник S вкл.																		
5	R <sub>A</sub> =R <sub>B</sub> R <sub>C</sub> =0	рубильник S выкл.																		

4. По результатам измерений рассчитать:

а) фазные сопротивления:  $R_A = \frac{U_A}{I_A}$ ;  $R_B = \frac{U_B}{I_B}$ ;  $R_C = \frac{U_C}{I_C}$ ;

б) мощности, развиваемые в каждой фаз потребителя:  $P_\phi = \frac{U_\phi^2}{R_\phi}$

в) мощность всей системы.

5. Построить в масштабе диаграммы для всех опытов без нулевого провода и для пункта 4 «в» - с нулевым проводом.

6. Сделать вывод по работе: Объяснить роль нулевого провода, указать в каких случаях потребители соединяются звездой.

**Содержание отчета:**

1. Наименование и цель работы.
2. Таблица с данными приборов.
3. Электрическая схема.
4. Таблица наблюдений и вычислений.

5. Диаграммы.

6. Вывод по работе относительно:

а) соотношения между линейными и фазными токами потребителя при симметричной и несимметричной нагрузке;

б) соотношения между фазными и линейными напряжениями;

в) изменения фазных напряжений и токов при изменении сопротивления одной из фаз;

г) влияние обрыва одного линейного провода на режим работы электрической цепи;

д) определения мощности трехфазного потребителя.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое симметричная нагрузка?

2. Какое соотношение между линейными и фазными напряжениями для равномерной нагрузки при соединении звездой.

3. Какое соотношение между токами в линейных и нейтральных проводах?

4. Какую роль играет нейтральный провод?

5. В каком случае напряжение на нейтрали равно нулю?

6. Как можно рассчитать напряжение на нейтральном проводе?

7. По каким формулам можно рассчитать активную, реактивную и полную мощность одной фазы потребителя?

8. По каким формулам можно рассчитать активную мощность при равномерной и неравномерной нагрузке?

## Практическое занятие № 11

**Тема: Исследование цепи трехфазного тока при соединении потребителей трехфазного тока треугольником.**

**Цель работы:** Опытная проверка основных соотношений между напряжениями и токами при соединении потребителей треугольником.

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** собирать электрическую цепь, определять цену деления приборов, измерять ток, напряжение, рассчитывать параметры электрической цепи.

**Материальное обеспечение:** Работа выполняется на специализированном лабораторном стенде. В работе используется:

- Амперметры на 0,25A ÷ 1A
- Амперметры на 1 ÷ 2A
- Вольтметр на 300 В

**Время работы:** 2 часа.

**Количество учащихся, выполняющих работу:** 2-3 человека.

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.-752с.:ил. (с. 169-178)
2. Частоедов Л.А. «Электротехника»; -М.: «Высшая школа», 1989. стр 254-265.

**Содержание и порядок выполнения работы:**

**Подготовка к работе.**

При включении потребителей треугольником в трехфазную цепь обеспечивается почти полная независимость работы фаз друг от друга, т.к. к фазам подводится непосредственно линейные напряжения сети. При большой мощности питающей сети и достаточном сечении питающих проводов эти напряжения можно считать симметричными при всех нагрузках приемников в пределах нормальной. Поэтому даже значительные изменения тока в одной из фаз практически не отражаются на напряжениях и токах других фаз.

Изменение нагрузки в фазе изменяется ток данной фазы и линейные токи в двух прилегающих к данной фазе линейных проводках.

Соотношение между линейными и фазными токами при равномерной нагрузке фаз определяются выражением:  $I_{л} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi}$

Линейные напряжения равны фазным, т.е.  $U_{л} = U_{\phi}$

Сопротивление фазы:  $Z_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{I_{\phi}}$

Активная мощность фазы:  $P_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi$





S3 разомкнут	$R_{AB}=R_{BC}=R_{CA1}$														
	$R_{AB}=R_{BC}; R_{CA1}$														
	$R_{AB}=R_{BC}; R_{CA2}$														
	$R_{AB}=R_{BC}; R_{CA3}$														
	$R_{AB}=R_{BC}; R_{CA4}$														

### Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Таблица с данными приборов.
3. Электрическая схема.
4. Таблица наблюдений и вычислений.
5. Диаграммы.
6. Вывод по работе относительно:
  - а) соотношения между линейными и фазными токами потребителя при симметричной и несимметричной нагрузке;
  - б) соотношения между фазными и линейными напряжениями;
  - в) изменения фазных напряжений и токов при изменении сопротивления одной из фаз;
  - д) определения мощности трехфазного потребителя.

### Контрольные вопросы:

1. Что такое симметричная нагрузка?
2. Какое соотношение между линейными и фазными напряжениями для равномерной нагрузки при соединении треугольником.
3. По каким формулам можно рассчитать активную, реактивную и полную мощность одной фазы потребителя?
4. По каким формулам можно рассчитать активную мощность при равномерной и неравномерной нагрузке?

## Практическое занятие № 12

**Тема: Исследование трансформатора.**

**Цель работы:** Исследовать режим работы однофазного трансформатора.

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** собирать электрическую цепь, определять цену деления приборов, измерять ток, напряжение, использовать однофазный трансформатор.

**Материальное обеспечение:**

- Лабораторный автотрансформатор (ЛАТР).
- Исследуемый однофазный трансформатор.

- Регулируемая нагрузка (реостат на 31 Ом).
- Измерительные приборы:
  - а). амперметр Э514 ( $1 \div 2A$ );
  - б). амперметр Э514; ( $2,5 \div 5A$ );
  - в). вольтметры: Э515 (300 В); Э515 (60 В);
  - г). ваттметр. Д 5004 (1А, 150 В).

**Время работы:** 2 часа.

**Количество учащихся, выполняющих работу:** 2-3 человека.

**Перечень используемой литературы:**

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.-752с.:ил. (с. 182-191)

**Содержание и порядок выполнения работы:**

**Подготовка к работе.**

Трансформаторы – это устройства, преобразующие энергию переменного тока одного напряжения в энергию переменного тока другого напряжения.

В радиотехнических устройствах они используются в качестве силовых трансформаторов в выпрямительных устройствах, выходных – в радиоприемных устройствах, импульсных – в блокинг-генераторах и т.д.

Трансформатор любого назначения и мощности содержит сердечник из магнитомягкого материала, выполняющий роль магнитопривода или несколько вторичных обмоток из изолированного провода. Принцип работы, первичную и одну или несколько вторичных обмоток из изолированного провода. Принцип работы трансформатора рассмотрим на схеме.

При включении рубильника S1 под действием напряжения сети U1 по первичной обмотке трансформатора W1 пройдет переменный ток  $I_{1xx}$  который создаст в сердечнике переменный магнитный поток  $\Phi$ . Пересекая витки вторичной обмотки, он наведет в ней ЭДС индукции E2. Под действием этой ЭДС (при включенном рубильнике S2) в цепи вторичной обмотки W2 пройдет переменный ток I2, который в нагрузке Zп будет выделять определенную энергию. Таким образом, в трансформаторе передача эл. энергии из первичной цепи во вторичную осуществляется посредством магнитного поля.

Трансформатор исследуется в режимах: холостого хода, короткого замыкания и под нагрузкой.

1. В режиме холостого хода  $I_{1xx}$  вторичная обмотка разомкнута, в первичной обмотке наводится ЭДС самоиндукции

$$E_1 = 4,44 \cdot W_2 \cdot \Phi m$$

во вторичной обмотке наводится ЭДС взаимной индукции

$$E_2 = 4,44 \cdot W_1 \cdot \Phi m$$

Мощность, потребляемая трансформатором при холостом ходе, расходуется на потери в стали и в потери меди, но так как ток холостого хода составляет несколько процентов от номинального тока, а потери в меди пропорциональны квадрату тока, то они будут очень малы по сравнению с потерями в стали. Поэтому считают, что мощность при холостом ходе расходуется на потери в стали, т.е.  $P \sim P_{ст}$ .

Таким образом ваттметр, включенный в первичную обмотку при холостом ходе, измерит мощность потерь в стали  $P_{ст}$ .

Режим холостого хода позволяет определить коэффициент трансформации.

$$n = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

2. Для опыта короткого замыкания вторичная обмотка замыкается накоротко проводом очень малого сопротивления. К первичной обмотке подводят такое пониженное напряжение через автотрансформатор (ЛАТР)  $U_1$  кЗ, при котором в цепи первичной обмотки потечет номинальный ток  $I_1$  н. Это напряжение называется напряжением короткого замыкания и составляет (5 ÷ 12%)  $U_1$  н. Измеренная по ваттметру мощность при коротком замыкании равна мощности потерь в меди, т.е.  $P_{к.з.} = P_m$ .

Это объясняется тем, что при коротком замыкании напряжение, подведенное к первичной обмотке, очень мало, магнитная индукция в стали тоже мала и потерями в стали можно пренебречь, по сравнению с потерями в меди.

3. В нагруженном трансформаторе в цепи вторичной обмотки возникает ток  $I_2$ , создающий в сердечнике магнитный поток  $\Phi_2$ , направленный по закону Ленца навстречу вызвавшему по потоку  $\Phi_1$ . При этом результирующий магнитный поток в сердечнике будет  $\Phi_{рез.} = \Phi_1 - \Phi_2$  уменьшается, что приводит к уменьшению  $E_1$  и  $E_2$ .

Уменьшение  $E_1$  вызывает увеличение  $I_1$  в первичной обмотке, так как его величина пропорциональна разности  $U_1 - E_1$ .

Увеличение  $I_1$  вызывает рост магнитного потока  $\Phi_{рез.}$ , а с другой стороны, уменьшение  $E_2$  вызывает уменьшение тока  $I_2$ , а следовательно и уменьшение  $\Phi_2$ , что также приведет к увеличению результирующего потока  $\Phi_{рез.}$

Таким образом, увеличение  $I_2$ , с одной стороны, приводит к уменьшению результирующего магнитного потока  $\Phi_{рез.}$ , а с другой стороны (из-за возрастания  $I_1$  и уменьшения  $E_2$ ) – к его увеличению. Эти процессы происходят одновременно, поэтому

практически результирующий магнитный поток в сердечнике трансформатора не изменится и будет таким же, каким он был в режиме холостого хода.

$$\Phi_{\text{рез.}} = \Phi_1 - \Phi_2 = \text{const}$$

С ростом  $I_2$  внутреннее падение напряжения во вторичной обмотке трансформатора увеличивается, а напряжение на нагрузке уменьшается.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Ознакомится с приборами и оборудованием и записать их основные технические характеристики.

2. Собрать схему испытания трансформатора на холостом ходу и представить ее на проверку преподавателю.

3. После разрешения преподавателя произвести опыт холостого хода ( $S_1$  выключен, а к первичной обмотке подведено напряжение 220В). Измерить  $U_{1\text{хх}}$ ,  $U_{2\text{хх}}$ , мощность холостого хода  $P_{1\text{хх}}$ . Данные записать в таблицу №1. Определить коэффициент трансформации  $n$ .

4. Произвести опыт короткого замыкания для чего:

а) отключить напряжение сети.

б) установить движок автотрансформатора тока, чтобы при включении схемы на вход исследуемого трансформатора подавалось минимальное напряжение (ручка на ЛАТР повернута против часовой стрелки до упора)

в) зажимы вторичной обмотки замкнуть проводником (пунктирная линия на эл.схеме).

г) предъявить схему для проверки преподавателю

д) после проверки разрешения преподавателя включить выключатель «Сеть» и постепенно повышая напряжение, проводимое к первичной обмотке до такого значения при котором в обмотках устанавливаются номинальные токи.  $U_{1\text{кз}} \sim (5 \div 12)\% \times U_{1\text{н}}$ .  $U_{1\text{кз}} \sim 20 \text{ В}$ .

Данные опыта короткого замыкания записать в таблице №1. ( $I_{1\text{кз}}$ ,  $U_{1\text{кз}}$ ,  $P_{1\text{кз}}$ ,  $I_{2\text{кз}}$ ).

5. Собрать схему для исследования трансформатора под нагрузкой. Для чего отсоединить проводник замыкающей накоротко вторичную обмотку трансформатора в режиме КЗ.

При постоянном входном напряжении  $U_1=220 \text{ В}$ , изменяя нагрузку изменим сопротивление реостата от режима холостого хода до 4,5 А измерить  $I_1$ ,  $U_1$ ,  $P_1$ ,  $I_2$ ,  $U_2$ .

Измерения сделать для 4 – 5 значений сопротивлений реостата. Данные записать в таблицу 2.

### **Указания к расчету и оформлению работы:**

1. По данным режима холостого хода определить коэффициент трансформации и построить характеристики холостого хода представляющие зависимости  $I_{1\text{хх}}$  и  $P_{1\text{хх}} = f(U_{1\text{хх}})$ . Величину коэффициента трансформации занести в таблицу №1.

2. Для режима короткого замыкания определить:

а) сопротивление трансформатора в режиме короткого замыкания  $R_{\text{тр}} = \frac{P_{1\text{кз}}}{I_{1\text{кз}}^2}$

б) полное сопротивление  $Z = \frac{U_{1кз}}{I_{1кз}}$

в) реактивное сопротивление  $X_{тр} = \sqrt{Z_{2кз}^2 - R_{mp}^2}$

г) коэффициент мощности при коротком замыкании  $\cos\phi_{кз} = \frac{P_{1кз}}{U_{1кз} \cdot I_{1кз}}$

3. Для режима работы трансформатора под нагрузкой:

а) определить коэффициент загрузки трансформатора  $g = \frac{I_2}{I_2'}$

б) рассчитать КПД трансформатора в зависимости от коэффициента загрузки

$$\eta = \frac{S_n \cdot \beta \cdot \cos\varphi_2}{S_n \cdot \beta \cdot \cos\varphi_2 + P_{cm} + \beta^2 + P_m} \cdot 100\%, \text{ где}$$

$S_n$  – номинальная мощность трансформатора

( $S_n = \dots$  В А), а  $\cos\varphi_2 = 1$ .

в) построить графики зависимостей:

### Содержание отчета:

1. Наименование и цель работы.
2. Таблица с данными приборов.
3. Электрическая схема соединений.
4. Таблицы наблюдений и вычислений.
5. Характеристика  $I_1 \text{ xx} = f(U_1 \text{ xx})$ ,  $P_1 \text{ xx} = f(U_1 \text{ xx})$ ,  $\eta = f(\beta)$  и  $U_2 = f(I_2)$ .
6. Выводы по лабораторной работе.

### Контрольные вопросы:

1. Какие параметры определяются из опыта холостого хода?
2. Как определить полное и активное сопротивление трансформатора?
3. Как определить потери в меди при холостом ходе?
4. От чего зависят потери в стали трансформатора?
5. Какие параметры определяют при опыте короткого замыкания?
6. Почему при опыте К.З. пренебрегают потерями в стали?
7. Из чего состоят полные потери в трансформаторе?
8. Каково условие максимума КПД трансформатора?
9. Почему с увеличением нагрузки растет ток в первичной обмотке?
10. Что называют внешней характеристикой?
11. Чем отличаются внешние характеристики при различных нагрузках?

### Практическое занятие № 13

**Тема:** Исследование работы асинхронного двигателя.

**Цель занятия:** исследовать схемы автоматизированного пуска, торможения и реверсирования асинхронного двигателя.

**Умение и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** собирать электрическую цепь, исследовать асинхронный двигатель..

**Время работы:** 4 часа.

**Количество учащихся, выполняющих работу:** 2-3 человека.

**Перечень используемой литературы:**

Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для студ. средних специальных учебных заведений. – М.: Высш. шк., 1998.-752с.:ил. (с. 222-227)

**Программа работы:**

Пуск асинхронного двигателя: выбор подключения «звезда» или «треугольник», пусковой момент. Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя: изменение скольжения, числа пар полюсов, частоты питающего напряжения. Реверсирование двигателя.

**Задания:**

1. Повторите теоретический материал по учебнику [1].
2. Рассмотреть способы регулирования частоты.
3. Ответить на вопросы карточек № 8.9-8.10 источника литературы [1].

### 3. Критерии и шкала оценивания лабораторной/практической работы

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценки</i>
<i>Отлично</i>	Правильность выполнения задания на лабораторную/практическую работу в соответствии с вариантом; высокая степень усвоения теоретического материала по теме лабораторной/практической работы. Способность продемонстрировать преподавателю навыки работы в инструментальной программной среде, а также применить их к решению типовых задач, отличных от варианта задания. Высокое качество подготовки отчета по лабораторной/практической работе. Правильность и полнота ответов на вопросы преподавателя при защите работы.
<i>Хорошо</i>	Демонстрирует достаточно высокий/выше среднего уровень выполнения задания на лабораторную/практическую работу в соответствии с вариантом и хорошую степень усвоения теоретического материала по теме лабораторной/практической работы. Все требования,

	предъявляемые к работе, выполнены.
<b><i>Удовлетворительно</i></b>	Демонстрирует средний уровень выполнения задания на лабораторную/практическую работу в соответствии с вариантом. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.
<b><i>Неудовлетворительно</i></b>	Демонстрирует низкий/ниже среднего уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены.

**Комплект контрольно-оценочных средств  
промежуточной аттестации<sup>5</sup>**

учебной дисциплины ОПЦ 03 Электроника и электротехника  
наименования

Составитель: Торопова А.И. преподаватель высшей квалификационной  
категории «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»  
Ф.И.О., ученая степень, звание, должность, квалиф. категория

---

<sup>5</sup> оставить необходимое



**ПРОГРАММА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**  
по учебной дисциплине: ОПЦ 03 Электроника и электротехника  
(наименования дисциплины)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Мурманский государственный технический университет»  
структурное подразделение  
«Мурманский морской рыбопромышленный колледж имени И.И. Месяцева»

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник ММРК имени И.И. Месяцева  
ФГАОУ ВО «МГТУ»  
И.В. Артеменко  
«25» мая 2022 года



**ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА**

Дисциплина ОПЦ 03 Электроника и электротехника

Специальность: 26.02.03 Судовождение

курс II семестр III

1. Охарактеризовать электрическое поле. Назвать основное свойство поля.
2. Дать определение величинам, характеризующим электрическое поле
3. Дать формулировку и записать математическое выражение закона Кулона. Что характеризует диэлектрическая проницаемость?
4. Охарактеризовать поведение проводников и диэлектриков в электрическом поле.
5. Охарактеризовать электрическая цепь постоянного тока, ее основные элементы и условные обозначения. Дать определение электрическому току?
6. Дать определение величины и плотности тока. Назвать параметры, по которым выбирают сечение приборов в зависимости от допустимого тока.
7. Объяснить, как определяется направление электрического поля?
8. Дать определение ЭДС, перечислить источники и единицы измерения. Записать формулу напряжение источника и потребителя электрической энергии.
9. Дать формулировку и записать математическое выражение закона Ома для участка цепи и для замкнутой цепи содержащей ЭДС. Объяснить, что называется падением напряжения?

10. Дать определение электрического сопротивления и проводимости. Объяснить, что называется удельным сопротивлением проводника?
11. Объяснить зависимость сопротивления от линейных размеров и от температуры. Дать определение удельного сопротивления проводника?
12. Дать определение электрической работы, мощности и электрического КПД. Назвать виды мощности.
13. Дать определение электрического КПД. Привести примеры повышения КПД.
14. Объяснить процесс преобразование электрической энергии в тепловую. Дать формулировку и записать математическое выражение закона Джоуля-Ленца.
15. Эквивалентные схемы замещения источников энергии.
16. Охарактеризовать режимы работы электрической цепи.
17. Привести пример электрической цепи с несколькими ЭДС. Объяснить принцип построения потенциальной диаграммы.
18. Привести пример последовательное и параллельное соединение потребителей энергии, объяснить расчет эквивалентного сопротивления.
19. Привести пример смешанного соединения потребителей энергии, объяснить расчет эквивалентного сопротивления.
20. Дать формулировку и записать математическое выражение законов Кирхгофа.
21. Объяснить расчет сложной цепи методом составления уравнений по 1-ому и 2-ому законам Кирхгофа.
22. Объяснить расчет сложной цепи методом узлового напряжения и методом наложения.
23. Назвать основные понятия и величины характеризующие магнитное поле.
24. Объяснить процесс намагничивание ферромагнитных материалов. Дать определение магнитного гистерезиса.
25. Охарактеризовать магнитную цепь. Дать формулировку и записать математическое выражение законов Ома и Кирхгофа для магнитной цепи.
26. Объяснить действие магнитного поля на прямолинейный проводник с током.
27. Объяснить явление электромагнитной индукции.
28. Объяснить причины возникновения вихревых токов, в каких случаях это явление может проявить себя как вредное?
29. Объяснить явление самоиндукции.
30. Объяснить явление взаимной индукции ЭДС. Дать определение взаимной индуктивности.
31. Объяснить устройство, принцип действия и основные параметры трансформатора.
32. Дать определение электрической емкости. Какое устройство называют конденсатором?
33. Начертить схему последовательного и параллельного соединения конденсаторов. Объяснить расчет эквивалентной емкости.
34. Объяснить определение эквивалентной емкости при смешанном соединении конденсаторов.
35. Назвать основные понятия, определения и характеристики переменного тока.
36. Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с активным сопротивлением.
37. Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с индуктивностью.
38. Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с емкостью.
39. Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с «R» и «L» .
40. Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с «R» и «C».
41. Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с «R», «L» и «C».
42. Охарактеризовать общий случай последовательного соединения «R» , «L» и «C».
43. Объяснить явление резонанса напряжения.
44. Объяснить расчет разветвленной цепи переменного тока.
45. Объяснить явление резонанса токов.

46. Записать выражение синусоидальных величин комплексными числами.
47. Записать выражение сопротивления, проводимости и мощность в комплексной форме.
48. Дать формулировку и записать математическое выражение законов Ома и Кирхгофа в символической форме.
49. Объяснить расчет цепей переменного тока символическим методом.
50. Охарактеризовать переходные процессы при подключении и отключении цепи содержащей активное сопротивление и индуктивность к источнику с постоянной ЭДС.
51. Охарактеризовать переходные процессы при заряде и разряде конденсатора.
52. Объяснить получение системы трехфазной ЭДС. Привести примеры соединения обмоток генератора.
53. Начертить схему соединения приемников энергии звездой. Объяснить роль нейтрального провода.
54. Начертить схему соединения приемников энергии треугольником при равномерной и неравномерной нагрузке.
55. Записать уравнение мощности трехфазной системы при соединении потребителей звездой и треугольником.
56. Объяснить назначение, устройство, основные параметры и принцип действия трансформатора.
57. Объяснить назначение, устройство и принцип действия коллекторных машин постоянного тока.
58. Объяснить устройство и принцип действия электрических машин переменного тока.
59. Дать определение электрического сопротивления и проводимости. Объяснить, что называется удельным сопротивлением проводника?
60. Дать формулировку и записать математическое выражение закона Ома для участка цепи и для замкнутой цепи содержащей ЭДС. Объяснить, что называется падением напряжения?

Преподаватель

Торопова А.И.

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла  
отделения навигации и связи

протокол №

Председатель \_\_\_\_\_

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи  «___» _____ 20__ г.  Председатель _____  Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b>  <b>№ <u>1</u></b>  Групп М9-СВ Курс 2  Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Охарактеризовать электрическое поле. Назвать основное свойство поля.	
2.	Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с индуктивностью.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)  
«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b>  <b>№ <u>2</u></b>  Групп М9-СВ Курс 2  Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать определение величинам, характеризующим электрическое поле.	
2.	Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с емкостью.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)  
«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 3</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение судов</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать формулировку и математическое выражение закона Кулона. Что характеризует диэлектрическая проницаемость?	
2.	Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с «R» и «L».	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи « ____ » _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>4</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Охарактеризовать поведение проводников и диэлектриков в электрическом поле.	
2.	Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с «R» и «C».	
3	Решить задачу	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 5</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать определение электрического КПД. Привести примеры повышения КПД.	
2.	Объяснить причины возникновения вихревых токов, в каких случаях это явление может проявлять себя как вредное.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи « ____ » _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>6</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Охарактеризовать электрическую цепь постоянного тока, ее основные элементы и условные обозначения. Дать определение электрическому току.	
2.	Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с «R», «L» и «C».	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>7</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать определение величины и плотности тока. Назвать параметры, по которым выбирают сечение проводов в зависимости от допустимого тока.	
2.	Охарактеризовать общий случай последовательного соединения «R», «L» и «C».	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «____» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 8</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Объяснить, как определяется направление электрического поля?	
2.	Объяснить явление резонанса напряжения.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 9</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать определение ЭДС, перечислить источники и назвать единицы измерения. Записать формулу напряжения источника и потребителя электрической энергии.	
2.	Объяснить получение системы трехфазной ЭДС. Привести примеры соединения обмоток генератора.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 10</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать формулировку и записать математическое выражение закона Ома для участка цепи и для замкнутой цепи содержащей ЭДС. Объяснить, что называется падением напряжения?	
2.	Начертить схему соединения приемников энергии звездой. Объяснить роль нейтрального провода.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>11</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать определение электрического сопротивления и проводимости. Объяснить, что называется удельным сопротивлением проводника?	
2.	Начертить схему соединения приемников энергии треугольником при равномерной и неравномерной нагрузке.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>12</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать определение электрической работы, мощности и электрического КПД. Назвать виды мощности.	
2.	Охарактеризовать переходные процессы при заряде и разряде конденсатора.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>13</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Объяснить процесс преобразование электрической энергии в тепловую. Дать формулировку и записать математическое выражение закона Джоуля-Ленца	
2.	Объяснить расчет сложной цепи методом составления уравнений по 1-ому и 2-ому законам Кирхгофа.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 14</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Привести пример смешанного соединения потребителей энергии, объяснить расчет эквивалентного сопротивления.	
2.	Охарактеризовать магнитную цепь. Дать формулировку и записать математическое выражение законов Ома и Кирхгофа для магнитной цепи.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «____» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 15</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Привести пример последовательного и параллельного соединения потребителей энергии, объяснить расчет эквивалентного сопротивления.	
2.	3.	Объяснить устройство и принцип действия электрических машин переменного тока.
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 16</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать формулировку и записать математическое выражение законов Кирхгофа.	
2.	4. Объяснить устройство и принцип действия коллекторных машин постоянного тока.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «____» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>17</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Назвать основные понятия и величины характеризующие магнитное поле.	
2.	Дать формулировку и записать математическое выражение законов Ома и Кирхгофа в символической форме.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>18</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Охарактеризовать режимы работы электрической цепи.	
2.	Объяснить процесс намагничивания ферромагнитных материалов. Дать определение магнитного гистерезиса.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 19</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Объяснить действие магнитного поля на прямолинейный проводник с током.	
2.	Объяснить получение системы трехфазной ЭДС. Соединение обмоток генератора.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>20</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Объяснить явление электромагнитной индукции.	
2.	Объяснить явление резонанса токов.	
3	Решить задачу	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>21</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Объяснить причины возникновения вихревых токов.	
2.	Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с емкостью.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>22</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать характеристику явления электромагнитной индукции.	
2.	Объяснить расчет цепей переменного тока символическим методом.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>23</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Объяснить явление самоиндукции.	
2.	Сформулировать и записать математическое выражение законов Ома и Кирхгофа в комплексной форме.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «____» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 24</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Объяснить явление взаимной индукции ЭДС. Дать определение взаимной индуктивности.	
2.	Записать выражение сопротивления, проводимости и мощность в комплексной форме.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи « ____ » _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b>  <b>№ <u>25</u></b>  Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Объяснить устройство, принцип действия и основные параметры трансформатора.	
2.	Записать выражение синусоидальных величин комплексными числами.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>26</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Дать определение электрической емкости. Какое устройство называют конденсатором?	
2.	Объяснить расчет разветвленной цепи переменного тока.	
3	Решить задачу	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>27</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Начертить схему последовательного и параллельного соединения конденсаторов. Объяснить расчет эквивалентной емкости.	
2.	Объяснить явление резонанса токов.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «___» _____ 20__ г. Председатель Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>28</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Объяснить определение эквивалентной емкости при смешанном соединении конденсаторов.	
2.	Записать уравнение мощности трехфазной системы при соединении потребителей звездой и треугольником.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи «____» _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ 29</b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Основные понятия, определения и характеристики переменного тока.	
2.	Режимы работы электрической цепи.	
3	Задача.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи « ____ » _____ 20__ г. Председатель _____ Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b> <b>№ <u>30</u></b> Групп М9-СВ Курс 2 Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Назвать основные понятия, определения и характеристики переменного тока.	
2.	Привести пример электрической цепи с несколькими ЭДС. Объяснить принцип построения потенциальной диаграммы.	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГАОУ ВО «МГТУ»

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла отделения навигации и связи  « ____ » _____ 20__ г.  Председатель _____  Коношенко Ю.С.	<b>Билет к экзамену</b>  <b>№ <u>31</u></b>  Групп М9-СВ Курс 2  Специальность <u>26.02.03</u> <u>Судовождение</u>	
№	Дисциплина: Электротехника	
1.	Охарактеризовать электрическую цепь переменного тока с активным сопротивлением.	
2.	Объяснить зависимость сопротивления от линейных размеров и от температуры. Дать определение удельного сопротивления проводника?	
3	Решить задачу.	

Преподаватель \_\_\_\_\_ А.И. Торопова

Рассмотрено методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла  
отделения навигации и связи

Председатель \_\_\_\_\_

Коношенко Ю.С.

### 1. Критерии и шкала оценивания ответа обучающегося на экзамене

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценки</i>
<i>Отлично</i>	Обучающийся владеет знаниями и умениями дисциплины в полном объеме рабочей программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы экзаменационного билета, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать, и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное; устанавливать причинно-следственные связи; четко формирует ответы, решает задачи повышенной сложности.
<i>Хорошо</i>	Обучающийся владеет знаниями и умениями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы билета; не всегда выделяет наиболее существенное, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах; умеет решать средней сложности задачи.
<i>Удовлетворительно</i>	Обучающийся владеет обязательным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов. Обучающийся способен решать лишь наиболее легкие задачи, владеет только обязательным минимумом знаний.
<i>Неудовлетворительно</i>	Обучающийся не освоил обязательного минимума знаний по дисциплине, не способен ответить на вопросы билета даже при дополнительных наводящих вопросах экзаменатора.