

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»  
Инженерно-физический факультет высоких технологий

Кафедра радиофизики и электроники

Сабитов О. Ю.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОРАДИОТЕХНИКИ»

Ульяновск 2019

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теоретические основы электротехники» / составитель: О. Ю. Сабитов.- Ульяновск: УлГУ, 2020.

Настоящие методические указания предназначены для студентов специальностей 03.03.02 «Физика» и 03.03.03 «Радиофизика», изучающих дисциплину «Теоретические основы электротехники». В работе приведены литература по дисциплине, основные темы курса и вопросы в рамках каждой темы, рекомендации по изучению теоретического материала, контрольные вопросы для самоконтроля и тесты для самостоятельной работы.

Студентам они будут полезны при подготовке к лабораторным и практическим занятиям, а также к экзамену по данной дисциплине.

Рекомендованы к использованию ученым советом Инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ, протокол №11 от « 18» июня 2019 г.

## 1. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Теоретические основы радиотехники : учеб. пособие / Иванов М. Т., А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. - М.: Высшая школа, 2002. - 306 с.

2. Астайкин, А. И. Теоретические основы радиотехники. Часть первая. Основы теории цепей / А. И. Астайкин, А. П. Помазков ; под редакцией А. И. Астайкин. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2003. — 553 с. — ISBN 5-85165-641-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/60867.html>

3. Астайкин, А. И. Теоретические основы радиотехники. Часть вторая. Основы теории сигналов / А. И. Астайкин, А. П. Помазков ; под редакцией А. И. Астайкин. — Саров : Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2004. — 335 с. — ISBN 5-9515-0018-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/60868.html>

4. Курганов С. А Анализ установившихся режимов линейных электрических цепей, элементов и сигналов с применением системы МАТНСАD : метод. указания / С. А. Курганов, О. Ю. Сабитов. - Ульяновск : УлГУ, 2000. - 50 с. : ил.

## 2.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 1. Электрические сигналы и их характеристики

#### Основные вопросы темы:

1. Классификация электрических сигналов [3, с.13-17].
2. Основные параметры периодических сигналов [3, с.13-17].
3. Основные параметры импульсных сигналов [3, с.13-17].
4. Интегральные характеристики электрических сигналов (коэффициента амплитуды и формы периодического сигнала) [2, с.64-65, 4, с.11].

#### Контрольные вопросы:

1. Классификация электрических сигналов.
2. Интегральные характеристики электрических сигналов.

#### Вопросы для самостоятельной работы:

1. Что такое периодический электрический сигнал?
2. Что такое импульсный электрический сигнал?
3. Дайте определение среднего значения периодического сигнала.

4. Дайте определение действующего значения периодического сигнала.
5. Дайте определение коэффициента амплитуды периодического сигнала.
6. Дайте определение коэффициента формы периодического сигнала.

Тесты для самостоятельной работы:

1. Коэффициентом амплитуды периодического сигнала называется:
  - а) отношение среднего значения к амплитудному
  - б) отношение амплитудного значения к среднему
  - в) отношение среднего значения к действующему
  - г) отношение действующему значения к среднему
  - д) отношение амплитудного значения к действующему
  - е) отношение действующего значения к амплитудному
2. Коэффициентом формы периодического сигнала называется:
  - а) отношение среднего значения к амплитудному
  - б) отношение амплитудного значения к среднему
  - в) отношение среднего значения к действующему
  - г) отношение действующему значения к среднему
3. Коэффициент амплитуды гармонического сигнала равен:
  - а) 3
  - б) 2
  - в)  $\sqrt{3}$
  - г)  $\sqrt{2}$
  - д)  $\sqrt{3}/2$
  - е)  $\sqrt{2}/2$

## **Тема 2. Электрический режим линейных элементов**

### **Основные вопросы темы:**

1. Идеальные пассивные элементы и их основные уравнения [2, с. 40-48, 4, с.12-16].
2. Реальные пассивные элементы и их схемы замещения [2, с.48-49].

Контрольные вопросы:

1. Свойства идеального резистивного элемента
2. Свойства идеального емкостного элемента
3. Свойства идеального индуктивного элемента
4. Свойства идеальной взаимной индуктивности

5. Схема замещения реального резистивного элемента
6. Схема замещения реального емкостного элемента
7. Схема замещения реального индуктивного элемента
8. Схема замещения реальной взаимоиндуктивности

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Написать компонентное уравнение для идеального резистора
2. Написать компонентное уравнение для идеального конденсатора
3. Написать компонентное уравнение для идеальной катушки индуктивности
4. Написать компонентное уравнение для идеальных взаимоиндуктивностей.
5. Нарисовать схему замещения реального резистора.
6. Нарисовать схему замещения реального конденсатора.
7. Нарисовать схему замещения реальной катушки индуктивности.
8. Нарисовать схему замещения реальной взаимоиндуктивности.

Тесты для самостоятельной работы:

1. В идеальном резисторе
  - а) ток по фазе опережает напряжение на  $\pi$
  - б) ток по фазе опережает напряжение на  $\pi/2$
  - в) напряжение по фазе опережает ток на  $\pi$
  - г) напряжение по фазе опережает ток на  $\pi/2$
  - д) определяется условием задачи
  - е) нет правильного ответа
2. В идеальном конденсаторе
  - а) ток по фазе опережает напряжение на  $\pi$
  - б) ток по фазе опережает напряжение на  $\pi/2$
  - в) напряжение по фазе опережает ток на  $\pi$
  - г) напряжение по фазе опережает ток на  $\pi/2$
  - д) определяется условием задачи
3. В идеальной катушке индуктивности
  - а) ток по фазе опережает напряжение на  $\pi$
  - б) ток по фазе опережает напряжение на  $\pi/2$
  - в) напряжение по фазе опережает ток на  $\pi$
  - г) напряжение по фазе опережает ток на  $\pi/2$
  - д) определяется условием задачи
4. В реальном конденсаторе сдвиг фазы между током и напряжением

- а) больше  $\pi/2$ , но меньше  $\pi$
- б) больше  $\pi$ , но меньше  $2\pi$
- в) больше 0, но меньше  $\pi/2$
- г) определяется условием задачи

5. В реальной катушке индуктивности сдвиг фазы между током и напряжением

- а) больше  $\pi/2$ , но меньше  $\pi$
- б) больше  $\pi$ , но меньше  $2\pi$
- в) больше 0, но меньше  $\pi/2$
- г) определяется условием задачи

### **Тема 3. Преобразование электрических цепей и их применение для расчета**

#### **Основные вопросы темы:**

1. Преобразование электрических цепей при последовательном соединении различных элементов [2, с.121-123].
2. Преобразование электрических цепей при параллельном соединении различных элементов [2, с.123-125].
2. Преобразование электрических цепей при смешанном соединении различных элементов [2, с.125-126].

#### Контрольные вопросы:

1. Как изменится сопротивление участка цепи при добавлении последовательно включенного резистора?
2. Как изменится сопротивление участка цепи при добавлении параллельно включенного резистора?
3. Как изменится сопротивление участка цепи при добавлении последовательно включенного конденсатора?
4. Как изменится сопротивление участка цепи при добавлении параллельно включенного конденсатора?

#### Вопросы для самостоятельной работы:

1. Что такое эквивалентное преобразование цепи?
2. В чем заключается параллельное соединение элементов цепи?
3. В чем заключается последовательное соединение элементов цепи?

#### Тесты для самостоятельной работы:

1. Если к резистору подключить последовательно еще резистор, общее сопротивление
  - а) уменьшится
  - б) увеличится
  - в) не изменится
  - г) определяется условием задачи
2. Если к резистору подключить параллельно еще резистор, общее сопротивление
  - а) уменьшится
  - б) увеличится
  - в) не изменится
  - г) определяется условием задачи
3. Если к конденсатору подключить последовательно еще конденсатор, общая емкость
  - а) уменьшится
  - б) увеличится
  - в) не изменится
  - г) определяется условием задачи
4. Если к конденсатору подключить параллельно еще конденсатор, общая емкость
  - а) уменьшится
  - б) увеличится
  - в) не изменится
  - г) определяется условием задачи
5. Если к индуктивности подключить последовательно еще индуктивность, общая индуктивность
  - а) уменьшится
  - б) увеличится
  - в) не изменится
6. Если к индуктивности подключить параллельно еще индуктивность, общая индуктивность
  - а) уменьшится
  - б) увеличится
  - в) не изменится
  - г) определяется условием задачи

## Тема 4. Методы анализа линейных электрических цепей

### Основные вопросы темы:

1. Топологические законы теории электрических цепей. Первый и второй законы Кирхгофа [2, с 159-163].
2. Метод контурных токов [2, с.163-170].
3. Метод узловых напряжений [2, с.170-173].

### Контрольные вопросы:

1. Первый закон Кирхгофа.
2. Второй закон Кирхгофа.
3. Определение количества уравнений по законам Кирхгофа.
4. Сущность метода контурных токов.
5. Анализ цепи методом узловых напряжений.

### Вопросы для самостоятельной работы:

1. Как соотносится количество узлов электрической цепи с количеством уравнений по первому закону Кирхгофа?
2. Как соотносится количество контуров электрической цепи с количеством уравнений по второму закону Кирхгофа?
3. Как соотносится количество уравнений, построенных по методу контурных токов, с количеством уравнений, построенных по законам Кирхгофа?
4. Как соотносится количество уравнений, построенных по методу узловых напряжений, с количеством уравнений, построенных по законам Кирхгофа?

### Тесты для самостоятельной работы:

1. Первый и второй законы Кирхгофа имеют, соответственно, следующий вид

а)  $\sum_{i=1}^n U_i = \sum_{j=0}^m E_j, \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{j=0}^m E_j$

б)  $\sum_{i=1}^n U_i = \sum_{j=0}^m E_j, \sum_{i=1}^n I_i = 0$

в)  $\sum_{i=1}^n I_i = 0, \sum_{i=1}^n U_i = \sum_{j=0}^m E_j$

г) нет правильного ответа

2. Для электрической цепи количество уравнений по методу контурных токов  
а) больше, чем по законам Кирхгофа

- б) меньше, чем по законам Кирхгофа
  - в) такое же, как по законам Кирхгофа
  - г) зависит от конкретной цепи
3. Для электрической цепи количество уравнений по методу узловых напряжений
- а) больше, чем по законам Кирхгофа
  - б) меньше, чем по законам Кирхгофа
  - в) такое же, как по законам Кирхгофа
  - г) зависит от конкретной цепи

## **Тема 5. Анализ линейных электрических цепей при постоянном воздействии**

### **Основные вопросы темы:**

1. Анализ линейных электрических цепей при постоянном воздействии [4, с.17-22].
2. Схема замещения линейных электрических цепей при постоянном воздействии [4, с.17-22].

### Контрольные вопросы:

1. Принцип построения схемы замещения по постоянному воздействию.
2. Свойства активного сопротивления в цепи при постоянном воздействии.
3. Свойства реактивных элементов в цепи при постоянном воздействии.

### Вопросы для самостоятельной работы:

1. Каким свойством обладает схема замещения цепи по постоянному воздействию?
2. Что представляет собой конденсатор в схеме замещения по постоянному воздействию?
3. Что представляет собой индуктивность в схеме замещения по постоянному воздействию?
4. В чем заключается анализ цепи при постоянном воздействии?

### Тесты для самостоятельной работы:

1. Емкостное сопротивление конденсатора в цепи при постоянном воздействии равно
  - а)  $1/i\omega C$

б) 0

в)  $\infty$

г)  $i\omega C$

2. Индуктивное сопротивление катушки в цепи при постоянном воздействии равно

а)  $1/i\omega L$

б) 0

в)  $\infty$

г)  $i\omega L$

## **Тема 6. Анализ линейных электрических цепей при гармоническом воздействии**

### **Основные вопросы темы:**

1. Анализ линейных электрических цепей при гармоническом воздействии [2, с.58-66].
2. Уравнения и законы электрических цепей при гармоническом воздействии [2, с.79-81].
3. Свойства элементов цепи при гармоническом воздействии [2, с.81-113].
4. Метод комплексных амплитуд [2, с.67-79].

### **Контрольные вопросы:**

1. Охарактеризуйте свойства резистора в цепи при гармоническом воздействии.
2. Охарактеризуйте свойства конденсатора в цепи при гармоническом воздействии.
3. Охарактеризуйте свойства индуктивности в цепи при гармоническом воздействии.
4. Что представляет собой комплексная схема замещения?

### **Вопросы для самостоятельной работы:**

1. Каким свойством обладает схема замещения цепи по гармоническому воздействию воздействию?
2. Что представляет собой конденсатор в схеме замещения по гармоническому воздействию?
3. Что представляет собой индуктивность в схеме замещения по гармоническому воздействию?

4. В чем заключается метод комплексных амплитуд анализа цепи при гармоническом воздействии?

Тесты для самостоятельной работы:

1. Емкостное сопротивление конденсатора в цепи при гармоническом воздействии равно

а)  $1/i\omega C$

б) 0

в)  $\infty$

г)  $i\omega C$

2. Индуктивное сопротивление катушки в цепи при гармоническом воздействии равно

а)  $1/i\omega L$

б) 0

в)  $\infty$

г)  $i\omega L$

## **Тема 7. Анализ цепей, содержащих взаимноиндуктивности**

### **Основные вопросы темы:**

1. Понятие взаимноиндуктивности [2, с.142-145].

2. Коэффициент взаимоиндукции [2, с.145].

3. Методы анализа цепей, содержащих взаимноиндуктивности [2, с.145-148].

Контрольные вопросы:

1. Цепи со взаимноиндуктивностями.

2. Согласное и встречное включение взаимосвязанных индуктивностей.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. От чего зависит коэффициент взаимоиндукции?

2. В чем отличие встречного и согласного включения индуктивно связанных катушек?

Тесты для самостоятельной работы:

1. Согласное соединение взаимноиндуктивностей изменили на встречное. Как при этом изменилось полное сопротивление?

а) не изменилось

б) увеличилось

в) уменьшилось

г) зависит от условия задачи

2 . Встречное соединение взаимоиндуктивностей изменили на согласное. Как при этом изменилось полное сопротивление?

а) не изменилось

б) увеличилось

в) уменьшилось

3 . При увеличении частоты напряжения сопротивление встречно соединенных взаимоиндуктивностей

а) не изменилось

б) увеличилось

в) уменьшилось

г) зависит от условия задачи

4 . При уменьшении частоты напряжения сопротивление согласно соединенных взаимоиндуктивностей

а) не изменилось

б) увеличилось

в) уменьшилось

г) зависит от условия задачи

## **Тема 8. Анализ цепей, содержащих зависимые источники**

### **Основные вопросы темы:**

1. Расчет цепей, содержащих зависимые источники энергии [4, с.41-43].

2. Идеальные зависимые источники тока.

3 . Идеальные зависимые источники напряжения [4, с.44].

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте идеальный источник тока управляемый током (ИТУТ)?

2. Охарактеризуйте идеальный источник тока управляемый напряжением (ИТУН)?

3. Охарактеризуйте идеальный источник напряжения управляемый током (ИНУТ)?

4. Охарактеризуйте идеальный источник напряжения управляемый напряжением (ИНУН)?

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Каким параметром характеризуется идеальный источник тока управляемый током (ИТУТ)?
2. Каким параметром характеризуется идеальный источник тока управляемый напряжением (ИТУН)?
3. Каким параметром характеризуется идеальный источник напряжения управляемый током (ИНУТ)?
4. Каким параметром характеризуется идеальный источник напряжения управляемый напряжением (ИНУН)?

Тесты для самостоятельной работы:

1. Для ИТУТ характерным параметром является
  - а) коэффициент преобразования тока в напряжение
  - б) коэффициент преобразования напряжения в ток
  - в) коэффициент передачи тока**
  - г) коэффициент передачи напряжения
2. Для ИТУН характерным параметром является
  - а) коэффициент преобразования тока в напряжение
  - б) коэффициент преобразования напряжения в ток**
  - в) коэффициент передачи тока
  - г) коэффициент передачи напряжения
3. Для ИНУТ характерным параметром является
  - а) коэффициент преобразования тока в напряжение**
  - б) коэффициент преобразования напряжения в ток
  - в) коэффициент передачи тока
  - г) коэффициент передачи напряжения
4. Для ИНУН характерным параметром является
  - а) коэффициент преобразования тока в напряжение
  - б) коэффициент преобразования напряжения в ток
  - в) коэффициент передачи тока
  - г) коэффициент передачи напряжения**

## Тема 9. Схемные функции цепей

### Основные вопросы темы:

1. Входные и передаточные функции электрических цепей [3, с.186].
2. Комплексная частотная функция [3, с.186-187].
3. Частотные зависимости входных и передаточных функций [3, с.188-190].

4. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики [3, с.188-190].

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой входная функция электрической цепи?
2. Что представляет собой передаточная функция электрической цепи?
3. Как определяется частотная функция входного сопротивления электрической цепи?
4. Как определяется частотная функция коэффициента передачи по напряжению электрической цепи?
5. Как выглядит АЧХ R, L, C элементов?
6. Как выглядит ФЧХ R, L, C элементов?

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Как определяется функция АЧХ?
2. Как определяется функция ФЧХ?

Тесты для самостоятельной работы:

1. АЧХ представляет собой зависимость
  - а) частоты от фазы
  - б) фазы от частоты
  - в) частоты от амплитуды
  - г) амплитуды от частоты
1. ФЧХ представляет собой зависимость
  - а) частоты от фазы
  - б) фазы от частоты
  - в) частоты от амплитуды
  - г) амплитуды от частоты

## **Тема 10. Резонанс в электрических цепях**

### **Основные вопросы темы:**

1. Резонанс в электромагнитных системах [3, с.190-193].
2. Последовательный колебательный контур. Условие резонанса последовательного колебательного контура. АЧХ и ФЧХ входного сопротивления и коэффициента передачи напряжения последовательного колебательного контура. Добротность [3, с.193-208].
3. Параллельный колебательный контур. Условие резонанса параллельного колебательного контура. АЧХ и ФЧХ входной проводимости и

коэффициента передачи тока параллельного колебательного контура. Добротность [3, с.208-223].

Контрольные вопросы:

1. Резонанс в электрических цепях.
2. Условие резонанса в последовательном колебательном контуре.
3. Условие резонанса в параллельном колебательном контуре.
4. Входные и передаточные функции последовательного колебательного контура.
5. Входные и передаточные функции параллельного колебательного контура. Параметры, характеризующие потери в колебательном контуре.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Чему равна фаза входного сопротивления последовательного контура на резонансной частоте?
2. Чему равна входная проводимость параллельного контура на резонансной частоте?
3. Что характеризует добротность контура?
4. От чего зависит полоса пропускания колебательного контура?

Тесты для самостоятельной работы:

1. В последовательном колебательном контуре может испытать резонанс
  - а) ток
  - б) напряжение
  - в) сопротивление
  - г) частота
2. В параллельном колебательном контуре может испытать резонанс
  - а) ток
  - б) напряжение
  - в) сопротивление
  - г) частота
3. Условием резонанса в последовательном колебательном контуре является
  - а) максимум входного сопротивления
  - б) максимум выходного сопротивления
  - в) минимум входного сопротивления
  - г) минимум выходного сопротивления
4. Условием резонанса в параллельном колебательном контуре является

- а) максимум входного сопротивления
  - б) максимум выходного сопротивления
  - в) минимум входного сопротивления
  - г) минимум выходного сопротивления
5. Добротность идеального колебательного контура равна
- а) конечной величине
  - б) 0
  - в)  $\infty$
  - г) зависит от типа контура
6. Полоса пропускания идеального колебательного контура равна
- а) конечной величине
  - б) 0
  - в)  $\infty$
  - г) зависит от типа контура

## **Тема 11. Анализ нелинейных цепей при постоянном воздействии**

### **Основные вопросы темы:**

1. Понятие нелинейного элемента [3, с.393-397].
2. Построение схем замещения нелинейных цепей. Аппроксимация вольт-амперной характеристики нелинейного резистора [3, с.398-402].
3. Расчет нелинейных схем замещения [3, с.402-408].

### Контрольные вопросы:

1. Общая характеристика нелинейных электрических цепей.
2. Аппроксимация характеристик нелинейного резистора.
3. Построение схем замещения нелинейных цепей.
4. Расчет нелинейных схем замещения.
5. Графический метод анализа нелинейных цепей.

### Вопросы для самостоятельной работы:

1. Что такое нелинейный резистивный элемент?
2. Как определить статическое сопротивление нелинейного элемента?
3. Как определить дифференциальное сопротивление нелинейного элемента?
4. В чем заключается графический метод нелинейных цепей?

### Тесты для самостоятельной работы:

1. Нелинейным элементом является

а) резистор

б) конденсатор

в) диод

г) катушка индуктивности

2. Статическое сопротивление нелинейного элемента в некоторой точке ВАХ, для которой  $U=U_0$ ,  $I=I_0$  определяется выражением

а)  $I_0/U_0$

б)  $I_0^2/U_0$

в)  $U_0/I_0$

г)  $U_0^2/I_0$

3. Дифференциальное сопротивление нелинейного элемента в некоторой точке ВАХ зависимости  $I(U)$ , для которой касательная имеет угол наклона  $\varphi$ , определяется выражением

а)  $\sin\varphi$

б)  $\cos\varphi$

в)  $\operatorname{tg}\varphi$

г)  $\operatorname{ctg}\varphi$

4. При последовательном соединении нелинейных элементов графический анализ предполагает сложение ВАХ исходных элементов по

а) напряжению

б) току

в) сопротивлению

г) проводимости

5. При параллельном соединении нелинейных элементов графический анализ предполагает сложение ВАХ исходных элементов по

а) напряжению

б) току

в) сопротивлению

г) проводимости

## **Тема 12. Анализ нелинейных цепей при гармоническом воздействии**

### **Основные вопросы темы:**

1. Расчет нелинейных резистивных цепей при гармоническом воздействии [3, с.409-411].

2. Малосигнальный режим анализа нелинейных цепей при гармоническом воздействии. Границы применимости малосигнального режима [3, с.412].

3 . Понятие большого сигнала при анализе нелинейных цепей при гармоническом воздействии [3, с.412-415].

Контрольные вопросы:

1. Понятие малого и большого сигнала при анализе нелинейных цепей при гармоническом воздействии.
- 2 . Методы аппроксимации нелинейных ВАХ.

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Что такое малосигнальный режим анализа нелинейных цепей при гармоническом воздействии?
2. Какие существуют методы расчета нелинейных электрических цепей?
3. Как определить статическое сопротивление нелинейного резистивного элемента?
4. Какие существуют способы аппроксимации нелинейных ВАХ?

Тесты для самостоятельной работы:

1. Малосигнальный режим при анализе нелинейных цепей при гармоническом воздействии используется для
  - а) квадратичной аппроксимации
  - б) экспоненциальной аппроксимации
  - в) линейной аппроксимации
  - г) логарифмической аппроксимации
2. Статический анализ нелинейной цепи предусматривает использование следующей схемы замещения
  - а) операторной
  - б) комплексной
  - в) по постоянному току
  - г) коммутационной