

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н. И. Лобачевского»

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 г. № 6

## Рабочая программа дисциплины

«Методы анализа радиотехнических цепей»

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Информационные системы и технологии

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

Бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород  
2023 г.

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Данная дисциплина относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины по выбору» в 6 семестре 3 года обучения.

### Целями освоения дисциплины являются:

- обучение студентов методам анализа радиотехнических цепей;
- подготовка специалистов к практическому применению полученных знаний, их использованию в теоретической и экспериментальной работе в области радиофизики;
- получение практических навыков анализа радиотехнических цепей.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-2 (этап освоения базовый)	У1 (ПК-2) Уметь понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат по методам анализа радиотехнических цепей. У2 (ПК-2) Уметь применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования по методам анализа радиотехнических цепей.  31 (ПК-2) Знать фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области методов анализа радиотехнических цепей. 32 (ПК-2) Знать электронные библиотеки и коллекции, сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий в области методов анализа радиотехнических цепей.

## 3. Структура и содержание дисциплины «Методы анализа радиотехнических цепей»

*Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.*

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачётных единицы, всего 72 часа, из которых 32 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа), 39 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, 1 час составляет контроль самостоятельной работы.

## **Содержание дисциплины**

*(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)*

### **Тема 1. Идеализированные элементы, основные законы, преобразования схем радиотехнических цепей**

Резистор, индуктивность, емкость. Модели реальных резисторов, катушек индуктивностей и конденсаторов в виде соединения идеализированных элементов. Идеальные источники напряжения и тока. Зависимые источники. Модели транзисторов и радиоламп. Первый закон Кирхгофа (ЗТК). Второй закон Кирхгофа (ЗНК). Независимые уравнения ЗТК и ЗНК. Метод токов элементов. Преобразования схем электрических цепей. Эквивалентные источники напряжения и тока. Перенос источников напряжения и тока. Преобразование схемы треугольника в эквивалентную звезду и наоборот. Теорема Тевенина. Теорема Нортона. Решение задач с помощью теорем Тевенина и Нортона.

### **Тема 2. Топологический анализ электрических цепей**

Граф электрической цепи. Связный и несвязный граф. Дерево графа. Топологические матрицы. Правило построения независимых контуров. Матрица инцидентий и ее свойства. Первый закон Кирхгофа с использованием матрицы инцидентий. Сечения. Независимые сечения и правило их построения. Матрица сечений. Первый закон Кирхгофа с использованием матрицы сечений. Первое топологическое уравнение. Матрица контуров. Второй закон Кирхгофа в матричной форме. Правило построения основных контуров. Связь между топологическими матрицами. Связь между напряжениями ветвей графа и напряжениями ветвей дерева. Второе топологическое уравнение. Компонентные уравнения для линейной цепи в интегро-дифференциальной форме. Компонентные уравнения линейной цепи в синусоидальном установившемся режиме. Матрицы сопротивлений и проводимостей ветвей для схем с зависимыми источниками и схем с взаимдукцией.

### **Тема 3. Метод контурных токов**

Связь между токами в ветвях и контурными токами в матричной форме. Система контурных уравнений с использованием матрицы контуров. Матрица сопротивлений цепи и ее свойства для схем без зависимых источников. Правило составления контурных уравнений по внешнему виду электрической цепи. Решение системы контурных уравнений в синусоидальном установившемся режиме. Составление контурных уравнений для цепей с зависимыми источниками. Решение интегро-дифференциальных контурных уравнений при помощи преобразования Лапласа. Решение задач методом контурных токов.

### **Тема 4. Метод узловых потенциалов**

Связь между потенциалами в узлах и напряжениями в ветвях в матричной форме. Узловые уравнения с использованием матрицы инцидентий. Матрица проводимости электрической цепи и ее свойства. Правило составления узловых уравнений по внешнему виду цепи. Узловые уравнения для цепей с зависимыми источниками. Решение задач методом узловых потенциалов. Сравнение методов контурных токов и узловых потенциалов.

### **Тема 5. Уравнения электрической цепи в пространстве состояний**

Уравнения в пространстве состояний как основа современного машинного анализа электронных схем. Определение состояния. Переменные состояния. Общий вид уравнений состояния для нелинейной и линейной цепи в нормальной форме Коши. Примеры составления уравнений состояния для простых цепей. Алгоритм составления уравнений состояния для линейных цепей без зависимых источников. Примеры использования алгоритма для расчета электрических цепей. Алгоритм формирования уравнений состояния для линейных цепей с зависимыми источниками. Составление уравнений состояния для линейных параметрических цепей. Уравнения состояния для нелинейных цепей, особенности выбора переменных состояния. Примеры составления уравнений для нелинейных цепей. Решение уравнений в пространстве состояния на ЭВМ во временной области при произвольном входном воздействии. Разностные уравнения. Матричная экспонента.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)			В том числе														
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы												Самостоятельная работа обучающегося, часы		
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего					
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная
Тема 1. Идеализированные элементы, основные законы, преобразования схем радиотехнических цепей	13			6								6			7			
Тема 2. Топологический анализ электрических цепей	14			6								6			8			
Тема 3. Метод контурных токов	14			6								6			8			
Тема 4. Метод узловых потенциалов	14			6								6			8			
Тема 5. Уравнения электрической цепи в пространстве состояний	16			8								8			8			
В т.ч. текущий контроль	1			1								1						
Промежуточная аттестация - зачет																		

#### 4. Образовательные технологии

Аудиторные лекционные занятия, использование мультимедийного проектора, разбор конкретных радиотехнических цепей.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью учебной литературы и контролируется на зачёте.

Рекомендуемая литература:

- 1) Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи. Атабеков Г. И. Изд. Лань, 2009, 592 с.
- 2) Теория линейных электрических цепей. Белецкий А. Ф. Изд. Лань, 2009, 544 с.
- 3) Основы теории цепей: Учебное пособие для вузов. Бакалов В. П., Дмитриков В. Ф., Крук Б. И., Изд. Горячая линия-Телеком, 2013, 596 с.
- 4) Теория электрических цепей. Учебник. Батура М. П., Кузнецов А. П., Курулев А. П., Изд.

Минск: Высшая школа, 2007, 608 с.

5) Теория электрических цепей. Соболев В. Н. Изд. Горячая линия-Телеком, 2014, 502 с.

6) Теория радиотехнических цепей. Часть 1. Зернов Н. В., Карпов В. Г. Изд. «Энергия», 1965, 892 с.

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

### 6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы

Дисциплина «Методы анализа радиотехнических цепей» участвует в формировании компетенций ПК-2. Формирование компетенций распределено по всем разделам лекций. В результате обучающийся приобретает способность:

- использовать модели идеализированных элементов радиотехнических цепей, законы Кирхгофа, методы преобразования схем, основы топологического анализа электрических цепей, методы контурного и узлового анализа, метод уравнений в пространстве состояний;
- уметь анализировать и математически описывать радиотехнические цепи;
- владеть представлением об основах теории электрических цепей, навыки составления и решения уравнений по разделам курса.

Компетенции ПК-2 формируются также в ходе лекций. Заключительная оценка качества формирования компетенций происходит по итоговому «зачтено» или «не зачтено».

Оценка сформированности компетенций происходит в соответствии с таблицей индикаторов.

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	хорошо	Очень хорошо	отлично	Превосходно
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний из-за отказа от	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов.
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможно оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.2. Описание шкал оценивания

Зачтено	Ставится, если студент после подготовки с использованием конспектов лекций даёт исчерпывающий ответ на один контрольный вопрос с небольшими ошибками, либо даёт ответ на один или два контрольных вопроса с 3-4 значительными ошибками.
Не зачтено	Ставится, если есть слабые знания по контрольным вопросам, или если отсутствуют знания по всем вопросам.

## 6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

– письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

– практические контрольные задания.

Курсовые работы не предусмотрены.

## 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

- 1) Что такое идеализированные пассивные и активные элементы электрических цепей? Существуют ли в физическом мире точные аналоги идеализированных элементов?
- 2) Почему идеализированные источники напряжения и тока можно рассматривать как источники бесконечно большой мощности?
- 3) Что такое зависимые источники напряжения и тока? Как представить транзистор (радиолампу) эквивалентной схемой с зависимым источником?
- 4) Как пересчитать источник напряжения в эквивалентный ему источник тока (и наоборот)?
- 5) При каком условии источники тока и напряжения считаются эквивалентными?
- 6) Сформулировать теорему Тевенина и теорему Нортона.
- 7) Нарисовать эквивалентную схему Тевенина.
- 8) Нарисовать эквивалентную схему Нортона.
- 9) Какие ограничения накладываются на применение теорем Тевенина и Нортона?
- 10) Записать в аналитическом виде 1-й и 2-й законы Кирхгофа.
- 11) Сформулировать правило выбора независимых контуров.
- 12) Сформулировать правило составления контурных уравнений. Записать для синусоидального установившегося режима систему контурных уравнений для произвольной линейной электрической цепи.
- 13) Записать систему контурных уравнений в матричном виде. Пояснить физический смысл элементов матриц.
- 14) Какова особенность составления контурных уравнений для электрических цепей, содержащих источники тока с бесконечно большим внутренним сопротивлением?
- 15) Как составляются контурные уравнения при наличии в схеме зависимых источников?
- 16) Как составляются контурные уравнения во временной области?
- 17) Записать систему узловых уравнений в алгебраическом виде для синусоидального установившегося режима для произвольной электрической цепи.
- 18) Записать систему узловых уравнений в матричном виде. Пояснить физический смысл элементов матриц.

- 19) Какова особенность составления узловых уравнений для электрических цепей, содержащих источники напряжения с нулевым внутренним сопротивлением?
- 20) Как составляются узловые уравнения при наличии в схеме зависимых источников?
- 21) Когда при расчёте электрической цепи удобнее использовать метод контурных токов, а когда – метод узловых потенциалов?

## **6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания, включают:

- Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Методы анализа радиотехнических цепей»,
  - Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций,
  - Вопросы к зачёту по дисциплине «Методы анализа радиотехнических цепей»,
  - Задания и задачи, выносимые на зачёт,
- И приведены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

а) основная литература:

- Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи. Атабеков Г. И. Изд. Лань, 2009, 592 с.
- Теория линейных электрических цепей. Белецкий А. Ф. Изд. Лань, 2009, 544 с.
- Основы теории цепей: Учебное пособие для вузов. Бакалов В. П., Дмитриков В. Ф., Крук Б. И., Изд. Горячая линия-Телеком, 2013, 596 с.(10)

б) дополнительная литература:

- Теория электрических цепей. Учебник. Батура М. П., Кузнецов А. П., Курулев А. П., Изд. Минск: Вышэйшая школа, 2007, 608 с.
- Теория электрических цепей. Соболев В. Н. Изд. Горячая линия-Телеком, 2014, 502 с.
- Теория радиотехнических цепей. Часть 1. Зернов Н. В., Карпов В. Г. Изд. «Энергия», 1965, 892 с.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- мультимедийный проектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению «Фундаментальная информатика и информационные технологии», профиль «Информационные системы и технологии».

Автор \_\_\_\_\_ Савельев Д. В.

Рецензент \_\_\_\_\_ Жуков С.Н.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Фитасов Е. С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от 25 мая 2023, протокол № 04/23.