

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

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

Рабочая программа дисциплины

Теория электрических 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)

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 год

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Данная дисциплина относится к вариативной части ОПОП и обязательна для освоения в 4 и 5 семестрах.

Целями освоения дисциплины являются:

научить студентов методам теоретического анализа и основам синтеза радиотехнических сигналов различного назначения и, в первую очередь, используемых в технике связи.

научить студентов методам теоретического анализа, экспериментального исследования и основам синтеза электрических цепей различного назначения и, в первую очередь, используемых в технике связи.

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

Формируемые компетенции (Код компетенции, этап формирования)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-5. Способен использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий. (этап формирования базовый)	31 (ПК-5) Знать: основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями 32 (ПК-5). Знать принципы моделирования, классификацию способов представления моделей; приемы, методы, способы формализации объектов, процессов, явлений и реализации их на компьютере; достоинства и недостатки различных способов представления моделей; алгоритмы фиксации и обработки результатов моделирования; способы планирования машинных экспериментов с моделями. У1 (ПК-5). Уметь: использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями У2 (ПК-5). Уметь представить модель в математическом и алгоритмическом виде; оценить качество модели; показать теоретические основания модели; проводить статистическое моделирование; моделировать процессы, протекающие в информационных и физических системах. В1 (ПК-5). Владеть: способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями. В2 (ПК-5). Владеть навыками применения современных компьютерных технологий для решения научно-исследовательских и производственно-технологических задач профессиональной деятельности; приёмами построения компьютерных моделей реальных объектов; навыками построения имитационных моделей информационных процессов и программирования в системах моделирования.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины (модуля) составляет 7 зачетных единиц, всего 252 часа, из которых 169 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (64 часа занятия лекционного типа, 32 часа занятия семинарского типа, 16 часов лабораторных работ, 3 часа контроля самостоятельной работы, 54 часа экзамен), 83 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	В том числе														
	Всего (часы)			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них										Самостоятельная работа обучающегося, часы	
				Лекционного Занятия			Семинарского Занятия			Лабораторного Занятия			Всего		
	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное
Тема 1. Спектральный анализ периодических сигналов.	50			13			6			3			22		16
Тема 2. Спектральный анализ непериодических сигналов	50			13			6			3			22		16
Тема 3. Методы анализа линейных цепей	52			13			8			3			24		16
Тема 4. Нелинейные устройства	50			13			6			3			22		16
Тема 5. Компоненты приёмно-передающих устройств	50			12			6			4			22		19
В т.ч.текущий контроль	3														
Промежуточная аттестация — зачёт в 4 семестре, экзамен в 5 семестре															

4. Образовательные технологии

4.1 Чтение лекций, освоение теоретической части курса (70 часов).

4.2 Проведение семинарских занятий по решению задач, проверка и обсуждение домашних заданий, работа над ошибками студентов (36 часов).

4.3 Лабораторные работы (17 часов), получение студентом допуска к лабораторной работе, сдача теоретического минимума, сдача отчета по лабораторной работе. Индивидуальные консультации с преподавателем (24 часа)

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

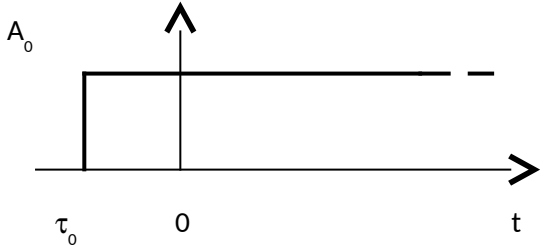
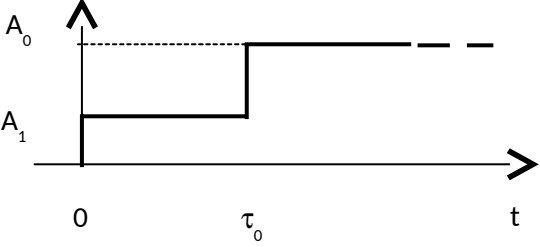
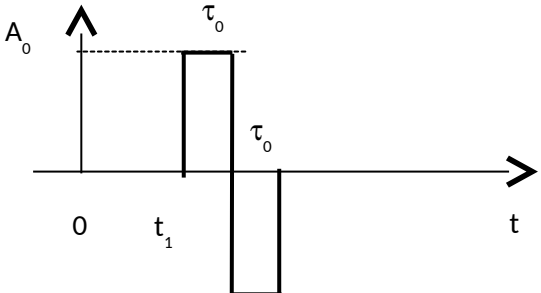
5.1 Проработка конспекта лекций (1 час на лекцию). Работа с рекомендованной учебной литературой.

5.2. Выполнение домашних заданий, полученных на семинарских занятиях, решение задач из рекомендованной учебной литературы.

5.3. Задания для промежуточной аттестации в 4 семестре: решение задач.

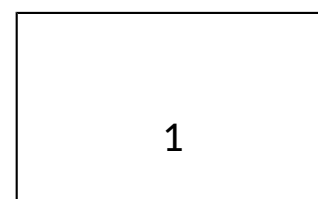
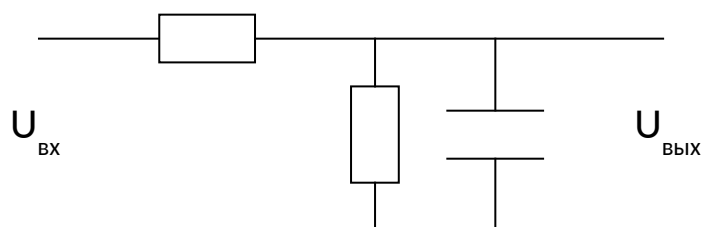
При сдаче зачета по решению задач студент должен решить задачу на прохождение сигнала через линейную цепь с постоянными параметрами. Для этого он должен выбрать случайным образом билет с описанием структуры входного сигнала, билет с описанием схемы электрической цепи и вычислить форму и спектр выходного сигнала. При решении задачи студент может использовать прилагаемую таблицу преобразований Лапласа.

Билеты с описанием входных сигналов

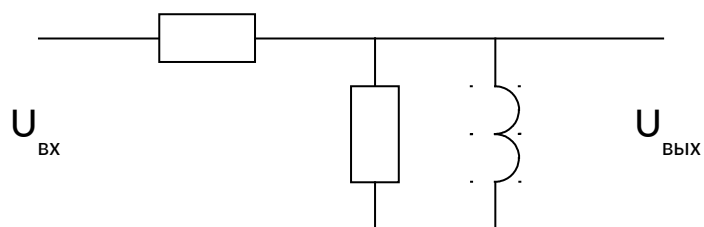
0	$A_1 \sin \omega_1 t + A_2 \sin \omega_2 t$
1	$(A_1 \sin \omega_1 t) \times (A_2 \sin \omega_2 t)$
2	$A_1(1+m \cos \omega_1 t) \times \cos \omega_2 t, \omega_2 \gg \omega_1.$
3	$A_0 \exp(-t/\tau_0) 1(t), \tau_0 > 0.$
4	$A_0 [1 - \exp(-t/\tau_0)] 1(t), \tau_0 > 0.$
5	
6	
7	

8	
9	

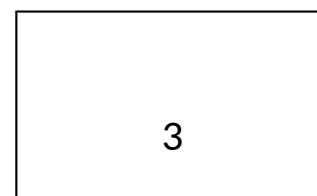
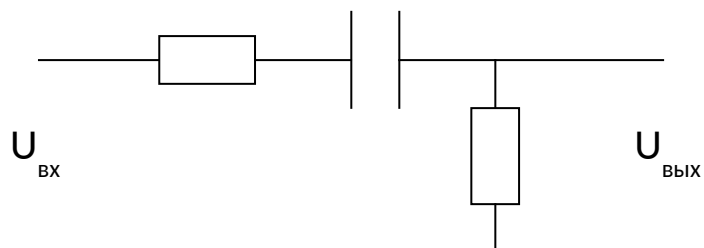
Билеты с описанием схемы электрической цепи



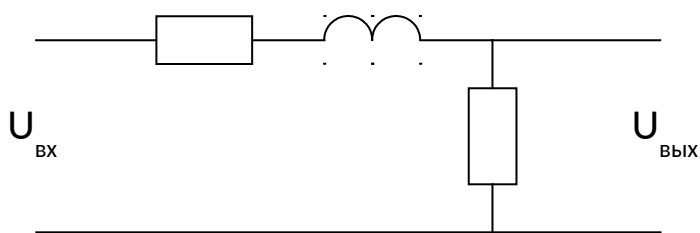
Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)



Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)

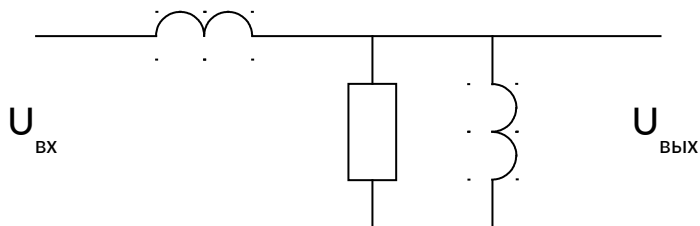


Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)



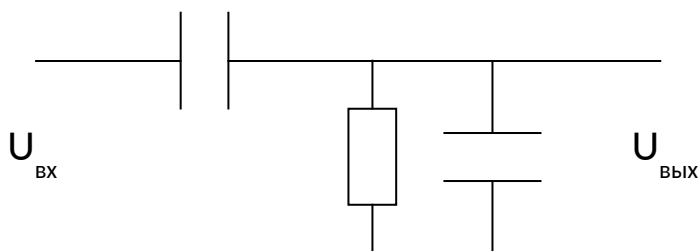
4

Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)



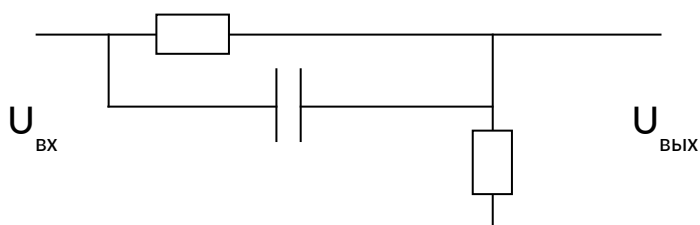
5

Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)



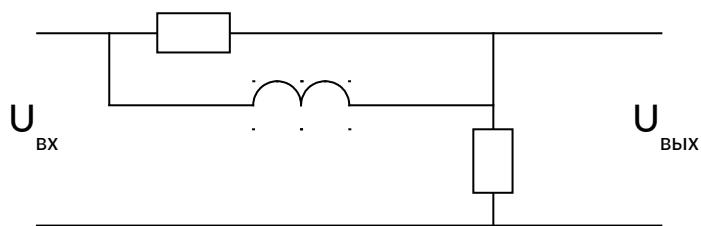
6

Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)

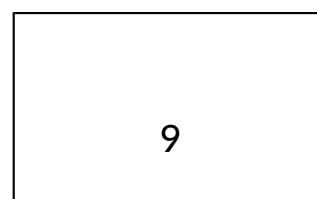
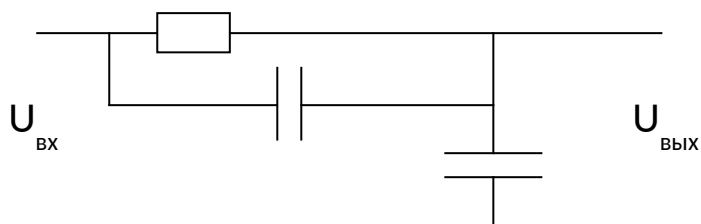


7

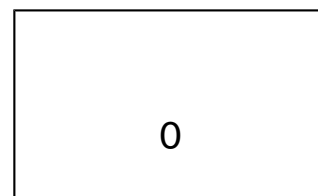
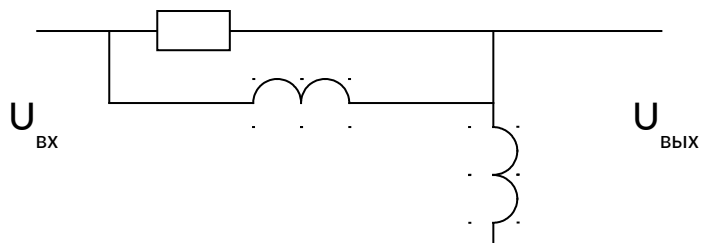
Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)



Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)



Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)



Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)

Таблица преобразований Лапласа

$F(p)$	$f(t), t \geq 0$
1	$\delta(t)$
$1/p$	1
$1/p^2$	t
$1/p^n (n=1,2,3,...)$	$(t^{n-1})/(n-1)!$
$1/p^{1/2}$	$1/(\pi t)^{1/2}$
$p^{-3/2}$	$2(t/\pi)^{1/2}$
$1/(p-a)$	$\exp(at)$
$1/(p-a)^2$	$t \exp(at)$
$1/(p-a)^n (n=1,2,3,...)$	$\exp(at) (t^{n-1})/(n-1)!$

$1/[(p-a)(p-b)]$	$[\exp(at) - \exp(bt)]/(a - b)$
$p/[(p-a)(p-b)]$	$[a \exp(at) - b \exp(bt)]/(a - b)$
$1/[(p-a)(p-b)(p-c)]$	$\frac{-[(b-c) \exp(at) + (c-a) \exp(bt) + (a-b) \exp(ct)]}{(a-b)(b-c)(c-a)}$
$1/(p^2 + a^2)$	$\sin(at)/a$
$p/(p^2 + a^2)$	$\cos(at)$
$1/(p^2 - a^2)$	$\operatorname{sh}(at)/a$
$p/(p^2 - a^2)$	$\operatorname{ch}(at)$

5.4. Вопросы к экзамену (5 семестр)

1. Векторное представление сообщений и сигналов
2. Метрика, базис, норма, скалярное произведение для векторного пространства дискретных и непрерывных сообщений и сигналов
3. Разложение непрерывных сигналов по заданному ортогональному базису
4. Гармонический анализ периодических сигналов
5. Разложение в ряд Фурье периодической последовательности импульсов
6. Преобразование Фурье и его свойства. Спектральный анализ непериодических сигналов
7. Виды модуляции, модулированные радиосигналы и их спектры
8. Амплитудная, балансная и однополосная модуляция: представление сигналов во временной и частотной областях
9. Угловая модуляция, отличие ЧМ и ФМ
10. Преобразование Гильберта, огибающая, фаза и мгновенная частота узкополосного сигнала
11. Аналитический сигнал и его свойства
12. Энергетический спектр и автокорреляционная функция импульсных сигналов
13. Спектр дискретизированного сигнала, теорема отсчетов (Котельникова)
14. Представление сигнала с ограниченным спектром равноотстоящими отсчетами
15. Представление сигнала ограниченной длительности равноотстоящими отсчетами его спектра
16. Информационная база сигнала с заданной длительностью и заданной полосой занимаемых частот
17. Линейные электрические цепи с сосредоточенными параметрами и их эквивалентные схемы: определения и методы описания
18. Идеализированные модели элементов линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами
19. Эквивалентность источников тока и источников э.д.с.
20. Схемы замещения комбинаций пассивных элементов
21. Теорема компенсации (эквивалентность ветви цепи источнику тока или э.д.с.)
22. Законы Кирхгофа для линейных электрических цепей, методы уменьшения числа уравнений в системе, описывающей эквивалентную схему

23. Описание линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами системой обыкновенных дифференциальных уравнений
24. Преобразование Лапласа и его свойства
25. Эквивалентные схемы линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами в области комплексных частот (переменных Лапласа)
26. Операторный метод анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами
27. Коэффициент передачи в частотной области линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами, определения и свойства АЧХ и ФЧХ для физически реализуемых цепей
28. Спектральный метод анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами
29. Импульсная характеристика линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами, ее свойства для физически реализуемых цепей
30. Метод интеграла Дюамеля (интеграл наложения) для анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами
31. Связь импульсной характеристики и коэффициента передачи линейной цепи
32. Последовательный колебательный контур и его свойства
33. Параллельный колебательный контур и его свойства
34. Сложный параллельный колебательный контур
35. Связанные колебательные контуры
36. Линейные четырехполюсники: методы описания и эквивалентные схемы
37. Линейный пассивный симметричный четырехполюсник: методы описания и свойства
38. Параллельное, последовательное и цепное соединение четырехполюсников
39. Электрические фильтры: определения и простейшие схемы
40. Цепные электрические фильтры: описание через параметры звена
41. Принципы усиления сигналов с помощью электровакуумного триода, униполярного и биполярного транзисторов
42. Режимы работы биполярного транзистора, его статические характеристики
43. Усилитель как линейный четырехполюсник: эквивалентная схема, АЧХ и ФЧХ линейного усилителя, динамические (нагрузочные) характеристики
44. Аперiodический усилитель на биполярном транзисторе: линейный режим
45. Эмиттерный повторитель
46. Линейные (частотные) и нелинейные искажения в усилителях
47. Усилители с обратными связями: реализация и виды обратной связи, коэффициент передачи, устойчивость
48. Свойства усилительных каскадов с отрицательной и положительной обратными связями
49. Операционный усилитель: свойства и схемы включения
50. Дифференциальный усилитель: свойства
51. Резонансный усилитель: линейный режим
52. Временные характеристики линейных параметрических двухполюсников и четырехполюсников
53. Частотные характеристики параметрических четырехполюсников
54. Параметрическое усиление сигналов
55. Нелинейные элементы и аппроксимация их характеристик

56. Преобразование спектра в цепи с резистивным нелинейным элементом: гармоническое и бигармоническое воздействие
57. Угол отсечки и коэффициенты Берга, выпрямление переменного тока
58. Нелинейное резонансное усиление
59. Умножение частоты в нелинейном четырехполюснике
60. Амплитудное ограничение в нелинейном четырехполюснике
61. Автогенератор гармонических колебаний: принцип работы, схема, условия стационарного режима
62. Условия самовозбуждения автогенератора (линейное приближение), мягкий и жесткий режимы самовозбуждения
63. Стационарный режим автогенератора (квазилинейное приближение), к.п.д. автогенератора, оптимизация режима запуска
64. Амплитудная модуляция в резонансном усилителе
65. Амплитудная модуляция в автогенераторе, особенности спектра модулированного колебания
66. Балансный модулятор
67. Угловая модуляция в линейном параметрическом четырехполюснике. ФМ в резонансном усилителе с перестройкой резонансной частоты
68. Частотная модуляция в автогенераторе с управляемой частотой
69. Амплитудное детектирование на нелинейном элементе, линейные (частотные) и нелинейные искажения
70. Амплитудное детектирование в параметрических цепях, детектирование сигнала с одной боковой полосой
71. Фазовое детектирование линейным параметрическим и нелинейным каскадами
72. Частотное детектирование преобразованием ЧМ в АМ и ЧМ в ФМ
73. Преобразование частоты в нелинейном шестиполюснике (линейное приближение), коэффициент преобразования
74. Дополнительные каналы и интерференционные искажения при преобразовании частоты
75. Комбинационные частоты при преобразовании частоты (нелинейный режим по сигналу)
76. Телеграфные уравнения для длинных линий, решение телеграфных уравнений в частотной области
77. Стоячие волны в линии без потерь, коэффициент отражения, входное сопротивление длинной линии с комплексной нагрузкой
78. Свойства разомкнутого и замкнутого на конце отрезка длинной линии без потерь, нагруженная на реактивное сопротивление длинная линия без потерь
79. Нагруженная на активное сопротивление длинная линия без потерь
80. Вторичные параметры длинных линий

В билете 2 вопроса: 1-40 – первые вопросы, 41-80 – вторые вопросы.

Примечание: в качестве дополнительного вопроса на положительную оценку может быть предложена типовая задача на прохождение сигналов через простейшие линейные цепи.

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

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

6.2 Описание шкал оценивания

Зачет по практическим занятиям

Не зачтено	Не решена задача о прохождении сигнала через линейную пассивную цепь с постоянными параметрами сосредоточенных элементов.
Зачтено	Задача решена.

Система оценок на экзамене:

«плохо» - нет содержательных ответов на оба вопроса билета

«неудовлетворительно» - нет содержательного ответа на один из вопросов билета

«удовлетворительно» - ответы содержат грубые ошибки

«хорошо» - ответы содержат непринципиальные ошибки

«очень хорошо» - ответы содержат незначительные неточности

«отлично» - ответы содержательны и не содержат ошибок, даны ответы на дополнительные вопросы по другим темам курса

«превосходно» - свободное владение предметом

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

ПК-5 – индивидуальное собеседование на экзамене (список вопросов приведен в п. 5.3) и письменное решение задачи на зачете (список задач приведен в пункте 5.4).

6.4. Типовые контрольные задания, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций, приведены в пунктах 5.3, 5.4.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания, приведены в пункте 6.2.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Ленанд, 2016. (60)
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: ДРОФА, 2006.(72)
3. Астайкин А.И., Помазков А.П. Теоретические основы радиотехники. В 3-х частях. – Саратов: ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003-2004.(0)
4. Орлов И.Я. Курс лекций по основам радиоэлектроники. – Н. Новгород: ННГУ, 2005.(1)
5. Радиотехнические цепи и сигналы. Примеры и задачи/ Под ред. И.С. Гоноровского. – М.: Радио и связь, 1989.(0)

б) дополнительная литература:

1. Рыжаков С.М. Топологический анализ электрических цепей. Учебное пособие – Горький: ГГУ, 1982.(0)
2. Рыжаков С.М. Колебательные контуры. Учебное пособие – Нижний Новгород: ННГУ, 1994. (0)
3. Кривошеев В.И. Спектральные представления сигналов. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: ННГУ, 2005.(0)
4. Рыжаков С.М. Прохождение радиосигналов через линейные цепи. Методические указания. – Нижний Новгород: ННГУ, 1996.(0)

5. Рыжаков С.М. Анализ четырехполюсников в частотной области. Учебное пособие. – Нижний Новгород: ННГУ, 1992.(1)
6. Рыжаков С.М. Анализ распределенных электрических цепей в частотной области. Учебное пособие. – Нижний Новгород: ННГУ, 1998.(1)
7. Шкелев Е.И. Схемотехника линейных усилителей. Методические указания. – Нижний Новгород: ННГУ, 1991.(0)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/index.php#>

Сайт кафедры радиотехники радиофизического факультета ННГУ (вкладка методическая литература)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы
1	17	Апериодический усилитель
2	23	Генератор гармонических колебаний
3	25, 26	Нелинейные преобразования сигналов

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 02.03.02. Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор _____ Пархачёв В.В.

Рецензент _____ Ключев А.В.

Заведующий кафедрой _____ Фитасов Е.С.

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