

**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)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан / директор \_\_\_\_\_

Матросов В.В.

« 27 » \_\_\_\_\_ июня 2018 г.

**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

2018 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
ОПК-1 (этап формирования базовый)	Знать: основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями Уметь: использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями Владеть: способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями
ПК-3. (этап формирования базовый)	З1 (ПК-3). 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-3). 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-3). Владеть навыками применения современных компьютерных технологий для решения научно-исследовательских и производственно-технологических задач профессиональной деятельности; приемами 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			
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего					
	Очное	Очно-заочное	Заочное	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 приёмо-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

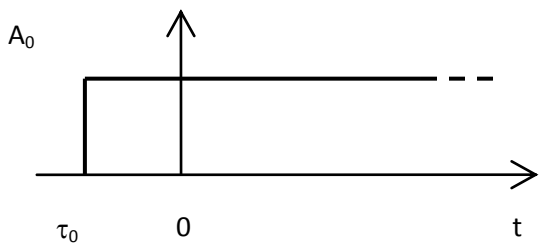
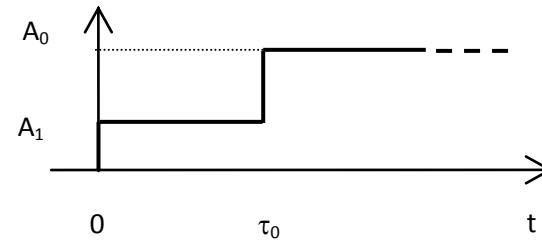
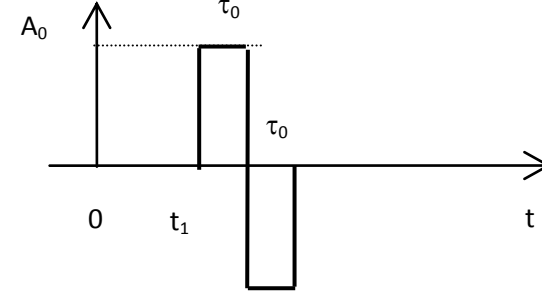
5.1 Проработка конспекта лекций (1 час на лекцию). Работа с рекомендованной учебной литературой.

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.

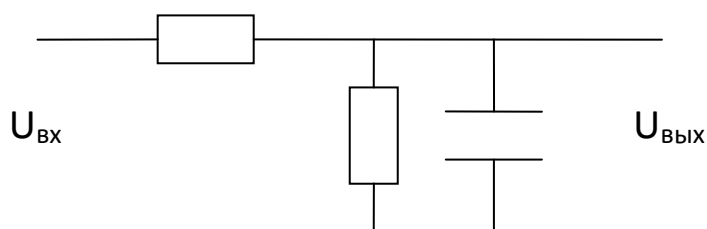
При сдаче зачета по решению задач студент должен решить задачу на прохождение сигнала через линейную цепь с постоянными параметрами. Для этого он должен выбрать случайным образом билет с описанием структуры входного сигнала, билет с описанием схемы электрической цепи и вычислить форму и спектр выходного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

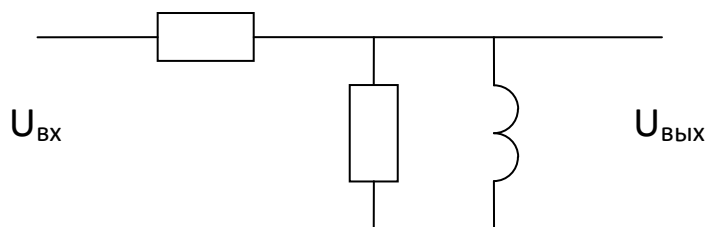
8	
9	

Билеты с описанием схемы электрической цепи



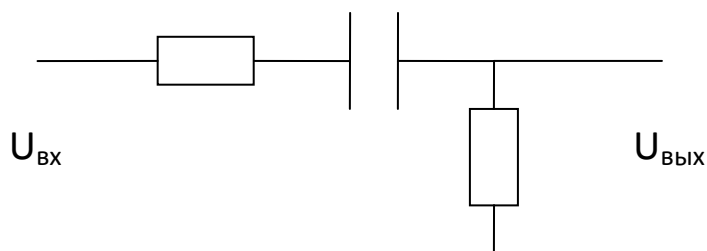
1

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



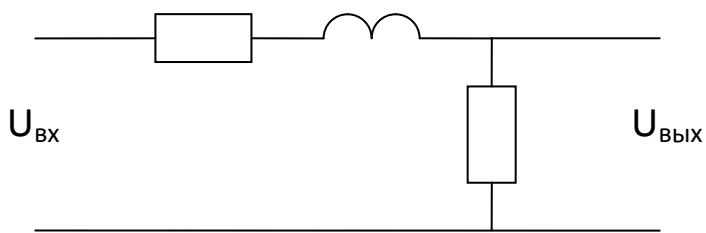
2

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



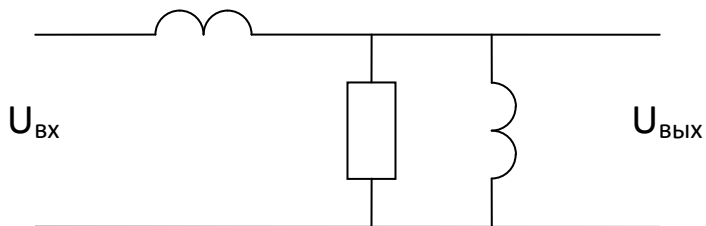
3

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



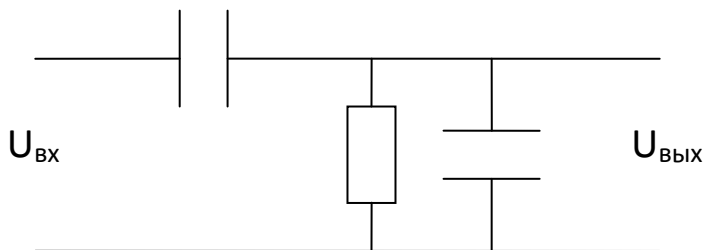
4

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



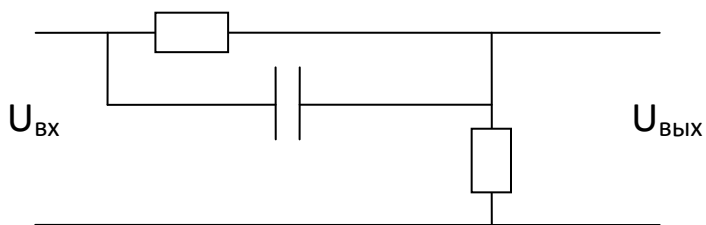
5

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



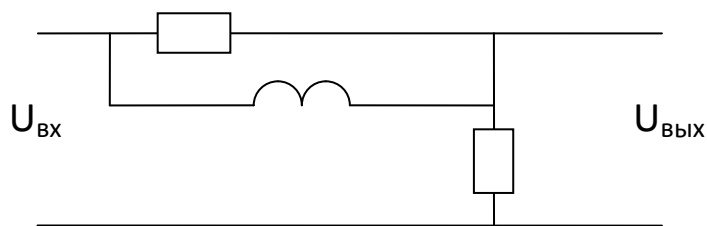
6

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



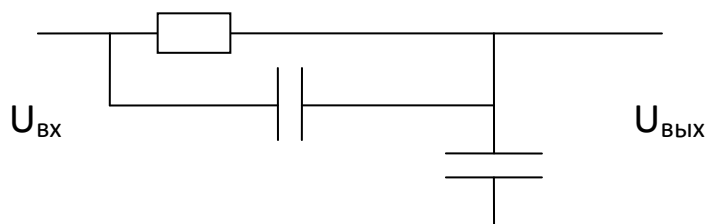
7

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



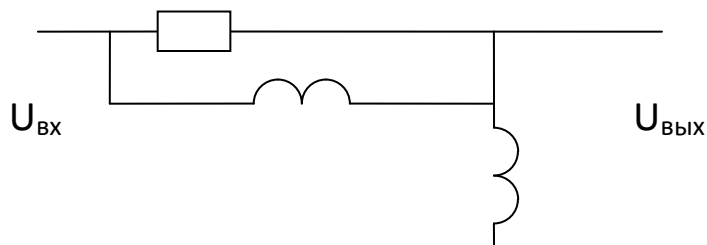
8

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



9

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



0

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. Аperiodический 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 двухполосников и четырехполосников
53. Частотные характеристики параметрических четырехполосников
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 четырехполоснике
60. Амплитудное ограничение в нелинейном четырехполоснике
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 четырехполоснике. 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 шестиполоснике (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 не принципиальные 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.**

ОПК-1, ПК-3 – 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. – Саров: 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 четырехполосников 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 ФГОС ВО 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. Протокол № 02/18 от «27» июня 2018 года.