

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра теоретических основ радиотехники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталеv В. А.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Дополнительные разделы радиотехнических цепей и сигналов

Образовательная программа: 11.03.01 Радиотехника, профиль: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Курс: 3, семестры : 5 6

Факультет радиотехники и электроники, заочная форма обучения

		Семестр	
№	Вид деятельности	5	6
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	0	6
2	Всего часов	0	216
3	Всего занятий в контактной форме, час.	2	38
4	Лекции, час.	2	6
5	Практические занятия, час.	0	4
6	Лабораторные занятия, час.	0	8
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0	8
8	Аттестация, час.	0	2
9	Консультации, час.		18
10	Самостоятельная работа, час.	0	176
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)		КР
12	Вид аттестации		Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.01 Радиотехника

ФГОС введен в действие приказом №179 от 06.03.2015 г. , дата утверждения: 20.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.01 Радиотехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ТОР, протокол заседания кафедры №3 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Зотов Л. Г.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Спектор А. А.

Ответственный за образовательную программу:

декан Хрусталеv В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей; в части следующих результатов обучения:
з3. знать основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и методы их преобразования в нелинейных электрических цепях
у3. уметь рассчитывать результат преобразования детерминированных и случайных сигналов в нелинейных электрических цепях
Компетенция ФГОС: ПК.2 способность реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов; в части следующих результатов обучения:
з3. знать теоретические основы и физические принципы построения радиотехнических устройств и систем

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Дополнительные разделы радиотехнических цепей и сигналов</i>	
ОПК.3.з3 знать основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и методы их преобразования в нелинейных электрических цепях	
1.о применении кепстрального анализа и вейвлет-преобразования сигналов	Самостоятельная работа
2.основные характеристики случайных сигналов и помех	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
3.свойства модулированных сигналов	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4.характеристики и свойства линейных цепей (с постоянными параметрами)	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
5.методы исследования линейных цепей	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
6.физические процессы при прохождении случайных процессов через НЦ	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
7.свойства и характеристики нелинейных цепей (НЦ)	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.2.з3 знать теоретические основы и физические принципы построения радиотехнических устройств и систем	
8.методы аппроксимации, гармонического и спектрального анализа НЦ	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.3.у3 уметь рассчитывать результат преобразования детерминированных и случайных сигналов в нелинейных электрических цепях	
9.представлять сигналы в базисе различных ортогональных функций (гармонических, комплексных экспоненциальных, Уолша, $\sin x/x \dots$)	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
10.осуществлять спектральный и корреляционный анализы детерминированных и случайных сигналов, а также управляющих и модулированных сигналов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
11.определять линейные искажения радиосигналов на выходе линейных апериодических и избирательных цепей	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

12.оценивать устойчивость цепей с обратной связью	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
13.математически описывать основные нелинейные и параметрические преобразования сигналов (модуляция, детектирование, умножение и преобразование частоты, генерация и др.)	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
14.выбирать режимы работы активных элементов для указанных выше преобразований и оценивать нелинейные искажения	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
15.планировать свою деятельность на лабораторных занятиях	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
16.формулировать вопросы по существу обсуждаемых проблем, участвовать в дискуссии	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
17.проводить прямые и косвенные измерения характеристик сигналов и радиоцепей, грамотно обрабатывать и записывать результаты измерений с учетом погрешности	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.2.33 знать теоретические основы и физические принципы построения радиотехнических устройств и систем	
18.интерпретировать полученные результаты своей деятельности, критически оценивать результаты расчетов и экспериментов	Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 5			
Дидактическая единица: Нелинейные цепи воздействие на них гармонических колебаний и случайных процессов			
1. Нелинейные цепи и воздействие на них гармонических и полигармонических колебаний Резистивные и энергоемкие нелинейные элементы, их свойства и параметры. Задачи и критерии аппроксимации характеристик нелинейных элементов (НЭ): выбор класса аппроксимирующей функции и определение коэффициентов аппроксимации. Методы гармонического анализа НЦ с использованием: классических формул; формул 3-х и 5-ти ординат; формул кратных аргументов; угла отсечки и функций Берга; обычных и модифицированных функций Бесселя. Спектральный анализ при бигармоническом и полигармоническом входном сигнале; теория комбинационных частот Частотно-энергетические уравнения Мэнли-Роу	0	1	13, 14, 16, 7, 8, 9
2. Воздействие стационарных случайных процессов на безынерционные нелинейные цепи Одномерные законы распределения вероятностей СП на выходе безынерционного НЭ. Моменты (числовые характеристики). Действие стационарного СП на нелинейный преобразователь, односторонний и двухсторонний ограничитель, компаратор (пороговое устройство), квантователь, односторонний и двухсторонний квадратор (квадратичный детектор)	0	1	14, 16, 2, 6, 7, 8
Семестр: 6			
Дидактическая единица: Нелинейные преобразования сигналов			

3. Нелинейные преобразования сигналов Нелинейное резонансное усиление. Колебательная характеристика. Умножение частоты: методы умножения, синтез идеального умножителя, оптимальный режим работы НЭ, факторы ограничения коэффициента умножения. Преобразователи частоты.	0	1	11, 13, 14, 16, 7, 8, 9
4. Амплитудная модуляция. Общая постановка задачи. Модуляция перемножением сигналов. Модуляция изменением смещения на управляемом НЭ. Модуляционная характеристика (для "слабых" и "сильных" сигналов). Требования к режиму работы НЭ, нелинейные искажения. Требования к нагрузке модулятора, линейные искажения. Получение ЧМС и ФМС.	0	1	10, 11, 13, 14, 16, 3, 4, 5, 7, 8
5. Детектирование сигналов. Общая постановка задачи. Требования к нагрузке. Детектирование АМС с использованием управляемых НЭ. Детекторная характеристика (для "слабых" и "сильных" сигналов). Требования к режиму работы НЭ, нелинейные искажения. Диодный детектор: принцип функционирования, коэффициент передачи, входное сопротивление. Детектирование с использованием перемножителя сигналов, синхронное детектирование и его особенности. Детектирование ЧМС и ФМС.	0	1	10, 11, 13, 14, 16, 4, 5, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Генерация гармонических колебаний			
6. Генерирование гармонических колебаний Общая постановка задачи. Классификация генераторов. НЭ и ОС как отрицательное сопротивление, эквивалентные схемы генераторов. Нелинейное дифференциальное уравнение автогенератора, условия самовозбуждения. Генераторы с внешней ОС. Стационарный режим: мягкий и жесткий режимы самовозбуждения. Генератор с трансформаторной ОС. Трехточечные схемы: обобщенная, индуктивная и емкостная "трехточки". Генераторы с внутренней обратной связью на туннельном диоде. Влияние смещения на работу генератора. RC- автогенераторы	0	1	12, 13, 14, 16, 4, 5, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Параметрические цепи. элементы дискретной обработки сигналов, нелинейная фильтрация сигналов и синтез линейных цепей			
7. Параметрические цепи. Преобразование сигналов с использованием функциональных преобразователей Параметрические элементы. Сходство и различие в основных свойствах параметрических и нелинейных цепей. Реализация активных параметрических элементов . Единый подход к преобразованию сигналов как параметрической операции, осуществляемой функциональным преобразователем и, в частности аналоговым перемножителем сигналов (АПС). Основные преобразования формы и спектра сигналов с использованием АПС в интегральном исполнении. Применение АПС в различных областях радиоэлектроники .	0	1	13, 14, 16, 7, 9

8. Элементы дискретной обработки сигналов Преимущества дискретной и цифровой обработки сигналов. Структурная схема дискретной и цифровой фильтрации. Алгоритм дискретной свертки. Импульсная характеристика и передаточная характеристика цифрового фильтра трансверсального (КИХ) и рекурсивного (БИХ) типа. Структурные схемы цифровых фильтров (ЦФ): прямая и каноническая формы ЦФ, параллельная и последовательная схемы	0	1	14, 16, 7
--	---	---	-----------

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Нелинейные преобразования сигналов				
1. Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты (№ 9)	0	2	11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 4, 5, 7, 8, 9	Исследование характеристик нелинейного резонансного усиления
2. Амплитудная модуляция изменением смещения (№ 10)	0	2	10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 3, 4, 5, 7, 8, 9	Исследование АМ сигнала
3. Детектирование амплитудно-модулированных колебаний (№ 11)	2	2	10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 4, 5, 7, 8, 9	Определение детекторной характеристики
Дидактическая единица: Генерация гармонических колебаний				
4. LC-генератор гармонических колебаний с автотрансформаторной обратной связью (№ 13)	2	2	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 4, 5, 7, 8, 9	Исследование автотрансформаторной обратной связи

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Нелинейные цепи воздействие на них гармонических колебаний и случайных процессов				
1. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов.	1	1	14, 16, 7, 8, 9	Решение задач по теме занятия
2. Спектральный анализ НЦ	1	1	10, 13, 14, 16, 7, 8, 9	Решение задач по теме занятия
3. Воздействие случайных процессов на НЦ	1	1	14, 16, 2, 6, 8, 9	Решение задач по теме занятия
Дидактическая единица: Нелинейные преобразования сигналов				
4. Резонансное усиление и умножение частоты	1	1	11, 13, 14, 16, 4, 5, 7, 8, 9	Решение задач по теме занятия

Таблица 3.4

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Нелинейные преобразования сигналов				
5. Амплитудная модуляция	0	10	10, 11, 13, 14, 16, 3, 4, 5, 7, 8, 9	Решение задач

6. Детектирование сигналов	0	9	10, 11, 13, 14, 16, 4, 5, 7, 8, 9	Решение задач
Дидактическая единица: Генерация гармонических колебаний				
7. Генерирование гармонических колебаний. LC и RC гене-раторы	0	1	12, 13, 14, 4, 5, 7, 8, 9	Решение задач
Дидактическая единица: Параметрические цепи. элементы дискретной обработки сигналов, нелинейная фильтрация сигналов и синтез линейных цепей				
8. Элементы дискретной обработки сигналов	0	9	4, 9	Решение задач
9. Элементы синтеза линейных радиоцепей Синтез аналоговых четырехполюсников по заданному модулю передаточной функции. Основные этапы синтеза. Фильтры Баттерворта, Чебышева и эллиптические. Синтез цифровых фильтров по заданному аналоговому прототипу на основе метода билинейного Z-преобразования. Синтез цепей по заданной им-пульсной характеристике (ориентированный на решение задач согласованной фильтрации)	0	9	14, 16, 4, 5, 7	Изучение литературы
10. Нелинейная фильтрация сигналов, представленных в виде произведения или свертки Основные понятия кепстрального анализа сигналов. Кепстр мощности (энергетический кепстр). Комплексный кепстр. Примеры применения кепстрального анализа в радиоэлектронике: определение задержки сигнала, разделение ("развертка") свернутых сигналов	0	9	1, 16, 7	Изучение литературы
11. Основы вейвлет-преобразования сигналов Общие сведения. Главные признаки вейвлета. Виды материнских вейвлетов. Непрерывное вейвлет-преобразование (НВП). Свойства НВП. Примеры НВП. Сопоставление с преобразованием Фурье	0	15	7, 9	Изучение литературы

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				

1	Изучение литературы и расчет контрольных заданий	10, 11, 12, 13, 14, 16, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	60	8
Выполнение расчетов по контрольным заданиям, Оформление работы, Подготовка к защите.: Яковлев А. Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях в примерах, упражнениях и заданиях [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000202962 . - Загл. с экрана.				
2	К лабораторным работам	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 3, 4, 5, 7, 8, 9	20	8
Выполнение предварительных заданий с расчетами. Ответы на контрольные вопросы: Яковлев А. Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях в примерах, упражнениях и заданиях [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000202962 . - Загл. с экрана.				
3	Изучение теории по конспекту лекций и основной литературе	1, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 2, 3, 4, 6, 7, 9	34	2
Подготовка по экзаменационным вопросам: Яковлев А. Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях в примерах, упражнениях и заданиях [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000202962 . - Загл. с экрана.				
4	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 3, 4, 5, 7, 8, 9	62	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.4 : Яковлев А. Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях в примерах, упражнениях и заданиях [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000202962 . - Загл. с экрана.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail:zotovlg@mail.ru
Консультирование	e-mail:zotovlg@mail.ru
Контроль	e-mail:zotovlg@mail.ru
Размещение учебных материалов	e-mail:zotovlg@mail.ru

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Дискуссия	ОПК.3;
Формируемые умения: з3. знать основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и методы их преобразования в нелинейных электрических цепях		
Краткое описание применения: Обсуждение актуальных проблем исследования радиочепей и радиосигналов		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 6		
Лабораторная:	30	60
Курсовая работа:	0	100
Экзамен:	20	40

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Защита ЛР	Защита КП/КР	Экзамен
ОПК.3	з3. знать основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и методы их преобразования в нелинейных электрических цепях	+		+
	у3. уметь рассчитывать результат преобразования детерминированных и случайных сигналов в нелинейных электрических цепях	+	+	+
ПК.2	з3. знать теоретические основы и физические принципы построения радиотехнических устройств и систем	+		+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Яковлев А. Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях : учебное пособие / А. Н. Яковлев; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 188, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/yakovlev.pdf>
2. Яковлев А. Н. Радиотехнические цепи и сигналы [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230305. - Загл. с экрана.
3. Баскей В. Я. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях : учебное пособие / В. Я. Баскей, А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 52, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/bask.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии».

Дополнительная литература

1. Радиотехнические цепи и сигналы. Задачи и задания : [учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / В. Я. Баскей, В. Н. Васюков, Л. Г. Зотов и др.] ; под ред. А. Н. Яковлева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - М., 2003. - 347 с. : ил.
2. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие для вузов по направлению "Радиотехника". - М., 2006. - 719 с. : ил.

3. Яковлев А. Н. Цифровая фильтрация и синтез цифровых фильтров : лабораторный практикум : учебное пособие / А. Н. Яковлев, Д. О. Соколова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2012. - 63, [1] с. : ил., схемы, табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171060

4. Яковлев А. Н. Основы теории сигналов в примерах, упражнениях и заданиях : [учебное пособие для радиотехнических направлений и специальностей] / А. Н. Яковлев. - Новосибирск, 2012. - 471 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000174664

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Яковлев А. Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях в примерах, упражнениях и заданиях [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000202962. - Загл. с экрана.

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 National Instruments

9. Материально-техническое обеспечение

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение
1	Учебная лаборатория "Станция NIELVIS" 8 комплектов	Практические и лабораторные занятия

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра теоретических основ радиотехники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н., профессор В.А. Хрусталева
“ ____ ” _____ ____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дополнительные разделы радиотехнических цепей и сигналов

Образовательная программа: 11.03.01 Радиотехника, профиль: Радиотехнические средства
передачи, приема и обработки сигналов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Дополнительные разделы радиотехнических цепей и сигналов приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей	33. знать основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и методы их преобразования в нелинейных электрических цепях	LC-генератор гармонических колебаний с автотрансформаторной обратной связью (№ 13) Амплитудная модуляция Амплитудная модуляция изменением смещения (№ 10) Амплитудная модуляция. Общая постановка задачи. Модуляция перемножением сигналов. Модуляция изменением смещения на управляемом НЭ. Модуляционная характеристика (для "слабых" и "сильных сигналов"). Требования к режиму работы НЭ, нелинейные искажения. Требования к нагрузке модулятора, линейные искажения. Получение ЧМС и ФМС. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов. Воздействие случайных процессов на НЦ Воздействие стационарных случайных процессов на безынерционные нелинейные цепи Одномерные законы распределения вероятностей СП на выходе безынерционного НЭ. Моменты (числовые характеристики). Действие стационарного СП на нелинейный преобразователь, односторонний и двухсторонний ограничитель, компаратор (пороговое устройство), квантователь, односторонний и двухсторонний квадратор (квадратичный детектор) Генерирование гармонических колебаний Общая постановка задачи. Классификация генераторов. НЭ и ОС как отрицательное сопротивление, эквивалентные схемы генераторов. Нелинейное дифференциальное уравнение автогенератора, условия		Экзамен, вопросы 1-52

		самовозбуждения. Генераторы с внешней ОС. Стационарный режим: мягкий и жесткий режимы самовозбуждения. Генератор с трансформаторной ОС. Трехточечные схемы: обобщенная, индуктивная и емкостная "трехточки". Генераторы с внутренней обратной связью на туннельном диоде. Влияние смещения на работу генератора. RC- автогенераторы Генерирование гармонических колебаний. LC и RC генераторы Детектирование амплитудно-модулированных колебаний (№ 11) Детектирование сигналов Детектирование сигналов. Общая постановка задачи. Требования к нагрузке. Детектирование АМС с использованием управляемых НЭ. Детекторная характеристика (для "слабых" и "сильных" сигналов). Требования к режиму работы НЭ, нелинейные искажения. Диодный детектор: принцип функционирования, коэффициент передачи, входное сопротивление. Детектирование с использованием перемножителя сигналов, синхронное детектирование и его особенности. Детектирование ЧМС и ФМС. Нелинейная фильтрация сигналов, представленных в виде произведения или свертки Основные понятия кепстрального анализа сигналов. Кепстр мощности (энергетический кепстр). Комплексный кепстр. Примеры применения кепстрального анализа в радиоэлектронике: определение задержки сигнала, разделение ("развертка") свернутых сигналов Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты (№ 9) Нелинейные преобразования сигналов Нелинейное резонансное усиление. Колебательная характеристика. Умножение частоты: методы умножения, синтез идеального умножителя, оптимальный режим работы НЭ, факторы ограничения коэффициента умножения. Преобразователи		
--	--	---	--	--

		частоты. Нелинейные цепи и воздействие на них гармонических и полигармонических колебаний Резистивные и энергоемкие нелинейные элементы, их свойства и параметры. Задачи и критерии аппроксимации характеристик нелинейных элементов (НЭ): выбор класса аппроксимирующей функции и определение коэффициентов аппроксимации. Методы гармонического анализа НЦ с использованием: классических формул; формул 3-х и 5-ти ординат; формул кратных аргументов; угла отсечки и функций Берга; обычных и модифицированных функций Бесселя. Спектральный анализ при бигармоническом и полигармоническом входном сигнале; теория комбинационных частот Частотно-энергетические уравнения Мэнли-Роу Резонансное усиление и умножение частоты Спектральный анализ НЦ Элементы синтеза линейных радиочепей Синтез аналоговых четырехполосников по заданному модулю передаточной функции. Основные этапы синтеза. Фильтры Баттерворта, Чебышева и эллиптические. Синтез цифровых фильтров по заданному аналоговому прототипу на основе метода билинейного Z-преобразования. Синтез цепей по заданной импульсной характеристике (ориентированный на решение задач согласованной фильтрации)		
ОПК.3	у3. уметь рассчитывать результат преобразования детерминированных и случайных сигналов в нелинейных электрических цепях	LC-генератор гармонических колебаний с автотрансформаторной обратной связью (№ 13) Амплитудная модуляция Амплитудная модуляция изменением смещения (№ 10) Амплитудная модуляция. Общая постановка задачи. Модуляция перемножением сигналов. Модуляция изменением смещения на управляемом НЭ. Модуляционная характеристика (для "слабых" и "сильных сигналов"). Требования к режиму работы НЭ, нелинейные искажения.	Курсовая работа	Экзамен, задачи 1-27

		Требования к нагрузке модулятора, линейные искажения. Получение ЧМС и ФМС. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов. Воздействие случайных процессов на НЦ Воздействие стационарных случайных процессов на безынерционные нелинейные цепи Одномерные законы распределения вероятностей СП на выходе безынерционного НЭ. Моменты (числовые характеристики). Действие стационарного СП на нелинейный преобразователь, односторонний и двухсторонний ограничитель, компаратор (пороговое устройство), квантователь, односторонний и двухсторонний квадратор (квадратичный детектор) Генерирование гармонических колебаний Общая постановка задачи. Классификация генераторов. НЭ и ОС как отрицательное сопротивление, эквивалентные схемы генераторов. Нелинейное дифференциальное уравнение автогенератора, условия самовозбуждения. Генераторы с внешней ОС. Стационарный режим: мягкий и жесткий режимы самовозбуждения. Генератор с трансформаторной ОС. Трехточечные схемы: обобщенная, индуктивная и емкостная "трехточки". Генераторы с внутренней обратной связью на туннельном диоде. Влияние смещения на работу генератора. RC- автогенераторы Генерирование гармонических колебаний. LC и RC генераторы Детектирование амплитудно-модулированных колебаний (№ 11) Детектирование сигналов Детектирование сигналов. Общая постановка задачи. Требования к нагрузке. Детектирование АМС с использованием управляемых НЭ. Детекторная характеристика (для "слабых" и "сильных" сигналов). Требования к режиму работы НЭ, нелинейные искажения. Диодный детектор: принцип функционирования, коэффициент передачи,		
--	--	---	--	--

		входное сопротивление. Детектирование с использованием перемножителя сигналов, синхронное детектирование и его особенности. Детектирование ЧМС и ФМС. Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты (№ 9) Нелинейные преобразования сигналов Нелинейное резонансное усиление. Колебательная характеристика. Умножение частоты: методы умножения, синтез идеального умножителя, оптимальный режим работы НЭ, факторы ограничения коэффициента умножения. Преобразователи частоты. Нелинейные цепи и воздействие на них гармонических и полигармонических колебаний Резистивные и энергоемкие нелинейные элементы, их свойства и параметры. Задачи и критерии аппроксимации характеристик нелинейных элементов (НЭ): выбор класса аппроксимирующей функции и определение коэффициентов аппроксимации. Методы гармонического анализа НЦ с использованием: классических формул; формул 3-х и 5-ти ординат; формул кратных аргументов; угла отсечки и функций Берга; обычных и модифицированных функций Бесселя. Спектральный анализ при бигармоническом и полигармоническом входном сигнале; теория комбинационных частот Частотно-энергетические уравнения Мэнли-Роу Резонансное усиление и умножение частоты Спектральный анализ НЦ		
ПК.2/НИП способность реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов	з3. знать теоретические основы и физические принципы построения радиотехнических устройств и систем	LC-генератор гармонических колебаний с автотрансформаторной обратной связью (№ 13) Амплитудная модуляция изменением смещения (№ 10) Амплитудная модуляция. Общая постановка задачи. Модуляция перемножением сигналов. Модуляция изменением смещения на управляемом НЭ. Модуляционная характеристика (для "слабых" и "сильных сигналов"). Требования к режиму работы НЭ, нелинейные искажения.		Экзамен, вопросы 1-52

		Требования к нагрузке модулятора, линейные искажения. Получение ЧМС и ФМС. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов. Воздействие случайных процессов на НЦ Воздействие стационарных случайных процессов на безынерционные нелинейные цепи Одномерные законы распределения вероятностей СП на выходе безынерционного НЭ. Моменты (числовые характеристики). Действие стационарного СП на нелинейный преобразователь, односторонний и двухсторонний ограничитель, компаратор (пороговое устройство), квантователь, односторонний и двухсторонний квадратор (квадратичный детектор) Детектирование амплитудно-модулированных колебаний (№ 11) Детектирование сигналов. Общая постановка задачи. Требования к нагрузке. Детектирование АМС с использованием управляемых НЭ. Детекторная характеристика (для "слабых" и "сильных" сигналов). Требования к режиму работы НЭ, нелинейные искажения. Диодный детектор: принцип функционирования, коэффициент передачи, входное сопротивление. Детектирование с использованием перемножителя сигналов, синхронное детектирование и его особенности. Детектирование ЧМС и ФМС. Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты (№ 9) Нелинейные преобразования сигналов Нелинейное резонансное усиление. Колебательная характеристика. Умножение частоты: методы умножения, синтез идеального умножителя, оптимальный режим работы НЭ, факторы ограничения коэффициента умножения. Преобразователи частоты. Нелинейные цепи и воздействие на них гармонических и полигармонических колебаний Резистивные и энергоемкие нелинейные элементы, их свойства и параметры. Задачи и критерии		
--	--	---	--	--

		аппроксимации характеристик нелинейных элементов (НЭ): выбор класса аппроксимирующей функции и определение коэффициен- тов аппроксимации. Методы гармонического анализа НЦ с использованием: классических формул; формул 3-х и 5-ти ординат; формул кратных аргументов; угла отсечки и функций Берга; обычных и модифицированных функций Бесселя. Спектральный анализ при бигармоническом и полигармоническом входном сигнале; теория комбинационных частот Частотно-энергетические уравнения Мэнли-Роу Резонансное усиление и умножение частоты Спектральный анализ НЦ		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовая работа. Требования к выполнению курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсовой работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ОПК.3, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Дополнительные разделы радиотехнических цепей и сигналов», 6
семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-26, второй вопрос из диапазона вопросов 27-52 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

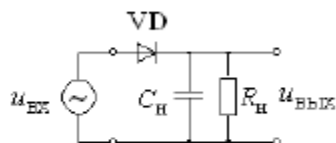
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Дополнительные разделы радиотехнических цепей и
сигналов»

1. Общие сведения о нелинейных цепях и методах их исследования.
2. Детектирование "сильных" сигналов. Детекторная характеристика..

3. Задача. В схеме диодного детектора (см. рис.) сопротивление нагрузки $R_H = 16$ кОм, крутизна ВАХ диода $S = 5$ мА/В и $U_0 = 0$.



Соблюдается условие:

$$1 / (\omega_0 C_H) \ll R_H \ll 1 / (\Omega C_H)$$

Определите угол отсечки тока диода и коэффициент передачи детектора.

4. Задача. Модулятор работает на несущей частоте $f_0 = 80$ МГц и формирует ФМ колебание. Частота модуляции 5 кГц, индекс модуляции $m = 50$. Найдите пределы ($f_{\min}$, $f_{\max}$), в которых меняется мгновенная частота сигнала. Определите практическую ширину ($2\Delta f_{np}$) спектра ФМ-сигнала.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ Спектор А.А.
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 16 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *16-24 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *25-32 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *33-40 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Дополнительные разделы радиотехнических цепей и сигналов»

1. Общие сведения о нелинейных цепях и методах их исследования.
2. Аппроксимация характеристик НЭ. Выбор класса аппроксимирующей функции.
3. Определение коэффициентов аппроксимирующей функции.
4. Метод спектрального анализа НЦ с использованием формул 3-х и более ординат.
5. Метод спектрального анализа НЦ с использованием формул кратных аргументов.
6. Метод спектрального анализа НЦ с использованием угла отсечки и функций Берга.
7. Метод спектрального анализа НЦ с использованием модифицированных функций Бесселя.
8. Метод спектрального анализа НЦ с использованием обычных функций Бесселя.
9. Случай бигармонического сигнала. Теория комбинационных частот.
10. Воздействие случайных процессов (СП) на НЦ. Одномерные законы распределения вероятностей СП на выходе безынерционных НЦ. Пример.
11. Числовые характеристики СП на выходе безынерционных НЭ.
12. Действие СП на ограничитель. Пример.
13. Действие СП на двухсторонний ограничитель и компаратор.
14. Нелинейное резонансное усиление. Повышение кпд.
15. Умножение частоты. Факторы, ограничивающие умножение частоты в одном каскаде.

37. Обобщенная 3-х точечная схема. Индуктивная "трехточка".
38. Емкостная "трехточка". Двухконтурные генераторы.
39. Генераторы с внутренней ОС на туннельном диоде.
40. RC –генератор с фазобалансной цепью.
41. RC–генератор с мостом Вина.
42. Трехзвенные RC-генераторы с использованием ФНЧ и ФВЧ.
43. ЧМ. Управление частотой контура генератора.
44. ФМ. Управление частотой контура генератора
45. ФМ. Управление частотой контура резонансного усилителя.
46. Получение ФМ из АМ.
47. Детектирование ЧМК преобразованием его в АМК.
48. Детектирование ФМК.
49. Параметрические цепи. Преобразование сигналов с использованием функциональных преобразователей (аналоговых перемножителей сигналов – АПС).
50. Элементы дискретной обработки сигналов. КИХ и БИХ фильтры.
51. Элементы синтеза радиоцепей.
52. Основные понятия кепстрального анализа сигналов.

Примеры экзаменационных задач

Для экзамена используются задачи из учебных пособий:

1. Радиотехнические цепи и сигналы. Задачи и задания : Учебное пособие / Под ред. проф. А.Н. Яковлева. – М.: ИНФРА-М; Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 348 с. – (Серия «Высшее образование»).
2. Яковлев А.Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях. Теория, примеры, упражнения и задания., 2014. –490 с. (неофиц. ресурсы). Или тоже:
Яковлев А. Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях. Теория, примеры, упражнения и задания / А. Н. Яковлев. – Saarbrücken : LAMBERT Acad. Publ., 2014. – 497 с. – ISBN-13: 978-3-659-61352-4, ISBN-10: 3659613525, EAN: 9783659613524.

Задачи в пособии [2] все мной решены (ответы имеются в конце пособия). Далее несколько примеров задач.

1. К НЭ, характеристика которого аппроксимирована кусочно-линейной зависимостью

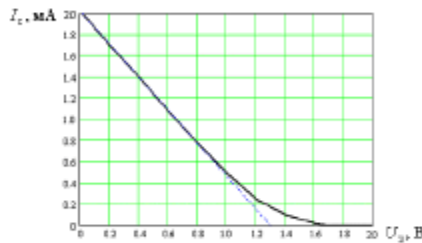
$$i = \begin{cases} S(u - U_H), & u > U_H, \\ 0, & u < U_H, \end{cases}$$

где $S = 4 \text{ мА/В}$, $U_H = -4 \text{ В}$, приложено напряжение $u(t)$:

$$u(t) = U_0 + U_m \cos \omega_0 t, \text{ В}$$

с $U_0 = -4 \text{ В}$ и $U_m = 4 \text{ В}$. Определите составляющие тока I_0 , I_1 и I_2 .

2. На вход полевого транзистора (КП103Ж), проходная характеристика которого показана на рисунке, действует напряжение:



$$u(t) = U_0 + U_m \cos \omega_0 t, \text{ В},$$

где $U_0 = 0.8 \text{ В}$, $U_m = 0.8 \text{ В}$.

Определите первые три составляющие тока.

3. Проходная характеристика полевого транзистора аппроксимирована выражением

$$i = A[1 - \sin(qu)],$$

где $A = 2 \text{ мА}$, $q = \pi / 2U_H$, $U_H = 1.6 \text{ В}$ – начальное напряжение, $u = 0.8 \cos \omega_0 t$.

Определите первые три составляющие тока.

5. На диод, характеристика которого аппроксимирована кусочно-нелинейной зависимостью

– прямой $i = 0$ при $u < 0$ и параболой $i = au^2$ при $u > 0$, действует напряжение:

$$\text{а) } U_m(1 + \cos \omega_0 t); \quad \text{б) } U_m \cos \omega_0 t.$$

Найдите значение постоянной составляющей и амплитуды первой гармоники тока диода.

6. К диоду, характеристика которого аппроксимирована экспонентой $i = 0.5^9 u$ мкА, подведено напряжение, описываемое выражением

$$u(t) = U_0 + U_m \cos \omega_0 t, \text{ В},$$

при этом $U_0 = 0.4 \text{ В}$, $U_m = 0.4 \text{ В}$.

Найдите составляющие тока I_0 , I_1 и I_2 методами с использованием формул трех ординат и модифицированных функций Бесселя. Что произойдет с составляющими тока при увеличении: а) смещения U_0 ; б) амплитуды сигнала U_m ?

7. На нелинейный элемент, ВАХ которого (рис. 8.6) аппроксимируется выражением $i = 0.25u^2$ мА, подается сигнал

$$u(t) = U_0 + U_1 \cos \omega_1 t + U_2 \cos \omega_2 t,$$

где $U_0 = 4 \text{ В}$, $U_1 = 1 \text{ В}$, $U_2 = 2 \text{ В}$.

Найдите спектр тока. Определите мощность P_K комбинационных колебаний.

8. Найдите математическое ожидание m_i и среднюю мощность P_i случайного процесса $I(t)$, получаемого на выходе безынерционного НЭ с характеристикой:

$$i(u) = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 \text{ (мА)}$$

при действии на его вход случайного процесса $U(t)$ с одномерной плотностью вероятности $w(u)$:

$$w(u) = 1/2b \text{ (1/В)}, \quad 0 \leq u \leq b \text{ (В)}.$$

На вход безынерционного НЭ, имеющего характеристику $y = Ae^{ax}$, подается случайный процесс $X(t)$ с одномерной плотностью вероятности:

$$w(u) = \begin{cases} 1/b, & 0 < u < b, \\ 0, & \text{вне этого интервала.} \end{cases}$$

Найдите одномерную плотность вероятности $w(y)$, математическое ожидание m_y , среднюю мощность P_y и дисперсию $D_y = \sigma_y^2$ случайного процесса на выходе НЭ.

9. Найдите одномерную плотность вероятности $w(i)$ случайного процесса $I(t)$, получаемого на выходе безынерционного НЭ с характеристикой $i = f(u) = au^3$ при $u > 0$. На вход НЭ воздействует СП $U(t)$ с плотностью вероятности:

$$w(u) = \begin{cases} 1/2b, & -b < u < b, \\ 0, & \text{вне этого интервала.} \end{cases}$$

Постройте график $w(i)$. Найдите математическое ожидание m_i процесса $I(t)$.

10. Определите плотность вероятности $w(i)$ на выходе безынерционного НЭ, если на его вход воздействует случайный процесс $U(t)$ с плотностью вероятности:

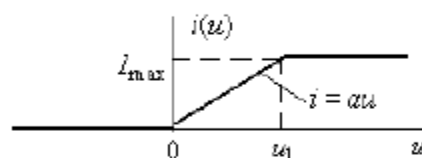
$$w(u) = \begin{cases} 1/(1/B), & -0.5 < u < 0.5 (B), \\ 0, & \text{вне этого интервала.} \end{cases}$$

Характеристика НЭ аппроксимирована линейно-ломаной:

$$i = \begin{cases} au, & \text{при } u > 0, \\ 0, & \text{при } u < 0. \end{cases}$$

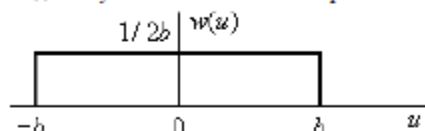
Найдите также математическое ожидание m_i , среднюю мощность P_i и дисперсию D_i СП на выходе безынерционного НЭ.

11. Найдите и постройте графически плотность вероятности $w(i)$ СП $I(t)$, получаемого на выходе безынерционного НЭ с характеристикой $i = f(u)$ (см. рис.). $i(u) = au$



$$i = \begin{cases} 0, & \text{при } u < 0, \\ au, & 0 < u < u_1, \\ I_{\max}, & \text{при } u > u_1. \end{cases}$$

На вход НЭ воздействует СП с плотностью вероятности $w(u)$



$$w(u) = \begin{cases} 1/2b, & -b < u < b, \\ 0, & \text{вне этого интервала.} \end{cases}$$

Найдите также математическое ожидание m_i процесса $I(t)$. Проанализируйте влияние

12. Схема нелинейного резонансного усилителя показана на рис.1. В усилителе использован транзистор, проходная характеристика которого может быть аппроксимирована ломаной прямой (рис. 2). На базу транзистора подано напряжение

$$u_{\text{б}}(t) = -0.3 + U_{\text{б}} \cos \omega_0 t, \text{ В.}$$

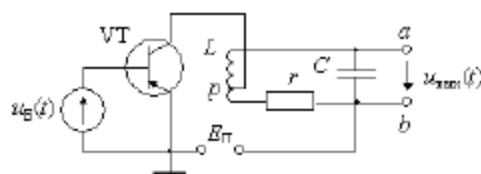


Рис. 1

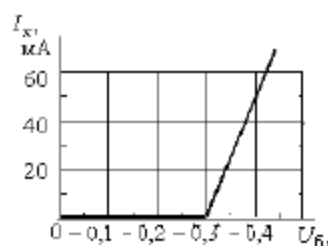


Рис. 2

Контур в коллекторной цепи настроен на частоту ω_0 , сопротивление контура при резонансе, пересчитанное в цепь коллектора, равно 100 Ом (при коэффициенте включения $p = 0.1$). Определите амплитуды напряжений на входе $U_в$ и выходе $U_{вых}$ усилителя, если известно, что постоянная составляющая коллекторного тока равна $I_{к0} = 30 \text{ мА}$.

13. Вольтамперная характеристика НЭ аппроксимирована зависимостью:

$$i(u) = 200 + 120u + 1.5u^2 + 0.05u^3, \text{ мА},$$

Напишите уравнение колебательной характеристики для смещения $U_0 = -10 \text{ В}$.

Напишите также уравнение для статической модуляционной характеристики.

14. К нелинейному сопротивлению, характеристика которого аппроксимирована ломаной прямой ($U_H = -10 \text{ В}$, $S = 2 \text{ мА/В}$), приложено напряжение

$$u(t) = U_0 + 20 \cos \omega_0 t, \text{ В}.$$

Определите, при каком смещении U_0 амплитуда тока второй гармоники максимальна. Найдите ее.

15. Характеристика нелинейного элемента аппроксимирована ломаной прямой ($U_H = -10 \text{ В}$, $S = 40 \text{ мА/В}$). На вход НЭ подан сигнал вида

$$u(t) = U_0 + U_m \cos \omega_0 t, \text{ В}.$$

Определите U_0 и U_m для оптимального построения утроителя частоты. Постоянная составляющая тока утроителя не должна превышать $I_0 = 20 \text{ мА}$.

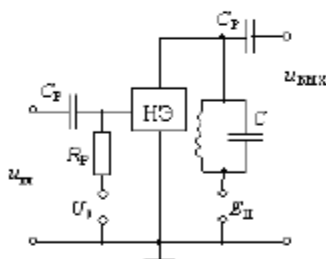
16. На НЭ схемы амплитудной модуляции подается напряжение:

$$u(t) = 4 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot 10^3 t) + 5 \cos(2\pi \cdot 10^6 t), \text{ В}.$$

ВАХ задана уравнением

$$i = 20 + 2u + 0.15u^2, \text{ мА}.$$

Определите коэффициенты модуляции M_i тока в НЭ и напряжения M_u на контуре, если контур настроен на несущую частоту колебания и имеет добротность $Q = 50$.



17. На НЭ, вольтамперная характеристика которого аппроксимирована выражением

$$i = 10 + 2u + 0.2u^2, \text{ мА},$$

подается напряжение

$$u(t) = 3 \cos \omega_0 t + 2 \cos \Omega t, \text{ В}.$$

Найдите значения амплитуд тока I_{ω_0} , $I_{\omega_0 - \Omega}$, $I_{\omega_0 + \Omega}$, а также коэффициент модуляции по току M_i .

18. На базу транзистора подано напряжение ВЧ с амплитудой 0.1 В , напряжение НЧ с амплитудой 0.05 В и смещение 0.15 В . ВАХ транзистора аппроксимирована кусочно-линейной зависимостью:

$$i_k = \begin{cases} S(u_\delta - U_n), & \text{при } u_\delta > U_n = 0.15 \text{ В}, \\ 0, & \text{при } u_\delta < U_n; \quad S = 500 \text{ мА/В}. \end{cases}$$

Найдите коэффициенты модуляции по току M_i и напряжению M_u , если контур

настроен в резонанс на несущую частоту и имеет параметры: $\omega_0 = 10^6 \text{ рад/с}$,

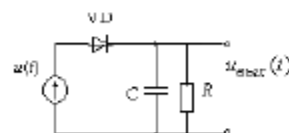
$$\Omega = 10^4 \text{ рад/с}, \quad L = 1 \text{ мГн}, \quad Q = 50, \quad C = 1 \text{ нФ}$$

19. На нагрузке диодного детектора необходимо получить напряжение НЧ с амплитудой 1 В при коэффициенте модуляции входного напряжения $M = 40 \%$.

Определите, какова должна быть амплитуда несущей частоты АМ напряжения на входе детектора. Характеристика диода аппроксимирована кусочно-линейной зависимостью:

$$i = \begin{cases} Su, & u > 0, \\ 0, & u < 0, \end{cases}$$

где $S = 2 \text{ мА/В}$. Параметры нагрузки: $R = 500 \text{ кОм}$, $C = 250 \text{ нФ}$.



20. В преобразователе частоты использован полевой транзистор КП303Е, ВАХ которого аппроксимируется относительно рабочей точки $U_0 = -1.5 \text{ В}$ полиномом

$$i = 4 + 1.1(u + 1.5) + 0.7(u + 1.5)^2, \text{ мА}.$$

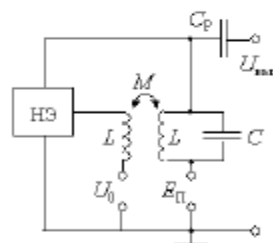
Ко входу транзистора приложено напряжение

$$u = -1.5 + 0.05 \left[1 + 0.8 \cos(2\pi \cdot 5 \cdot 10^3 t) \right] \cos(2\pi \cdot 10^6 t) + 0.75 \cos(2\pi \cdot f_z t), \text{ В}.$$

Контур настроен на промежуточную частоту $f_{np} = 465 \text{ кГц}$, его добротность с учетом шунтирующего действия транзистора равна 50, емкость контура 360 пФ.

Определите частоту гетеродина, крутизну преобразования, коэффициент усиления, а также напряжение на контуре. Как скажется увеличение добротности контура на линейные искажения напряжения на контуре?

21. Найти минимальную взаимную индуктивность M , при которой наступит самовозбуждение автогенератора. Параметры контура: $L = 500 \text{ мкГн}$, $C = 2 \text{ нФ}$, $r = 50 \text{ Ом}$. Параметры НЭ в рабочей точке: $S = 1 \text{ мА/В}$, $\mu = SR_i = 20$.

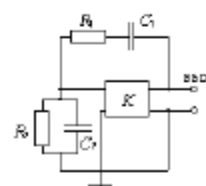


22. Схема RC-генератора гармонических колебаний приведена на рисунке. Найдите частоту генерации и сформулируйте требования ($K = ?$, $\phi_k = ?$), предъявляемые к усилителю.

Параметры схемы:

$$R_1 = 0.5 \text{ МОм}, \quad R_2 = 0.1 \text{ МОм}, \quad C_1 = 0.02 \text{ мкФ},$$

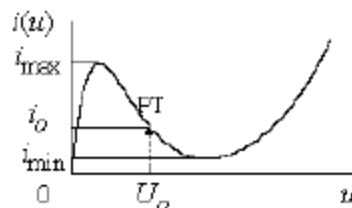
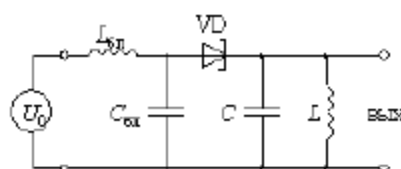
$$C_2 = 0.04 \text{ мкФ}.$$



23. ВАХ туннельного диода имеет следующие экстремальные значения токов:

$$i_{\max} = 10 \text{ мА}, \quad i_{\min} = 2 \text{ мА}. \text{ Колебательный контур, подключенный к этому туннельному диоду,}$$

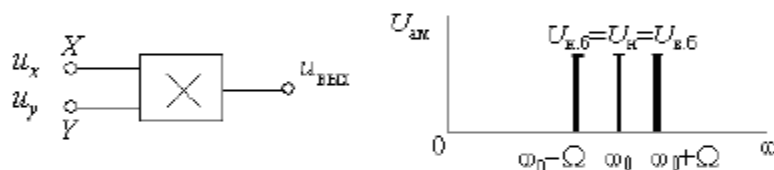
имеет следующие параметры: $Q = 10$, $C = 1000 \text{ пФ}$, $L = 0.1 \text{ мкГн}$.



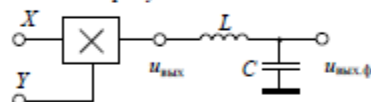
Определите амплитуду стационарных колебаний, если динамическая нагрузочная характеристика проходит через экстремальные точки ВАХ.

Указания. При определении первой гармоники тока через туннельный диод воспользуйтесь методом трех ординат.

24. Спектральная диаграмма АМК, полученного с использованием ПС, показана на рисунке. Определите коэффициент модуляции M и амплитуду модулирующего сигнала U_Ω , если смещение U_0 считается заданным. Запишите аналитическое выражение и изобразите временную диаграмму АМК.



25. Схема преобразователя частоты с использованием АПС и последовательного колебательного контура показана на рисунке:



Определите и изобразите спектр напряжения на выходе АПС, если на его входы подаются напряжения:

$$u_x(t) = U_m [1 + M \cos(\Omega t)] \cos \omega_0 t, \quad u_y(t) = U_r \cos \omega_r t.$$

Запишите выражение для напряжения на выходе контура, если известны его параметры: L , C , Q и $\omega_p = \omega_0 - \omega_r = \omega_{пр}$.

26. Аналоговый сигнал $x(t) = Ae^{-\alpha t} \sigma(t)$ дискретизирован с шагом $T = 0.1$ мс. Параметры сигнала: $A = 10$ В, $\alpha = 2000$ 1/с. Запишите дискретную последовательность $x_d(t) = x(nT)$ и вычислите первые 13 отсчетов.

Восстановите (аппроксимируйте) сигнал по этим отсчетам рядом Котельникова

27. Задан сигнал $S(t) = 1/\pi t$, $-\infty < t < \infty$. Определите комплексный кепстр

Паспорт курсовой работы

подисциплине «Дополнительные разделы радиотехнических цепей и сигналов», 6 семестр

1. Методика оценки.

Задание:

Задание 1. Задача 1. Нелинейные элементы и воздействие на них
гармонических колебаний

Задача 2. Воздействие стационарного случайного сигнала на
безынерционный нелинейный элемент

Задание 2. Задача 1. Нелинейное резонансное усиление и умножение частоты

Задача 2. Амплитудная модуляция сигналов

Задание 3. Задача 1. Детектирование АМ сигнала

Задача 2. Нелинейные преобразования сигналов в радиопеях

Задание 4. Задача 1. Генерирование гармонических колебаний

Задача 2. Основные преобразования сигналов с использованием
АПС

Структура:

Титульный лист, исходные данные и решения задач

Этапы выполнения и защиты: выдача задания, выполнение задания, защита

Оцениваемые позиции: правильность решения и качество выполнения

2. Критерии оценки.

- работа считается **не выполненной**, если отсутствует часть заданий, оценка составляет менее 50 баллов.
- работа считается выполненной на **пороговом** уровне, если в решениях задач есть ошибки, оценка составляет 50-72 баллов.
- работа считается выполненной на **базовом** уровне, если задачи решены правильно, но есть недочеты, оценка составляет 73-86 баллов.
- работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если задачи решены правильно, или есть 1 недочет, оценка составляет 87-100 баллов.

3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

Нелинейные цепи.

5. Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

1. Нелинейное усиление
2. Детектирование сигналов.
3. Генерирование гармонических колебаний