

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Факультет физико-технический

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Хагуров Т.А.

20 апреля 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.07 УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ  
И ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ**

Направление подготовки: 11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль): Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Форма обучения очная

Квалификация выпускника: бакалавр

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины Б1.В.07 «Устройства генерирования и формирования сигналов» составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника, направленность (профиль) «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов».

Программу составил:

Ильченко Г.П., доцент кафедры  
радиофизики и нанотехнологий ФТФ КубГУ,  
канд. физ.-мат. наук



---

подпись

Рабочая программа дисциплины «Устройства генерирования и формирования сигналов» утверждена на заседании кафедры (разработчика) радиофизики и нанотехнологий  
протокол № 6 20 апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Копытов Г.Ф.



---

подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) радиофизики и нанотехнологий  
протокол № 6 20 апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей) Копытов Г.Ф.



---

подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета  
протокол № 9 20 апреля 2020 г.

Председатель УМК факультета Н.М. Богатов



---

подпись

Рецензенты:

Куликов О.Н., ведущий инженер по патентной и изобретательской работе, ООО «НК "Роснефть" – НТЦ», канд. физ.-мат. наук

Исаев В.А., заведующий кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий ФТФ КубГУ, доктор физ.-мат. наук, профессор

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1 Цель дисциплины

Учебная дисциплина «Устройства генерирования и формирования сигналов» ставит своей целью формирование знаний в области теории работы, методов анализа и проектирования основных типов устройств, предназначенных для генерирования, усиления и управления высокочастотными колебаниями в различных диапазонах волн, а также знакомство с параметрами и характеристиками таких устройств, с основными техническими и конструктивными требованиями к ним, связью этих требований с назначением и параметрами радиосистем, в которых эти устройства используются.

### 1.2 Задачи дисциплины

- изучение теоретических основ построения основных типов устройств для генерирования и формирования сигналов в различных диапазонах частот, включая СВЧ диапазон;
- формирование навыков анализа и синтеза проектирования устройств генерирования и формирования сигналов;
- формирование умения применять на практике методы расчета устройств генерирования и формирования сигналов.

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Устройства генерирования и формирования сигналов» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Блока 1 учебного плана. Для успешного изучения дисциплины необходимы знания дисциплин «Основы теории цепей», «Электроника», «Радиотехнические цепи и сигналы». Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин «Радиотехнические системы», «Цифровая обработка сигналов», «Устройства приема и обработки сигналов», «Радиоавтоматика», «Основы телевидения и видеотехники».

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций (ПК):

№ п. п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-18	способностью владеть правилами и методами монтажа, настройки и регулировки узлов радиотехнических устройств и систем	основные физические процессы, происходящие в устройствах генерирования и формирования сигналов радиосигналов различных диапазонов длин волн и уровней мощностей; принципы функционирования и методы расчёта устройств генерирования и формирования	уметь составлять структурные и принципиальные схемы устройств генерирования сигналов в зависимости от технических требований установленных на них; проводить анализ и синтез устройств генерирования и формирования сигналов с помощью персональных ЭВМ.	навыками экспериментального исследования устройств генерирования и формирования сигналов в рамках физического и математического моделирования
2.	ПК-19	способностью принимать участие в организации технического обслуживания и настройки радиотехнических устройств и систем	типовые технические требования к устройствам формирования сигналов	выполнять расчёт режимов и основных технических характеристик устройств генерирования и формирования сигналов рассчитывать и анализировать параметры устройств генерирования и формирования сигналов на персональных ЭВМ	навыками измерения параметров устройств генерирования и формирования сигналов

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач. ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры	
			7	
<b>Контактная работа, в том числе:</b>				
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		80	80	
В том числе:				
Занятия лекционного типа		32	32	
Занятия семинарского типа		16	16	
лабораторные работы		32	32	
<b>Иная контактная работа:</b>				
Контроль самостоятельной работы (КСР)		6	6	
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3	
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>				
Курсовая работа		-	-	
Проработка учебного (теоретического) материала		20	20	
Подготовка к защите лабораторных работ		20	20	
Реферат		10	10	
Подготовка презентации по теме реферата		8	8	
<b>Контроль</b>				
Подготовка к экзамену		36	36	
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	180	180	
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>86,3</b>	<b>86,3</b>	
	<b>зач. ед</b>	5	5	

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в дисциплину, общие понятия	4	2	-		2
2	Умножители частоты, усилители мощности, сложение мощностей генераторов	26	6	4	4	12
3	Автогенераторы (АГ) гармонических колебаний и синтезаторы сетки частот	26	6	2	10	8
4	Модуляция сигнала в передатчиках	35	6	3	14	12
5	Устройства для передачи цифровой информации	11	2	1	4	4
6	Диодные и транзисторные генераторы СВЧ	16	4	4	-	8
7	Усилители мощности и автогенераторы на электровакуумных приборах типа О и типа М	14	4	2	-	8
8	Тенденции развития теории и техники формирования сигналов	6	2	-	-	4
	<i>Итого по дисциплине:</i>	<b>138</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>58</b>

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Введение в дисциплину, общие понятия	Назначение и области применения устройств формирования сигналов (УФС). Классификация УФС. Требования к качеству формирования сигнала, определяемые спецификой радиосистемы и задачей обеспечения электромагнитной совместимости. Основные энергетические характеристики. Типовые структурные схемы и основные функциональные узлы УФС. Качественные характеристики УФС, определяемые конкретными функциональными узлами. Основные типы активных приборов (АП) ВЧ и СВЧ, применяемые в УФС.	Устный опрос, реферат, презентация
2	Умножители частоты, усилители мощности, сложение мощностей генераторов	Основы теории расчета усилителей мощности (УМ): структурная схема; энергетический баланс; графоаналитический метод анализа работы УМ; метод расчёта, основанный на идеализации характеристик активных приборов; гармонический анализ процессов в УМ; влияние питающих напряжений и нагрузки на режим работы УМ; пути повышения КПД; особенности работы транзисторных УМ при учете инерционных явлений; ключевые режимы; цепи согласования УМ; фильтрация высших гармоник; методы обеспечения заданной полосы пропускания; широкополосные УМ. Умножитель частоты (УЧ): области применения; основные классы УЧ; УЧ с безынерционными АП; Сравнительные энергетические характеристики УЧ и УМ; Схемы УЧ, особенности цепей согласования УЧ. Особенности умножителей частоты на инерционных трехполюсных АП. Варакторные УЧ. Эквивалентная схема варактора. Схемы, основные характеристики. Умножители частоты с ненагруженными контурами. Сложение мощностей генераторов. Сложение мощностей в УМ с параллельным соединением АП и в двухтактных схемах. Схемы сложения мощностей произвольного числа генераторов. Понятие кажущегося сопротивления нагрузки. Мостовые схемы сложения, их особенности. Области применения синфазных, квадратурных и радиальных мостов. Сложение мощностей отдельных генераторов в пространстве. Влияние выбора способа сложения мощностей на надёжность УФС.	Устный опрос, реферат, презентация
3	Автогенераторы (АГ) гармонических колебаний и синтезаторы сетки частот	Автогенераторы (АГ) гармонических колебаний и синтезаторы сетки частот. Основные требования. Уравнение стационарного режима АГ. Условия устойчивости стационарного режима. Стабильность частоты и амплитуды колебаний. Шумовые характеристики АГ. Шумы активных элементов (биполярных и полевых транзисторов). Спектральная плотность фазовых флуктуаций АГ, обусловленная шумом АП. Основные схемы АГ. Методы стабилизации частоты автоколебаний. Применение дополнительных высокочастотных (в том числе кварцевых) резонаторов для стабилизации частоты. Управление частотой автоколебаний. Методы линеаризации характеристики перестройки. Возбудители УФС с синтезаторами частот (СЧ). Основные характеристики СЧ. Методы синтеза сетки дискретных частот. Использование фазовой автоподстройки частоты (ФАП). Особенности характеристик СЧ прямого и косвенного	Устный опрос, реферат, презентация

		синтеза. Цифровые вычислительные СЧ.	
4	Модуляция сигнала в передатчиках	<p>Амплитудная модуляция (АМ) в усилителях мощности. Требования к устройствам формирования АМ сигнала; способы реализации АМ в УМ, энергетические характеристики модулируемого каскада при различных видах АМ; схемы осуществления АМ; усиление АМ; Характеристики и особенности расчета УМ и модулятора. Динамические модуляционные характеристики, искажения при амплитудной модуляции.</p> <p>Передатчики с угловой модуляцией (УМ). Формирование радиосигналов с частотной и фазовой модуляцией (ЧМ и ФМ). Требования к характеристикам усилительного тракта. Основные методы и схемы формирования сигналов с ЧМ и ФМ; их сравнительные характеристики. Искажения при формировании сигналов с УМ. Углубление угловой модуляции при умножении частоты; взаимное преобразование ЧМ и ФМ.</p> <p>Методы формирования сигналов с однополосной модуляцией. Преимущества систем связи на одной боковой полосе (ОБП); требования к усилительному тракту; основные элементы устройств формирования сигналов с ОБП, особенности усиления сигналов с ОБП. Многоканальные системы связи с ОБП.</p>	Устный опрос, реферат, презентация
5	Устройства для передачи цифровой информации	<p>Методы и устройства осуществления дискретных видов модуляции. Особенности спектральных и энергетических характеристик дискретных сигналов. Амплитудная, частотная, фазовая и относительная фазовая манипуляции (двух и многопозиционные). Принципы формирования сигналов со сложными видами модуляции в современных системах связи.</p>	Устный опрос, реферат, презентация
6	Диодные и транзисторные генераторы СВЧ	<p>Транзисторные генераторы СВЧ. Изменение характеристик АП и колебательных систем при переходе в СВЧ диапазон. Параметры, особенности конструкции транзисторов и колебательных систем. Схемы генераторов на коаксиальных и полосковых линиях. Расчет элементов схем генераторов. Автогенераторы СВЧ. Особенности их эквивалентных схем и расчета. Интегральные и гибридно-интегральные схемы СВЧ генераторов.</p> <p>Диодные генераторы СВЧ: основные типы генераторных диодов; принцип действия туннельного диода (ТД), лавинно-пролетного диода (ЛПД) и диода Ганна (ДГ). Основные энергетические соотношения. Сравнительная характеристика энергетических и шумовых характеристик генераторных СВЧ диодов; области применения; схемы и конструкции диодных генераторов СВЧ</p>	Устный опрос, реферат, презентация
7	Усилители мощности и автогенераторы на электровакуумных приборах типа О и типа М	<p>Выходные ступени передатчиков СВЧ на пролётных клистродах (ПК) и лампах бегущей волны (ЛБВ). Основные технические характеристики и области применения. Характеристики умножительных клистронов. Модуляция в клистроновых генераторах. Отражательные клистроны. Принцип генерации автоколебаний в отражательном клистроне. Зоны генерации. Нагрузочные и регулировочные характеристики. Частотная модуляция. Энергетические соотношения в генераторах на ЛБВ. Регулировочные характеристики усилителей на ЛБВ. Модуляция в ЛБВ</p> <p>Генераторные приборы СВЧ магнетронного типа. Основные технические характеристики и принцип действия приборов типа «М». Области применения и основные свойства магне-</p>	Устный опрос, реферат, презентация

		тронов. Многорезонаторный магнетрон, его рабочие и нагрузочные характеристики. Платинотронные генераторы. Платинотрон в режиме амплитрона и стабилитрона. Модуляция магнетронных и платинотронных генераторов. Основные характеристики и особенности конструкции митронного генератора. ЛБВ и ЛОВ (лампа обратной волны) типа «М»	
8	Тенденции развития теории и техники формирования сигналов	Тенденции развития теории и техники формирования сигналов	Устный опрос, реферат, презентация

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1.	Введение в дисциплину, общие понятия	Классы излучения радиопередающих устройств, технические характеристики современных систем связи и передачи сигналов	контрольная работа, проверка домашнего задания.
2.	Умножители частоты, усилители мощности, сложение мощностей генераторов	Схемы сложения мощностей генераторов применяемые на практике. Моделирование на ЭВМ усилителя мощности в различных режимах работы.	контрольная работа, проверка домашнего задания.
3.	Автогенераторы (АГ) гармонических колебаний и синтезаторы сетки частот	Моделирование на ЭВМ автогенераторов гармонических колебаний.	контрольная работа, проверка домашнего задания.
4.	Модуляция сигнала в передатчиках	Моделирование на ЭВМ амплитудного модулятора. Моделирование на ЭВМ частотного модулятора. Моделирование на ЭВМ фазового модулятора.	контрольная работа, проверка домашнего задания.
5.	Устройства для передачи цифровой информации	Методы и устройства осуществления дискретных видов модуляции. Особенности спектральных и энергетических характеристик дискретных сигналов. Амплитудная, частотная, фазовая и относительная фазовая манипуляции (двух и многопозиционные). Принципы формирования сигналов со сложными видами модуляции в современных системах связи.	
6.	Диодные и транзисторные генераторы СВЧ	Моделирование на ЭВМ диодных и транзисторных генераторов СВЧ.	контрольная работа, проверка домашнего задания.
7.	Усилители мощности и автогенераторы на электровакуумных приборах типа О и типа М	Выходные ступени передатчиков СВЧ на пролётных клистронах (ПК) и лампах бегущей волны (ЛБВ). Основные технические характеристики и области применения. Характеристики умножительных клистронов. Модуляция в клистронных генераторах. Отражательные клистроны. Нагрузочные и регулировочные характеристики. Частотная модуляция. Энергетиче-	контрольная работа, проверка домашнего задания.

		ские соотношения в генераторах на ЛБВ. Регулируемые характеристики усилителей на ЛБВ. Модуляция в ЛБВ Генераторные приборы СВЧ магнетронного типа. Основные технические характеристики и принцип действия приборов типа «М». Области применения и основные свойства магнетронов. Платинотронные генераторы. Платинотрон в режиме амплитрона и стабилизатора. Модуляция магнетронных и платинотронных генераторов. Основные характеристики и особенности конструкции митронного генератора. ЛБВ и ЛОВ (лампа обратной волны) типа «М»	
8.	Тенденции развития теории и техники формирования сигналов	—	

### 2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1.	Умножители частоты, усилители мощности, сложение мощностей генераторов	Исследование умножителя частоты	Защита ЛР
2.	Автогенераторы (АГ) гармонических колебаний и синтезаторы сетки частот	Исследование автогенераторов.	Защита ЛР
3.		Исследование синтезатора частоты	Защита ЛР
4.		Исследование автогенератора с частотной модуляцией.	Защита ЛР
5.	Модуляция сигнала в передатчиках	Исследование частотного модулятора.	Защита ЛР
6.		Исследование однополосной модуляции.	Защита ЛР
7.		Исследование спектров модулированных сигналов.	Защита ЛР
8.	Устройства для передачи цифровой информации	Цифровая система связи	Защита ЛР

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Курсовые работы – не предусмотрены.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1.	Проработка теоретического материала	Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2018.
2.	Подготовка к защите лабораторных работ	Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2018.
3.	Реферат	Бушенева Ю.И. Как правильно написать реферат, курсовую и дипломную работы: Учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 140 с. – Режим



		доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93331">https://e.lanbook.com/book/93331</a> . Кузнецов И.Н. Рефераты, курсовые и дипломные работы. Методика подготовки и оформления [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 340 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93303">https://e.lanbook.com/book/93303</a> .
4.	Подготовка презентации по теме реферата	Вылегжанина А.О. Деловые и научные презентации [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 115 с. – Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660</a> .

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии.

При реализации учебной работы по освоению дисциплины «Устройства генерирования и формирования сигналов» используются современные образовательные технологии:

– информационно-коммуникационные технологии;

– проблемное обучение.

На лекции выносятся 80 % материала, изложенного в программе дисциплины. Остальные 20 % материала выносятся для самостоятельного изучения. При объяснении нового материала используются проблемное изложение, поисковые беседы и презентации с обсуждением. Часть учебного материала предъявляется также и в электронном виде для ознакомления и изучения. Благодаря этому сокращается время на конспектирование лекционных занятий, что позволяет показывать наглядные пособия, обсуждать современные достижения науки и техники и разбирать конкретные электронные схемы более подробно.

На семинарских занятиях студенты знакомятся с методами расчета трансформаторов, выпрямителей и стабилизаторов, выполняют контрольные работы, выступают с презентациями по теме реферата.

На лабораторных занятиях студенты, применяя на практике теоретические знания, собирают на макетных панелях электронные схемы и исследуют их работу в различных режимах, учатся работать с цифровыми и аналоговыми измерительными приборами. Лабораторные работы выполняются малыми группами студентов по 2 человека.

Эффективность учебной деятельности студентов оценивается по рейтинговой системе.

В учебном процессе используются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: презентация с обсуждением, поисковая беседа, работа в малых группах.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущий контроль:

– контрольные вопросы по разделам учебной программы;

– защита лабораторных работ;

– реферат;

- презентация по теме реферата;
- внутрисеместровая аттестация.

Промежуточный контроль:

- экзамен.

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации**

##### **4.1.1 Примеры контрольных вопросов по разделам учебной программы.**

Контрольные вопросы предназначены:

- для устного опроса на лекционных занятиях;
- для внутрисеместровой аттестации;
- в качестве дополнительных теоретических вопросов при сдаче студентами отчетов по лабораторным работам.

##### Раздел 1.

По каким признакам классифицируются устройства формирования сигналов?

Каковы их основные параметры?

Нарисуйте и объясните назначение каждого из компонент структурной схемы устройства формирования сигналов.

##### Раздел 2.

Нарисуйте и объясните назначение каждого из компонент структурной схемы усилителя мощности?

Какие существуют энергетические соотношения в усилителе мощности?

Нарисуйте и объясните принцип работы усилителя мощности с резонансным контуром?

##### **4.1.2 Примерные темы рефератов.**

1. Усилитель мощности: структурная схема; энергетический баланс; графоаналитический метод анализа работы усилителя мощности.
2. Умножитель частоты: области применения; основные классы умножителей частоты.
3. Сложение мощностей генераторов.
4. Автогенераторы гармонических колебаний и синтезаторы сетки частот.
5. Методы стабилизации частоты автоколебаний.
6. Амплитудная модуляция в усилителях мощности.

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

##### **4.2.1. Перечень вопросов, выносимых на экзамен:**

1. Назначение и области применения устройств формирования сигналов (УФС). Классификация устройств формирования сигналов.
2. Требования к качеству формирования сигнала, определяемые спецификой радиосистемы и задачей обеспечения электромагнитной совместимости. Основные энергетические характеристики.
3. Типовые структурные схемы и основные функциональные узлы устройств формирования сигналов. Качественные характеристики устройств формирования сигналов, определяемые конкретными функциональными узлами.
4. Основные типы активных приборов ВЧ и СВЧ, применяемые в устройствах формирования сигналов.
5. Основы теории расчета усилителей мощности.
6. Усилитель мощности: структурная схема; энергетический баланс; графоаналитический метод анализа работы усилителя мощности;
7. Метод расчёта усилителей мощности, основанный на идеализации характеристик активных приборов; гармонический анализ процессов в усилителях мощности;
8. Влияние питающих напряжений и нагрузки на режим работы усилителя мощности; пути повышения КПД;
9. Особенности работы транзисторных усилителей мощности при учете инерционных явлений; ключевые режимы;

10. Цепи согласования усилителей мощности; фильтрация высших гармоник; методы обеспечения заданной полосы пропускания; широкополосные усилители мощности.
11. Умножитель частоты: области применения; основные классы умножителей частоты; Умножитель частоты с безынерционными активными приборами;
12. Сравнительные энергетические характеристики умножителей частоты и усилителей мощности; Схемы умножителей частоты, особенности цепей согласования умножителей частоты.
13. Особенности умножителей частоты на инерционных трехполюсных активных приборах. Варакторные умножители частоты. Эквивалентная схема варактора. Схемы, основные характеристики.
14. Умножители частоты с ненагруженными контурами.
15. Сложение мощностей генераторов. Сложение мощностей в усилителях мощности с параллельным соединением активных приборов и в двухтактных схемах. Схемы сложения мощностей произвольного числа генераторов. Понятие кажущегося сопротивления нагрузки.
16. Мостовые схемы сложения, их особенности. Области применения синфазных, квадратурных и радиальных мостов. Сложение мощностей отдельных генераторов в пространстве. Влияние выбора способа сложения мощностей на надёжность устройств формирования сигналов.
17. Автогенераторы гармонических колебаний и синтезаторы сетки частот. Основные требования. Уравнение стационарного режима автогенератора. Условия устойчивости стационарного режима. Стабильность частоты и амплитуды колебаний.
18. Шумовые характеристики автогенераторов. Шумы активных элементов (биполярных и полевых транзисторов).
19. Спектральная плотность фазовых флуктуаций автогенераторов, обусловленная шумом активных приборов.
20. Основные схемы автогенераторов. Методы стабилизации частоты автоколебаний. Применение дополнительных высокочастотных (в том числе кварцевых) резонаторов для стабилизации частоты.
21. Управление частотой автоколебаний. Методы линеаризации характеристики перестройки.
22. Возбудители устройств формирования сигналов с синтезаторами частот. Основные характеристики синтезаторов частот.
23. Методы синтеза сетки дискретных частот. Использование фазовой автоподстройки частоты (ФАП).
24. Особенности характеристик синтезаторов частот прямого и косвенного синтеза.
25. Цифровые вычислительные синтезаторы частот.
26. Амплитудная модуляция (АМ) в усилителях мощности. Требования к устройствам формирования АМ сигнала; способы реализации АМ в усилителях мощности, энергетические характеристики модулируемого каскада при различных видах АМ; схемы осуществления АМ; усиление АМ;
27. Характеристики и особенности расчета усилителя мощности и модулятора. Динамические модуляционные характеристики, искажения при амплитудной модуляции.
28. Передатчики с угловой модуляцией. Формирование радиосигналов с частотной и фазовой модуляцией (ЧМ и ФМ). Требования к характеристикам усилительного тракта.
29. Основные методы и схемы формирования сигналов с ЧМ и ФМ; их сравнительные характеристики.
30. Искажения при формировании сигналов с угловой модуляцией. Углубление угловой модуляции при умножении частоты; взаимное преобразование ЧМ и ФМ.
31. Методы формирования сигналов с однополосной модуляцией. Преимущества систем связи на одной боковой полосе; требования к усилительному тракту.
32. Основные элементы устройств формирования сигналов с одной боковой полосой, особенности усиления сигналов с одной боковой полосой. Многоканальные системы связи с одной боковой полосой.

33. Методы и устройства осуществления дискретных видов модуляции. Особенности спектральных и энергетических характеристик дискретных сигналов.
34. Амплитудная, частотная, фазовая и относительная фазовая манипуляции (двух и многопозиционные). Принципы формирования сигналов со сложными видами модуляции в современных системах связи.
35. Транзисторные генераторы СВЧ. Изменение характеристик активных приборов и колебательных систем при переходе в СВЧ диапазон. Параметры, особенности конструкции транзисторов и колебательных систем.
36. Схемы генераторов на коаксиальных и полосковых линиях. Расчет элементов схем генераторов.
37. Автогенераторы СВЧ. Особенности их эквивалентных схем и расчета. Интегральные и гибридно-интегральные схемы СВЧ генераторов.
38. Диодные генераторы СВЧ: основные типы генераторных диодов; принцип действия туннельного диода (ТД), лавинно-пролетного диода (ЛПД) и диода Ганна (ДГ).
39. Основные энергетические соотношения диодных генераторов СВЧ. Сравнительная характеристика энергетических и шумовых характеристик генераторных СВЧ диодов.
40. Области применения; схемы и конструкции диодных генераторов СВЧ.
41. Выходные ступени передатчиков СВЧ на пролётных клистродах и лампах бегущей волны. Основные технические характеристики и области применения.
42. Характеристики умножительных клистронов. Модуляция в клистронных генераторах.
43. Отражательные клистроны. Принцип генерации автоколебаний в отражательном клистроне. Зоны генерации. Нагрузочные и регулировочные характеристики. Частотная модуляция.
44. Энергетические соотношения в генераторах на лампах бегущей волны. Регулировочные характеристики усилителей на лампах бегущей волны. Модуляция в лампах бегущей волны.
45. Генераторные приборы СВЧ магнетронного типа. Основные технические характеристики и принцип действия приборов типа «М».
46. Области применения и основные свойства магнетронов. Многорезонаторный магнетрон, его рабочие и нагрузочные характеристики.
47. Платинотронные генераторы. Платинотрон в режиме амплитрона и стабилитрона.
48. Модуляция магнетронных и платинотронных генераторов.
49. Основные характеристики и особенности конструкции митронного генератора. Лампа бегущей волны и лампа обратной волны типа «М».
50. Тенденции развития теории и техники формирования сигналов.

К экзамену по теоретическому материалу лекционных занятий допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные работы, подготовившие реферат и презентацию. Зачет проводится в устной форме, при этом студентам задаются 2 вопроса из общего перечня вопросов к экзамену.

Рекомендуется следующие критерии оценки знаний.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется в том случае, если студент демонстрирует:

- поверхностное знание теоретического материала;
- незнание основных законов, понятий и терминов учебной дисциплины, неверное оперирование ими;

- грубые стилистические и речевые ошибки.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится студентам, которые при ответе:

- в основном знают учебно-программный материал в объёме, необходимом для предстоящей учебы и работы по профессии;
- в целом усвоили основную литературу;
- в ответах на вопросы имеют нарушения в последовательности изложения учебного материала, демонстрируют поверхностные знания вопроса;
- имеют краткие ответы только в рамках лекционного курса;

- приводят нечеткие формулировки физических понятий и законов;
- имеют существенные погрешности и грубые ошибки в ответе на вопросы.

Оценка «**хорошо**» ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают твёрдое знание программного материала, который излагают систематизировано, последовательно и уверенно;
- усвоили основную и наиболее значимую дополнительную литературу;
- допускают отдельные погрешности и незначительные ошибки при ответе;
- в ответах не допускает серьезных ошибок и легко устраняет отдельные неточности с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Оценка «**отлично**» ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала (знание основных понятий, законов и терминов учебной дисциплины, умение оперировать ими);
- излагают материал логично, последовательно, развернуто и уверенно;
- излагают материал с достаточно четкими формулировками, подтверждаемыми графиками, цифрами или примерами;
- владеют научным стилем речи;
- демонстрируют знание материала лекций, базовых учебников и дополнительной литературы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература:**

1. Радиопередающие устройства. Основы теории и расчета : учебное пособие для студентов вузов / В. А. Ворона. - М. : Горячая линия-Телеком, 2007. - 383 с.
2. Устройства генерирования и формирования сигналов: Учебник. / Дегтярь Г.А. – Новосибирск, изд-во НГТУ, 2005.

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Радиопередающие устройства: Учебник для вузов / В. В. Шахгильдян, В. Б. Козырев, А. А. Ляховкин и др.; Под ред. В. В. Шахгильдяна.— 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 2003. —560 с.: ил.

2. Синтезаторы частот и сигналов : Конспекты лекций: Учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломированных специалистов 654200 "Радиотехника" / Белов, Леонид Алексеевич ; Ред. Т.В.Суханова; М-во образования РФ, - М. : САИНС-ПРЕСС, 2002. - 79с.

3. Цифровая связь / Прокис, Джон ; Пер. с англ. Николаева Б.И., Кловского Д.Д.; Под ред. Кловского Д.Д. - М. : Радио и связь, 2000. - 797с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

### **5.3. Периодические издания.**

В библиотеке КубГУ имеются следующие периодические издания по профилю дисциплины:

Вестник связи.

Зарубежная радиоэлектроника.

Известия ВУЗов. Серия: Приборостроение.

Известия ВУЗов. Серия: Радиофизика.

Известия ВУЗов. Серия: Радиоэлектроника.

Радио.

Радиотехника.

Радиотехника и электроника.

Радиотехника. Реферативный журнал. ВИНТИ.

Схемотехника.

Телекоммуникации.

Технологии и средства связи.

Успехи современной радиоэлектроники.

Электроника.

Электроника. Реферативный журнал. ВИНТИ.

Электроника: наука, технология, бизнес.

Электросвязь.

### **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам – URL: <http://window.edu.ru/>.

2. Федеральный образовательный портал – URL: [http://www.edu.ru/db/portal/sites/res\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm).

3. Каталог научных ресурсов – URL: <http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>.

4. Большая научная библиотека – URL: <http://www.sci-lib.com/>.

5. Раздел «Физика» Естественно-научного образовательного портала – URL: <http://www.en.edu.ru/catalogue/304>.

6. Раздел «Полупроводники» образовательного проекта А.Н. Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам» – URL: [http://www.ph4s.ru/books\\_tehnika.html](http://www.ph4s.ru/books_tehnika.html).

7. Раздел «Технические науки (Радиофизика. Радиоэлектроника. Полупроводниковая электроника и др.)» образовательного проекта А.Н. Варгина «Физика, химия, математика студентам и школьникам» – URL: [http://www.ph4s.ru/book\\_ph\\_poluprovodnik.html](http://www.ph4s.ru/book_ph_poluprovodnik.html).

8. Клуб 155: материалы по программированию, полупроводниковой электронике и схемотехнике – URL: <http://www.club155.ru/>.

9. Информационные ресурсы Научной библиотеки КубГУ – URL: <http://www.kubsu.ru/ru/university/library/resources>.

### **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Для успешного освоения дисциплины «Устройства генерирования и формирования сигналов» при самостоятельной работе студент должен иметь:

1) конспект лекций в бумажном или электронном виде;

2) учебник (учебное пособие) в соответствии со списком литературы;

3) тетрадь для лабораторных работ.

Самостоятельная работа содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

– теоретическую самоподготовку к лабораторным занятиям и к зачету по конспектам и

учебной литературе;

– оформление отчетов по результатам лабораторных работ (о выполненной лабораторной работе студенты отчитываются преподавателю на следующем (очередном) лабораторном занятии);

– подготовка реферата по одной из тем учебной дисциплины;

– подготовка презентации по теме реферата и выступление с докладом на одном из лекционных занятий.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и приобретению навыков экспериментальной работы.

Для запоминания лекционного материала (в том числе и в период подготовки к зачету) студенту необходимо хорошо знать свойства памяти и активно пользоваться мнемотехническими приемами, известными из учебной дисциплины «Психология и педагогика». Методические рекомендации по запоминанию можно найти и в Интернете по ключевым словам: «память», «мнемоника», «мнемотехника», «как запомнить учебный материал». Желательно также ознакомиться с приемами конспектирования, т.е. со способами сокращения записи слов и словосочетаний, например, применяемыми в словарях и энциклопедиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Успешность освоения студентом учебной дисциплины отражается в его рейтинге – сумме баллов, которая формируется в течение семестра по результатам устных опросов, выполненного реферата (доклада), внутрисеместровой аттестации и защит лабораторных работ.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **8.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

1. Операционная система MS Windows.
2. Пакет программ САПР NI Multisim.
3. Интегрированное офисное приложение.
4. ПО для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.

### **8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

1. Электронный каталог научной библиотеки КубГУ (<http://212.192.134.46/MegaPro/Web>).
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» ([http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)).
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» (<https://e.lanbook.com/>).
4. Электронная библиотечная система «Юрайт» (<https://www.biblio-online.ru/>).

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория 227С, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской.
2.	Семинарские занятия	Аудитория 317С, оснащенная магнитно-маркерной доской
3.	Лабораторные за-	Лаборатория 317С, укомплектованная оборудованием не-

	нятия	обходимым для проведения лабораторных работ
4.	Курсовое проектирование	Аудитория 310С, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет
5.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет
6.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория 317с, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской, для проведения групповых консультаций. Аудитория 310С, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет, для проведения индивидуальных консультаций.
7.	Самостоятельная работа	Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.