

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)

Институт электроники, робототехники и искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП

 Р.Ш. Тешев

«12» февраля 2025 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
Б1.О.15 «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ»**

Специальность

**11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы**

Специализация

**Радиозлектронные системы передачи информации**

Квалификация (степень) выпускника

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

**Нальчик 2025**

**1.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине  
(модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

**Таблица 1**

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Индикаторы достижения</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)</b>
<b>ОПК-4</b> Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных	<b>ОПК-4.1</b> Способен применять современные методы, средства и оборудование для проведения экспериментальных исследований.	<b>Знать</b> основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации.
	<b>ОПК-4.2</b> Способен анализировать и обобщать данные, получаемые в результате экспериментов.	<b>Уметь</b> выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования.
	<b>ОПК-4.3</b> Способен объективно оценивать полученные результаты экспериментальных исследований и погрешности результатов измерений.	<b>Владеть</b> способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.

**2 Шкала оценивания планируемых результатов обучения**

**2.1 Текущий контроль**

Оценка результатов текущей успеваемости в рамках контрольных точек осуществляется посредством 70-балльной системы, при этом за добросовестное посещение занятий обучающийся может набрать до 10 баллов, за качественное прохождение оценочных мероприятий – до 60 баллов.

**Таблица 2**

**Карта распределения рейтинговых баллов в рамках текущего контроля в 5 семестре**

<b>№</b>	<b>Оценочное средство</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Порядок проведения</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<b>5 –й семестр</b>					
1	Лабораторная работа № 1	экспериментальная	Работа включает в	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе

	«Временные и спектральные характеристики сигналов при их типовых преобразованиях»		себя задание, выполняемое на компьютере		обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
2	Лабораторная работа № 2 «Временные и спектральные характеристики модулированных сигналов»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
3	Лабораторная работа № 3 «Частотные и временные характеристики фильтров нижних частот»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки;

					1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
4	Лабораторная работа № 4 «Линейное апериодическое усиление сигналов»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
5	Лабораторная работа № 5 «Линейное резонансное усиление модулированных сигналов»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
6	Лабораторная работа № 6 «Нелинейное резонансное усиление и умножение частоты»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки;

					3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
7	Тест 1	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС	8	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
8	Тест 2	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС	8	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
9	Коллоквиум 1	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	7	7-6– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 5-4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки;  3- ответы недостаточно полные; 2 – ответы частичные, содержат ошибки  или требуют наводящих вопросов;  1-ответы не на все вопросы, частичные.  0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.
10	Коллоквиум 2	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	7	7-6– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 5-4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки;  3- ответы недостаточно полные;

					<p>2 – ответы частичные, содержат ошибки</p> <p>или требуют наводящих вопросов;</p> <p>1-ответы не на все вопросы, частичные.</p> <p>0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.</p>
	<b>Итого:</b>			<b>60</b>	
<b>6 –й семестр</b>					
1	Лабораторная работа № 7 «Обратная связь в линейных активных цепях»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	<p>5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы;</p> <p>4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки;</p> <p>3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные;</p> <p>2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки;</p> <p>1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки;</p> <p>0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно</p>
2	Лабораторная работа № 8 «Автогенерация гармонических колебаний»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	<p>5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы;</p> <p>4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки;</p> <p>3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные;</p> <p>2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки;</p> <p>1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки;</p> <p>0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно</p>

					неверно
3	Лабораторная работа № 9 «Амплитудная модуляция смещением»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
4	Лабораторная работа № 10 «Детектирование амплитудно-модулированных сигналов»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
5	Лабораторная работа № 11 «Детектирование сигналов с угловой модуляцией»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены

					частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
6	Лабораторная работа № 12 «Восстановление непрерывных сигналов по дискретным отсчетам»	экспериментальная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	3	3- все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 2 - все задания выполнены верно, выводы по работе некорректны; 1 – задания выполнены частично или одно из заданий выполнено не верно, выводы содержат ошибки. 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
7	Тест 1	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	8	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
8	Тест 2	с применением ДТ	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС.	8	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
9	Коллоквиум 1	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	7	7-6– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 5-4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки; 3- ответы недостаточно полные; 2 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов; 1-ответы не на все вопросы, частичные. 0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.

10	Коллоквиум 2	письменная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	7	7-6– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 5-4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки; 3- ответы недостаточно полные; 2 – ответы частичные, содержат ошибки  или требуют наводящих вопросов;  1-ответы не на все вопросы, частичные.  0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.
	<b>Итого:</b>			<b>60</b>	

### Карта распределения баллов в рамках промежуточной аттестации

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
1	Экзаменационный билет	Устный опрос	Билет содержит 2 теоретических вопроса. На теоретические вопросы студент должен ответить устно.	Теоретические вопросы – 30 баллов.	<b>Критерии оценивания теоретических вопросов:</b> От 25 до 30 баллов: Глубокий уровень владения материалом, точное знание ключевых концепций, способность анализировать и интерпретировать факты, грамотно строить высказывания, привести примеры, свободно оперировать терминологией. От 19 до 24 баллов: Базовое владение предметом, умение последовательно раскрыть основную мысль вопроса, грамотное применение терминов, наличие существенных элементов анализа и обобщений, но недостаточное развертывание или отдельные неточности. От 13 до 18 баллов: Частичное освоение материала, попытка объяснить основной смысл вопроса, использование некоторых базовых терминов, но отсутствие глубокого понимания сложных моментов, логические недостатки изложения, отсутствие выводов. От 7 до 12 баллов: Ошибочные представления, слабо выраженное

					<p>владение основными понятиями, значительные затруднения в интерпретации вопросов, существенные фактологические ошибки, отсутствие обоснованных выводов и примеров.</p> <p>От 0 до 6 баллов: Полное непонимание темы, неспособность сформулировать адекватный ответ, грубые ошибки, несоответствие требованиям задания.</p>
--	--	--	--	--	--

### **3. Оценочные материалы для текущего и промежуточного контроля успеваемости**

#### **3.1. Оценочные материалы для текущего контроля**

Лабораторная работа № 1 «Временные и спектральные характеристики сигналов при их типовых преобразованиях».

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 2 «Временные и спектральные характеристики модулированных сигналов» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 3 «Частотные и временные характеристики фильтров нижних частот» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 4 «Линейное апериодическое усиление сигналов» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 5 «Линейное резонансное усиление модулированных сигналов» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 6 «Нелинейное резонансное усиление и умножение частоты» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 7 «Обратная связь в линейных активных цепях» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 8 «Автогенерация гармонических колебаний» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 9 «Амплитудная модуляция смещением» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 10 «Детектирование амплитудно-модулированных сигналов» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 11 «Детектирование сигналов с угловой модуляцией» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

Лабораторная работа № 12 «Восстановление непрерывных сигналов по дискретным отсчётам» .

Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1**

### **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ**

#### **Теоретические вопросы для предварительной проработки**

Понятие сигнала, видеосигнала, периодического сигнала.

Гармонический анализ периодических сигналов. Тригонометрическая, гармоническая и комплексная форма ряда Фурье; связь между ними. Понятие комплексного и гармонического спектров амплитуд и фаз периодического колебания.

Энергетические характеристики периодических сигналов.

Распределение энергии и мощности в спектре периодического сигнала.

Понятие практической ширины спектра периодического сигнала; критерии её оценки. Частотные характеристики линейных радиотехнических цепей: АЧХ и ФЧХ. АЧХ и ФЧХ идеального фильтра нижних частот.

Сущность спектрального (частотного) метода анализа прохождения сигналов через линейные цепи.

#### **Литература:**

- [1, с. 8-10; 14-21; 27; 39; 123],
- [2, с. 37-46; 69; 216; 248-249],
- [3, с. 20-27; 45; 152; 174-175],
- [4, с. 14; 38-43; 76-77; 199-200; 209],
- [5, с. 14; 38-43; 72-73; 193-194; 203],
- [6, с. 42-48],

[7, с. 6-11; 18-19].

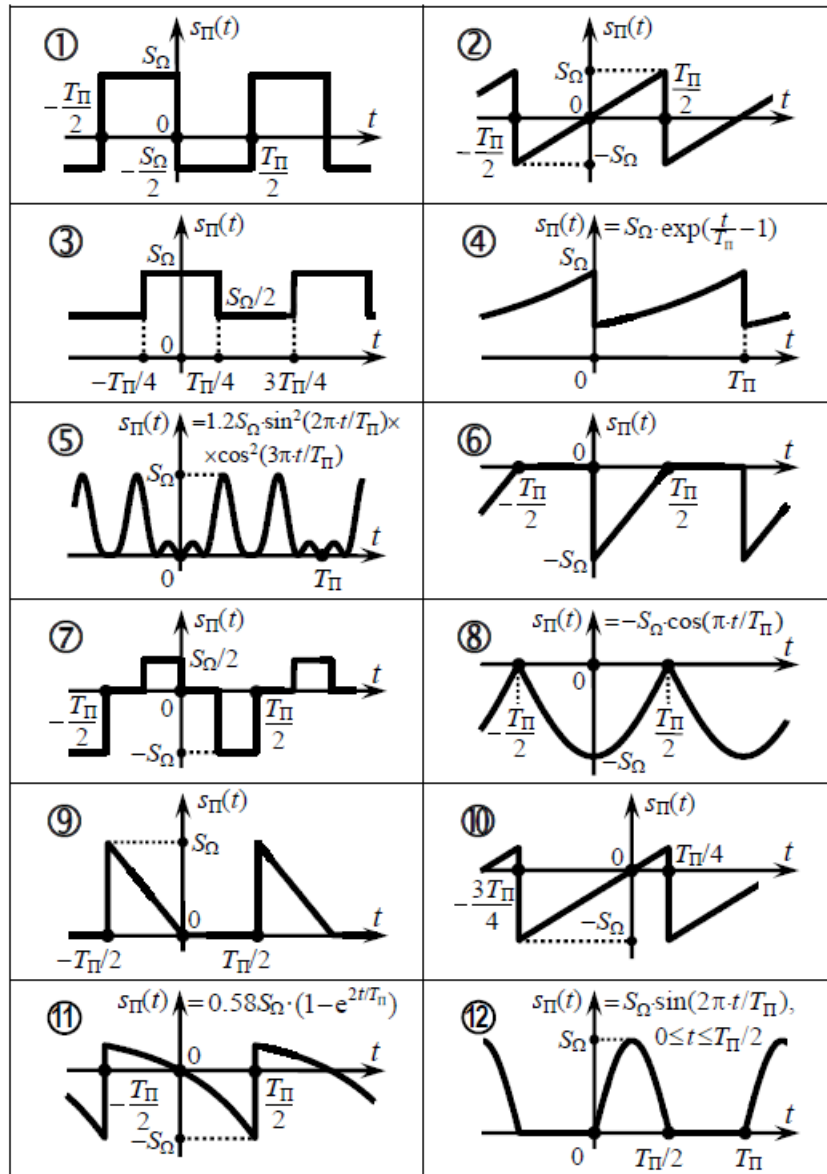
### Контрольные задания темы

1. Рассчитать и изобразить в масштабе спектральные характеристики периодического сигнала  $s_{\Pi}(t)$  отмеченные в табл. 1.1 вопросительным знаком. Временная диаграмма заданного сигнала  $s_{\Pi}(t)$  показана в табл. 1.2.

Таблица 1.1

Номер варианта	Номер сигнала $s_{\Pi}(t)$ в табл. 1.2	Параметры сигнала: $S_{\Omega}, B / T_{\Pi}, \text{мс}$	Рассчитать и построить			
			комплексный спектр		гармонический спектр	
			амплитуд	фаз	амплитуд	фаз
1	①	1 / 1	?	—	—	?
2	②	2 / 2	—	?	?	—
3	③	2 / 1	—	—	?	?
4	④	1 / 2	—	?	—	?
5	⑤	5 / 2	?	?	—	—
6	⑥	2 / 5	—	—	?	?
7	⑦	4 / 1	?	—	—	?
8	⑧	1 / 4	—	?	?	—
9	⑨	1 / 2	?	?	—	—
10	⑩	3 / 1	?	—	—	?
11	⑪	2 / 4	—	?	?	—
12	⑫	2 / 1	—	?	?	—
13	①	4 / 2	—	—	?	?
14	②	5 / 2	?	—	?	—
15	⑥	4 / 1	?	?	—	—
16	④	4 / 2	?	—	?	—
17	⑩	2 / 4	—	—	?	?
18	⑪	1 / 1	?	?	—	—

Таблица 1.2



2. Рассчитать и изобразить гармонический спектр амплитуд сигнала  $s_{\Pi}(t)$ , показанного на рис. с параметрами, приведёнными во втором столбце табл. 1.3. Определить практическую ширину спектра сигнала  $s_{\Pi}(t)$ .

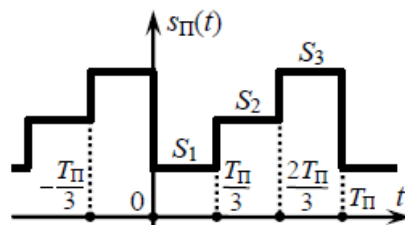


Таблица 1.3

Номер варианта	Параметры сигнала $s_{п}(t)$				Критерий оценки *
	$S_1, В$	$S_2, В$	$S_3, В$	$T_{п}, мс$	
1	+1.0	-0.5	+1.0	1.0	Э90
2	+2.0	+0.0	+1.0	2.0	У0.2
3	-2.0	-1.0	+0.5	3.0	Н1
4	-1.0	+2.0	-1.0	4.0	Э90
5	+1.0	+1.0	-2.0	5.0	У0.2
6	+0.5	+1.0	+1.5	6.0	Н2
7	-1.0	+2.0	+3.0	1.0	Э95
8	+0.0	+1.0	+0.0	2.0	У0.1
9	+1.0	+1.0	-1.0	3.0	Н2
10	-1.0	-2.0	-3.0	4.0	Э95
11	+1.0	-1.0	-1.0	5.0	У0.15
12	+0.0	-0.5	-1.0	6.0	Н3
13	+1.0	-2.5	+1.0	1.0	Э90
14	+2.0	+1.0	-1.0	2.0	У0.2
15	-2.0	-1.0	+2.0	3.0	Н2
16	-1.0	+1.0	+2.0	4.0	Э94
17	+0.5	-2.0	+2.0	5.0	У0.15
18	+0.5	-1.0	+1.5	6.0	Н2, У0.2
19	-2.0	+3.0	+4.0	1.0	Э92
20	+0.0	+1.0	+1.0	2.0	У0.15

\* Э90...99 — энергетический критерий: в пределах практической ширины спектра должно быть сосредоточено не менее 90...99% мощности сигнала;

У0.05...0.2 — по заданному уровню спектра амплитуд: за пределами ширины спектра амплитуды гармоник должны составлять менее 0.05...0.2 от амплитуды первой гармоники;

Н1...3 — по частоте нуля спектра амплитуд: верхней граничной частоте ширины спектра должна соответствовать частота (1...3)-го нуля спектра амплитуд.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

### СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ НЕПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

**Теоретические вопросы для предварительной проработки**  
Особенности спектров непериодических колебаний. Бессмысленность использования спектра амплитуд для частотного описания непериодического сигнала. Понятие комплексной спектральной плотности сигнала, её основные свойства. Спектральная плотность амплитуд сигнала, её физический смысл, связь с комплексным спектром сигнала.

Понятие  $\delta$ -функции. Свойства  $\delta$ -функции. Комплексная спектральная плотность  $\delta$ -импульса.

Условие представления сигнала интегралом Фурье. Особенности комплексной спектральной плотности неинтегрируемых сигналов.

Энергетические характеристики непериодических сигналов. Равенство Парсеваля.

Основные теоремы о спектрах: теорема сложения, подобия, запаздывания сигнала, теорема об инверсии аргумента, об изменении масштаба времени, теорема смещения спектра сигнала, о дифференцировании и интегрировании сигнала, теорема свёртки.

#### **Литература:**

- [1, с. 21-23; 9; 24-38],
- [2, с. 46-68; 79-81; 703-704],
- [3, с. 27-45; 53-54; 497],
- [4, с. 25; 43-55; 57-59],
- [5, с. 25; 43-55; 57-59],
- [6, с. 49-54; 57-66],
- [7, с. 12-21].

## Контрольные задания темы

1. Используя исходные данные из табл. 2.1, определить комплексную спектральную плотность сигнала  $s(t)$ . Рассчитать соотношение постоянной составляющей  $s(t)$  и амплитуды компоненты его комплексного спектра с частотой  $f_0$ , а также их разность фаз.

Таблица 2.1

Номер вар-та	Аналитическое выражение сигнала $s(t)$ ★	Час- тота $f_0$	Номер вар-та	Аналитическое выражение сигнала $s(t)$ ★	Час- тота $f_0$
1	$\begin{cases} S_\Omega, & 0 \leq t < \tau/3, \\ S_\Omega/3, & \tau/3 \leq t \leq \tau \end{cases}$	$\frac{1}{\tau}$	9	$S_\Omega \cdot \sin(\pi \cdot t / \tau),$ $0 \leq t \leq 3\tau$	$\frac{1}{5\tau}$
2	$\begin{cases} 2S_\Omega \cdot t / \tau, & 0 \leq t < \tau/2, \\ S_\Omega, & \tau/2 \leq t \leq \tau \end{cases}$	$\frac{1}{2\tau}$	10	$\begin{cases} +S_\Omega, & -\tau \leq t < 0, \\ -S_\Omega, & 0 \leq t \leq 2\tau \end{cases}$	$\frac{7}{4\tau}$
3	$\begin{cases} S_\Omega, & 0 \leq t < \tau/2, \\ S_\Omega \cdot e^{-3(t/\tau - 0.5)}, & t \geq \tau/2 \end{cases}$	$\frac{1}{\tau}$	11	$S_\Omega \cdot \left(\frac{2t}{\tau}\right)^2, -\frac{\tau}{2} \leq t \leq \frac{\tau}{2}$	$\frac{3}{4\tau}$
4	$\begin{cases} S_\Omega \cdot e^{2\pi \cdot t / \tau}, & -\infty < t \leq 0, \\ S_\Omega, & 0 < t \leq \tau \end{cases}$	$\frac{1}{4\tau}$	12	$S_\Omega \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t),$ $0 \leq t \leq 3/(4f_1)$	$2f_1$
5	$2S_\Omega \cdot [1 - t/\tau - e^{-5t/\tau}],$ $0 \leq t \leq \tau$	$\frac{1}{\tau}$	13	$\begin{cases} -S_\Omega, & -\tau \leq t < 0, \\ -S_\Omega \cdot (t - \tau) / \tau, & 0 \leq t \leq \tau \end{cases}$	$\frac{7}{8\tau}$
6	$\begin{cases} S_\Omega \cdot e^{\alpha \cdot t}, & -\infty < t \leq 0, \\ S_\Omega \cdot e^{-2\alpha \cdot t}, & 0 < t < \infty \end{cases}$	$\frac{\alpha}{2\pi}$	14	$S_\Omega \cdot \{\text{rect}(t/\tau) +$ $+ 2 \cdot \text{rect}[(t + \tau)/\tau]\}$	$\frac{2}{5\tau}$
7	$3S_\Omega \cdot \alpha \cdot t \cdot \exp(-\alpha \cdot t),$ $0 \leq t < \infty$	$\frac{\alpha}{\pi}$	15	$S_\Omega \tau \cdot \sum_{k=-2}^2 2^{ k } \cdot \delta(t - k \cdot \tau)$	$\frac{1}{4\tau}$
8	$\begin{cases} S_\Omega \cdot (\tau + t) / \tau, & -\tau \leq t \leq 0, \\ S_\Omega \cdot (\tau - t) / \tau, & 0 \leq t \leq \tau \end{cases}$	$\frac{2}{3\tau}$	16	$\text{sinc}(5t/\tau) +$ $+ (-\frac{1}{2}) \cdot \text{sinc}[10(t - \tau)/\tau]$	$\frac{4}{3\tau}$
★ Мгновенные значения сигнала $s(t)$ вне интервалов времени, указанных в таблице, равны нулю.					

2. На основе теорем о спектрах записать соотношение, связывающее комплексные спектральные плотности сигналов  $s_1(t)$  и  $s_2(t)$ , полагая, что  $s_2(t)$  получен в результате преобразований  $s_1(t)$  (табл. 2.2). Используя значение комплексной спектральной плотности сигнала  $s_1(t)$ , вычисленное на частоте  $f_1$ , найти числовые значения спектральной плотности амплитуд и спектра фаз сигнала  $s_2(t)$  на частоте  $f_2$ .

Таблица 2.2

Номер вар-та	Сигнал $s_1(t)$ (табл.2.3)	Параметры $s_1(t)$ :			Сигнал $s_2(t)$ (табл.2.4)	Частота $f_2 = \dots$
		$\dot{G}_{SI}(f_1)$ , В/кГц	$f_1 \cdot \tau$	$S_{\Omega \tau}$ , В·мс		
1	①	$1 \cdot \exp(-j90^\circ)$	0.6	–	①	$f_1$
2	①	$1 \cdot \exp(+j90^\circ)$	–	–	②	$f_1/2$
3	①	$2.5 \cdot \exp(+j90^\circ)$	4.0	–	③	0
4	①	$1 \cdot \exp(-j90^\circ)$	0.2	–	④	$f_1$
5	②	$2 \cdot \exp(j0^\circ)$	0.3	–	⑤	$f_1$
6	②	$1.4 \cdot \exp(j0^\circ)$	2.25	20	⑥	$f_1/2$
7	②	$1.4 \cdot \exp(-j180^\circ)$	3.25	–	⑦	0
8	②	$2 \cdot \exp(j180^\circ)$	1.4	9.2	⑧	0
9	②	$1 \cdot \exp(j0^\circ)$	0.4	–	⑨	$f_1$
10	③	$0.5 \cdot \exp(-j12^\circ)$	0.1	–	⑩	$f_1$
11	③	$1.6 \cdot \exp(-j90^\circ)$	–	–	⑪	0
12	③	$5 \cdot \exp(-j57.5^\circ)$	0.5	–	⑫	$f_1$

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ

#### АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

##### Теоретические вопросы для предварительной проработки

Сущность амплитудной модуляции (АМ). Понятие идеального амплитудного модулятора и его характеристики. Модулирующее, модулируемое и модулированное колебания.

Понятие тональной и многотональной модуляции. Временные диаграммы и частотные характеристики амплитудно-модулированных колебаний при тональной модуляции и модуляции произвольным периодическим/непериодическим сигналом (многотональной модуляции).

Коэффициент амплитудной модуляции, его физический смысл, методика оценки. Практическая ширина спектра амплитудно-модулированного колебания.

Энергетические характеристики амплитудно-модулированных сигналов. Способы расчёта средней за большой интервал времени мощности АМ-колебания.

**Литература:**

- [1, с. 54-62; 67],
- [2, с. 103-116],
- [3, с. 72-81],
- [4, с. 92-100],
- [5, с. 88-96],
- [6, с. 85-93],
- [7, с. 22-24; 28-30].

**Контрольные задания темы**

1. Аналитическое выражение для периодического сигнала  $s_H(t)$ , модулирующего по амплитуде несущее колебание  $s_H(t)=6 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot 10^5 \cdot t + 90^\circ)$  В, приведено в табл. 3.1. Крутизна модулятора  $K_{AM}=3$ . Изобразить временную диаграмму амплитудно-модулированного сигнала  $s_{AM}(t)$  на выходе модулятора с указанием его основных уровней и коэффициента модуляции. Располагая комплексными амплитудами составляющих комплексного спектра  $s_H(t)$ , рассчитать и построить гармонический спектр (амплитуд и фаз) модулированного сигнала.

2. Рассчитать среднюю за большой промежуток времени мощность амплитудно-модулированного сигнала на выходе модулятора с крутизной  $K_{AM}=1$ , если на его вход подаётся информационное колебание, представленное в табл. 3.1. Несущее колебание на входе модулятора –  $s_H(t)=4 \cdot \cos(10^7 \cdot t)$  В. Модулированное напряжение снимается с сопротивления 1 кОм. Определить долю средней мощности, приходящуюся на боковые спектральные составляющие радиосигнала, а также соотношение его пиковой и средней мощности. Изобразить временную диаграмму радиосигнала на выходе модулятора  $s_{AM}(t)$  с указанием его основных уровней и коэффициента модуляции.

Таблица 3.1

Номер варианта	Аналитическое выражение, описывающее информационный сигнал $s_{\Pi}(t)$	Параметры: $S_{\Omega}$ , В $T_{\Pi}$ , мс	Комплексные амплитуды составляющих комплексного спектра $s_{\Pi}(t)$ : $C_n, n \neq 0$
1	$\begin{cases} S_{\Omega}, 0 \leq t < T_{\Pi}/2, \\ -S_{\Omega}/2, T_{\Pi}/2 \leq t < T_{\Pi} \end{cases}$	$\frac{4}{1.0}$	$\begin{cases} 0, n - \text{четное}, \\ -j \frac{3S_{\Omega}}{2\pi n}, n - \text{нечетное} \end{cases}$
2	$S_{\Omega} \left[ \frac{4t}{T_{\Pi}} + 1 \right], -\frac{T_{\Pi}}{2} \leq t < \frac{T_{\Pi}}{2}$	$\frac{2}{0.5}$	$2j \cdot \frac{S_{\Omega}}{\pi \cdot n} \cdot \cos(\pi \cdot n)$
3	$\begin{cases} -S_{\Omega} \cdot t/T_{\Pi}, -T_{\Pi}/2 \leq t \leq 0, \\ -2S_{\Omega}, 0 < t < T_{\Pi}/2 \end{cases}$	$\frac{2}{0.1}$	$\begin{cases} \frac{S_{\Omega}}{j4\pi n}, n - \text{четное}, \\ S_{\Omega} \frac{j9\pi n - 2}{4\pi^2 \cdot n^2}, n - \text{нечетное} \end{cases}$
4	$S_{\Omega} \cdot \sin(4\pi t/T_{\Pi}) \times [1 + \cos(2\pi t/T_{\Pi})], 0 \leq t \leq T_{\Pi}$	$\frac{1}{1.0}$	$\begin{cases} \mp j S_{\Omega}/4, n = \pm 1, \pm 3, \\ \mp j S_{\Omega}/2, n = \pm 2 \end{cases}$
5	$\begin{cases} 0, -T_{\Pi}/2 \leq t \leq 0, \\ S_{\Omega} \cdot (1 - 3t/T_{\Pi}), 0 < t < T_{\Pi}/2 \end{cases}$	$\frac{2}{0.2}$	$\begin{cases} \frac{3S_{\Omega}}{j4\pi n}, n - \text{четное}, \\ S_{\Omega} \frac{6 - j\pi n}{4\pi^2 \cdot n^2}, n - \text{нечетное} \end{cases}$
6	$-S_{\Omega} \cdot \exp\left[-\frac{t}{T_{\Pi}}\right], 0 \leq t < T_{\Pi}$	$\frac{2}{1.0}$	$-\frac{0.63 \cdot S_{\Omega}}{1 + j2\pi n}$
7	$S_{\Omega} \cdot \cos\left[\frac{\pi t}{T_{\Pi}}\right], -\frac{T_{\Pi}}{2} \leq t < \frac{T_{\Pi}}{2}$	$\frac{3}{0.4}$	$(-1)^{n+1} \cdot \frac{2S_{\Omega}}{\pi \cdot (4n^2 - 1)}$
8	$\begin{cases} +S_{\Omega}, -T_{\Pi}/6 \leq t \leq T_{\Pi}/6, \\ -S_{\Omega}, t \notin [-T_{\Pi}/6; T_{\Pi}/6] \end{cases}$	$\frac{3}{0.6}$	$\frac{2S_{\Omega}}{\pi n} \cdot \sin\left(\frac{\pi n}{3}\right)$
9	$\begin{cases} 4 \frac{S_{\Omega}}{T_{\Pi}} \cdot  t , -\frac{T_{\Pi}}{4} \leq t \leq \frac{T_{\Pi}}{4}, \\ 0, t \notin \left[-\frac{T_{\Pi}}{4}; \frac{T_{\Pi}}{4}\right] \end{cases}$	$\frac{1}{0.8}$	$\begin{cases} \frac{2S_{\Omega}}{(\pi n)^2} (\cos \frac{n\pi}{2} - 1), n - \text{чет.}, \\ S_{\Omega} \frac{\pi n \sin(n\pi/2) - 2}{(\pi n)^2}, n - \text{нечет.} \end{cases}$
10	$-S_{\Omega} \cdot \text{rect}[(t - T_{\Pi}/3)/(2T_{\Pi}/3)] + \frac{S_{\Omega}}{2} \cdot \text{rect}[(t - 5T_{\Pi}/6)/(T_{\Pi}/3)]$	$\frac{2}{0.3}$	$-\frac{3S_{\Omega}}{j4\pi n} \cdot [1 - e^{-j4\pi n/3}]$
11	$\begin{cases} \frac{3S_{\Omega}}{2T_{\Pi}} \cdot (t + \frac{2T_{\Pi}}{3}), -\frac{T_{\Pi}}{2} \leq t \leq 0, \\ 0, 0 < t < \frac{T_{\Pi}}{2} \end{cases}$	$\frac{1}{0.5}$	$\begin{cases} \frac{j3S_{\Omega}}{8\pi n}, n - \text{четное}, \\ \frac{3S_{\Omega}}{4} \frac{6 + j5\pi n}{6\pi^2 \cdot n^2}, n - \text{нечетное} \end{cases}$
12	$\begin{cases} S_{\Omega} \cdot \sin(\pi t/T_{\Pi}), -T_{\Pi}/2 \leq t \leq 0, \\ -S_{\Omega} \cdot t/T_{\Pi}, 0 < t < T_{\Pi}/2 \end{cases}$	$\frac{2}{1.0}$	$\frac{S_{\Omega}}{\pi} \left[ \frac{1 \pm j2n}{4n^2 - 1} - \frac{-1 \pm j\pi n}{4\pi n^2} \right]$ , " + " n - чет., " - " n - нечет.
13	$S_{\Omega} \cdot \{2\text{rect}[(t - T_{\Pi}/8)/(3T_{\Pi}/4)] + (-3)\text{rect}[(t + T_{\Pi}/8)/(3T_{\Pi}/4)]\}$	$\frac{1}{1/3}$	$\frac{S_{\Omega}}{2\pi n} \left\{ -\sin\left(\frac{n\pi}{2}\right) + \right.$ $\left. + j5[\cos n\pi - \cos\left(\frac{n\pi}{2}\right)] \right\}$
14	$\begin{cases} -S_{\Omega} \cdot \left[ \left(\frac{2t}{T_{\Pi}}\right)^2 + \frac{1}{2} \right], -\frac{T_{\Pi}}{2} \leq t \leq 0, \\ +S_{\Omega} \cdot \left[ \left(\frac{2t}{T_{\Pi}}\right)^2 - \frac{1}{2} \right], 0 < t < \frac{T_{\Pi}}{2} \end{cases}$	$\frac{4}{1/4}$	$\begin{cases} \frac{jS_{\Omega}}{\pi n}, n - \text{четное}, \\ \frac{jS_{\Omega}}{\pi^2 n^2} (4 - \pi^2 n^2), n - \text{нечет.} \end{cases}$
15	$\begin{cases} S_{\Omega} \cdot \left[ \frac{1}{3} + \frac{2t}{T_{\Pi}} \right], -\frac{T_{\Pi}}{2} \leq t \leq 0, \\ S_{\Omega} \cdot \left[ \frac{1}{3} - \frac{2t}{T_{\Pi}} \right], 0 < t < \frac{T_{\Pi}}{2} \end{cases}$	$\frac{3}{1.5}$	$\frac{S_{\Omega}}{\pi^2 \cdot n^2} \cdot [1 - \cos(\pi n)]$
16	$S_{\Omega} \cdot \cos\left[\frac{\pi t}{T_{\Pi}} + \frac{\pi}{2}\right], -\frac{T_{\Pi}}{2} \leq t \leq \frac{T_{\Pi}}{2}$	$\frac{1.5}{1.0}$	$S_{\Omega} \cdot \frac{-j4n}{\pi \cdot (4n^2 - 1)} \cdot e^{-j\pi n}$
17	$\begin{cases} S_{\Omega} \cdot [1 - e^{-2t/T_{\Pi}}], -T_{\Pi}/2 \leq t \leq 0, \\ S_{\Omega} \cdot \frac{2t}{T_{\Pi}}, 0 < t < T_{\Pi}/2 \end{cases}$	$\frac{1.1}{0.2}$	$S_{\Omega} \cdot \frac{\begin{cases} -1 - j\pi n \cdot e, n - \text{четное}, \\ +1 - j\left(\frac{2}{\pi n} - \pi n \cdot e\right), n - \text{нечет.} \end{cases}}{j2\pi n \cdot (1 + j\pi n)}$

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

### ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ С УГЛОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

#### Теоретические вопросы для предварительной проработки

Сущность частотной модуляции. Идеальный частотный модулятор. Закон изменения мгновенной частоты и набега фазы частотно-модулированного (ЧМ) сигнала. Девиация частоты и индекс модуляции ЧМ-сигнала. Ведущий параметр ЧМ-сигнала.

Сущность фазовой модуляции. Идеальный фазовый модулятор. Закон изменения набега фазы и мгновенной частоты фазомодулированного (ФМ) сигнала. Индекс модуляции и девиация частоты ФМ-сигнала. Ведущий параметр ФМ-сигнала. Связь частотной и фазовой модуляций. Угловая модуляция.

Гармонический спектр сигнала с угловой тональной модуляцией. Практическая ширина спектра сигнала с угловой модуляцией. Влияние на спектральные характеристики радиосигнала параметров модулирующего колебания. Методика расчёта спектров ЧМ- и ФМ-сигналов при модуляции последовательностью прямоугольных и пилообразных импульсов.

Энергетические характеристики сигналов с угловой модуляцией.

#### Литература:

- [1, с. 62-66; 72-73],
- [2, с. 117-131], [3, с. 81-91],
- [4, с. 100-112], [5, с. 96-108],
- [6, с. 94-101; 104-106],
- [7, с. 22-32].

#### Контрольные задания темы

1. Аргументировано указать, какой из вариантов ответа верно оценивает степень искажений радиосигнала с угловой модуляцией, возникающих при его прохождении через идеальный полосовой фильтр. Параметры информационного модулирующего сигнала  $s_{и}(t)$ , идеального модулятора, формирующего радиосигнал, и полосового фильтра приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Номер варианта	Информ. сигнал $s_H(t)$ , табл. 4.2	Частота несущей, тип и крутизна модулятора:			Граничные частоты полосы пропускания АЧХ фильтра:	
		$f_0$ , кГц	тип модулятора	$K_{ум}$ , рад/В или кГц/В	$f_{гр}^H$ , кГц	$f_{гр}^B$ , кГц
1	2	3	4	5	6	7
1	①	80	ФМ	8	74	86
2	②	50	ЧМ	1	41	55
3	③	65	ФМ	4	60	70
4	④	90	ЧМ	5	80	100
5	⑤	75	ФМ	2	65	80
6	⑥	60	ЧМ	8	52	68
7	⑦	85	ФМ	4	82	88
8	①	46	ЧМ	5	44	48
9	②	90	ФМ	2	70	100
10	③	70	ЧМ	2	55	75
11	④	80	ФМ	5	25	135
12	⑤	60	ЧМ	4	54	66
13	⑥	70	ФМ	6	45	95
14	⑦	50	ЧМ	2	49	53
15	⑧	50	ЧМ	½	53	56
16	⑨	70	ФМ	3	55	85
17	⑩	58	ЧМ	8	50	66
18	⑩	65	ФМ	5	42	88

Варианты ответа:

- а) сигнал искажается значительно;
- б) искажения сигнала в рамках допустимых значений.

2. Определить отмеченные в табл. 4.3 вопросительными знаками характеристики или числовые значения параметров сигналов, наблюдаемых на входе или выходе идеального частотного или фазового модулятора (рис). Изобразить качественно временную диаграмму формируемого модулятором сигнала с угловой модуляцией.

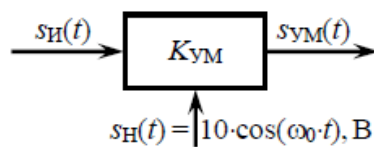


Таблица 4.3

Номер варианта	Характеристики и параметры								
	модулирующего импульса $s_H(t)$ :			радиосигнала $s_{\Sigma M}(t)$ с угловой модуляцией:				модулятора:	
	аналитическое выражение (табл. 4.4)	пиковое значение $S_{\Omega}$ , В	временной параметр $\tau$ , мс	набег фазы $\varphi(t)$ (табл. 4.5)	мгновенная частота $\omega(t)$ (табл. 4.6)	девиация частоты $\Omega_d$ , рад/с	индекс модуляции $m$ , рад	вид угловой модуляции	крутизна $K_{\Sigma M}$ , рад/В или рад/(с·В)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	①	0.2	10	?	—	?	10	ЧМ	?
2	?	—	10	—	①	?	?	ЧМ	1000
3	—	?	?	①	—	?	6	ЧМ	5000
4	②	0.5	?	②	—	?	?	?	100
5	③	0.1	1	—	②	—	?	?	?
6	④	0.3	0.5	?	—	3000	?	ЧМ	—
7	?	?	1	—	③	$10^4$	?	ФМ	5
8	⑤	0.5	0.1	—	?	?	?	ФМ	5
9	?	3	?	—	④	2000	15	ФМ	?
10	?	0.2	2	③	—	?	—	ЧМ	?
11	⑥	?	0.8	—	?	$10^4$	?	ФМ	8
12	?	0.5	?	④	—	?	50	?	100
13	?	2	3	⑤	—	?	—	ЧМ	?
14	?	?	1	—	⑤	—	?	ФМ	3
15	⑦	1.0	3	?	—	?	3	ЧМ	?
16	?	0.5	?	—	⑥	—	?	ФМ	7
17	⑧	0.3	0.4	?	—	?	17	ЧМ	—
18	—	?	10	?	⑦	1000	?	ФМ	5
19	—	0.4	4	⑥	?	2000	?	ФМ	?
20	?	—	6	?	⑧	—	?	ЧМ	4000
21	?	0.6	8	⑦	—	?	12	ЧМ	?
22	?	—	3	⑧	—	?	?	ФМ	15
23	③	1.0	1	?	—	6284	?	ЧМ	?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5 ПРОХОЖДЕНИИ СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ ЛИНЕЙНЫЕ АПЕРИОДИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

### Теоретические вопросы для предварительной проработки

Импульсная характеристика линейной цепи. Комплексная частотная характеристика цепи и её связь с импульсной характеристикой. АЧХ и ФЧХ линейной цепи.

Временной, спектральный (частотный) и операторный методы анализа прохождения сигналов через линейные цепи.

Понятие идеального усилителя. Условия неискажённого усиления сигналов. Линейные искажения сигналов и их причины. Идеальный фильтр нижних частот, идеальный полосовой фильтр и их частотные и временные характеристики.

Основные характеристики биполярных, полевых транзисторов и электронных ламп в режиме малого сигнала. Эквивалентные схемы (схемы замещения) активных линейных элементов по переменной составляющей; их математическое описание с использованием систем  $H$ - и  $Y$ -параметров.

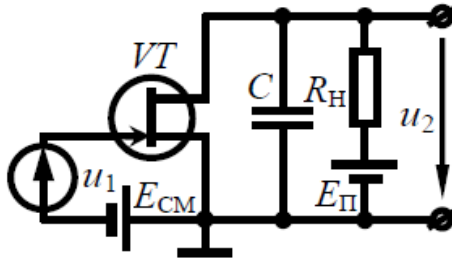
Линейный апериодический усилитель (с резистивно-ёмкостной нагрузкой). Схема замещения по переменной составляющей, коэффициент усиления, частотные и временные характеристики усилителя. Полоса пропускания и постоянная времени усилителя. Влияние параметров активного элемента и параметров схемы на основные показатели усилителя.

### Литература:

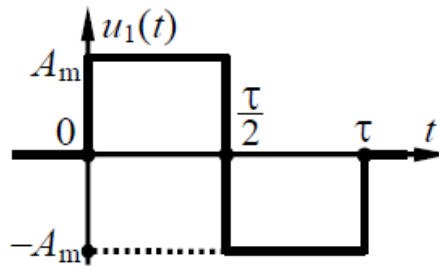
- [1, с. 120-126; 130-138],
- [2, с. 209-219; 247-260],
- [3, с. 147-154; 174-183],
- [4, с. 193-201; 205-206; 209-220],
- [5, с. 187-195; 199-200; 203-214],
- [6, с. 129-152].

### Контрольные задания темы

1. Рассчитать коэффициент усиления, постоянную времени и импульсную характеристику линейного усилителя, схема которого приведена на рис. Параметры схемы:  $R_H=15$  кОм,  $C=20$  пФ. Параметры транзистора:  $h_{11}=30$  кОм,  $h_{21}=180$ ,  $h_{22}=33,3$  мкСм.



2. На входе линейного усилителя из предыдущей задачи действует импульсное напряжение  $u_1(t)$  (рис). Найти напряжение  $u_2(t)$  на выходе усилителя. Указать значения длительности  $\tau$  входного импульса, при которых линейные искажения напряжения  $u_2(t)$  можно считать допустимыми.



## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

### ПРОХОЖДЕНИЕ РАДИОСИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ.

#### РЕЗОНАНСНОЕ УСИЛЕНИЕ

##### Теоретические вопросы для предварительной проработки

Линейный резонансный усилитель. Схема замещения по переменной составляющей, резонансный коэффициент усиления, частотные характеристики усилителя. Эквивалентная добротность и полоса пропускания усилителя. Влияние параметров активного элемента и колебательного контура на основные показатели и характеристики усилителя. Оптимальное включение контура в выходную цепь активного элемента.

Линейное резонансное усиление амплитудно-модулированных колебаний. Случаи однотоновой и многотоновой модуляции. Линейные искажения усиливаемых радиосигналов и их зависимость от параметров усилителя.

Линейное резонансное усиление колебаний с угловой тональной и многотоновой модуляцией. Анализ прохождения сигнала через усилитель методом "мгновенной" частоты. Условия применимости метода "мгновенной" частоты. Паразитная амплитудная модуляция. Фазовые искажения усиливаемых радиосигналов и их зависимость от параметров усилителя.

### Литература:

- [2, с. 222-224; 272-276; 282-287],  
 [3, с. 156-158; 192-194; 198-202],  
 [4, с. 224-229; 237-238; 245-249],  
 [5, с. 218-223; 231-232; 239-243],  
 [6, с. 214-218],  
 [8, с. 13-16; 19-20].

### Контрольные задания темы

1. Для показанного на рис. линейного усилителя рассчитать коэффициент усиления на резонансной частоте, соответствующий оптимальному включению колебательного контура в выходную цепь транзистора. Указать требуемый коэффициент включения контура. Напряжения, характеризующие режим транзистора по постоянной составляющей, и параметры контура приведены в табл. 6.1, статические ВАХ транзистора – в табл. 6.2. Найти коэффициент модуляции выходного напряжения  $u_2(t)$ , если входное напряжение имеет вид:  $u_1(t) = 5 \cdot [1 + \cos(14 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot t)] \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_p \cdot t)$  мВ.

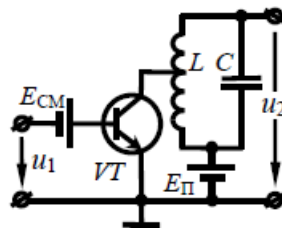
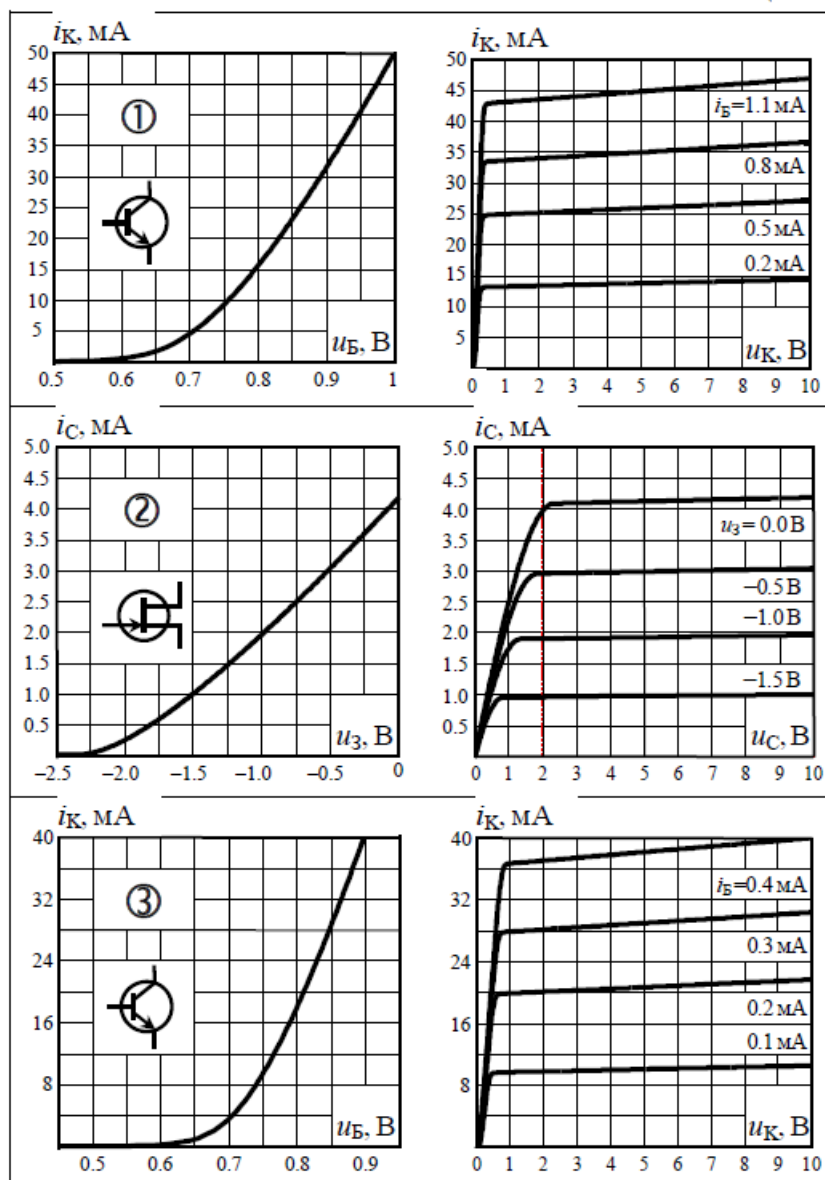


Таблица 6.1

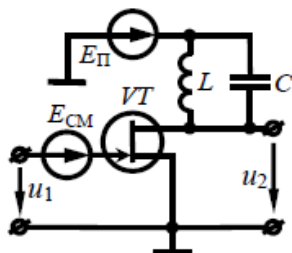
Номер варианта	Параметры транзистора:			Параметры контура:			
	ВАХ, табл. 6.2	напряжение в В		индуктивность, мкГн	ёмкость, нФ	резонансная частота $f_p$ , кГц	полоса пропускания, кГц
		смещения	источника питания				
1	①	0.92	5	—	3.0	—	10
2	②	-0.50	6	100	—	500	2
3	③	0.85	4	—	5.0	—	9
4	①	0.97	5	80	—	250	5
5	②	0.00	6	—	0.3	—	8
6	③	0.76	7	50	—	400	18
7	①	0.77	4	—	1.0	—	6
8	②	-1.00	5	10	—	1600	10
9	③	0.81	6	—	9.0	—	3
10	①	0.87	7	25	—	600	7

Таблица 6.2



2. На вход линейного резонансного усилителя (рис.) подаётся напряжение  $u_1(t) = 10 \cdot [1 + \cos(2 \cdot \pi \cdot F \cdot t)] \cos(2 \cdot \pi \cdot 10^6 \cdot t)$  мВ.

Параметры колебательного контура: резонансная частота – 1 МГц, добротность – 150, ёмкость – 500 пФ. Транзистор характеризуется в рабочей точке следующими  $y$ -параметрами:  $y_{21} = 10$  мСм,  $y_{22} = 20$  мкСм. Определить частоту модуляции  $F$  усиливаемого напряжения, при которой коэффициент модуляции выходного напряжения  $u_2(t)$  составляет 0,71. Рассчитать амплитуду несущего колебания выходного напряжения усилителя.



### **Литература к практическим занятиям**

1. Иванов, М.Т. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов. Стандарт третьего поколения / М.Т. Иванов, А.Б. Сергиенко, В.Н. Ушаков; под ред. В.Н. Ушакова. — СПб.: Питер, 2014. — 336 с.
2. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. пособие для вузов / И.С. Гоноровский. — 5-е изд., испр. и доп. — М.: Дрофа, 2006. — 719 с.
3. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов / И.С. Гоноровский. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1986. — 512 с.
4. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. пособие / С.И. Баскаков. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2003. — 462 с.
5. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / С.И. Баскаков. — 2-е изд. — М.: Высш. шк., 1988. — 446 с.
6. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. пособие для вузов / Д.В. Васильев, М.Р. Витоль, Ю.Н. Горшенков и др.; под ред. К.А. Самойло. — М.: Радио и связь, 1982. — 528 с.
7. Токарев, А.Б. Характеристики радиотехнических сигналов: учеб. пособие / А.Б. Токарев, А.В. Останков. — Воронеж: ГОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2007. — 149 с.
8. Токарев, А.Б. Нелинейные радиотехнические цепи и цепи с переменными параметрами: учеб. пособие / А.Б. Токарев. — Воронеж: ВГТУ, 1999. — 100 с.

### **Вопросы для тестирования**

#### Раздел 1: Основные характеристики сигналов

I:

S: Что такое амплитудный спектр сигнала?

+: Зависимость амплитуд гармоник от частоты.

-: Зависимость фазы гармоник от частоты.

-: График огибающей сигнала во времени.

-: Результат автокорреляционного анализа.

I:

S: Энергетический спектр сигнала и его автокорреляционная функция связаны...

+: Парой преобразований Фурье.

-: Интегралом свертки.

-: Дифференциальными уравнениями.

-: Не связаны между собой.

I:

S: Дельта-функция (функция Дирака) обладает свойством...

+ : Фильтрующего свойства:  $\int x(t)\delta(t-t_0)dt = x(t_0)$ .

- : Имеет бесконечную энергию.

- : Её спектральная плотность равна нулю.

- : Все перечисленное.

I:

S: Параметр, характеризующий ширину спектра радиосигнала, это...

+ : Эффективная ширина спектра.

- : Длина волны несущей частоты.

- : Амплитуда сигнала.

- : Длительность сигнала.

I:

S: Если длительность импульса уменьшить в 2 раза, его эффективная ширина спектра...

+ : Увеличится в 2 раза.

- : Уменьшится в 2 раза.

- : Не изменится.

- : Увеличится в 4 раза.

## Раздел 2: Гармонический анализ

I:

S: Ряд Фурье применяется для...

+ : Представления периодического сигнала суммой гармоник.

- : Представления непериодического сигнала интегралом Фурье.

- : Решения дифференциальных уравнений.

- : Анализа случайных процессов.

I:

S: Спектр одиночного прямоугольного видеоимпульса является...

+ : Сплошным (непрерывным).

- : Дискретным (линейчатым).

- : Смешанным.

- : Белым шумом.

I:

S: Чем круче фронты прямоугольного импульса,...

+ : Тем шире его спектр.

- : Тем уже его спектр.

- : Тем меньше амплитуда высших гармоник.

- : Не влияет на ширину спектра.

I:

S: Спектральная плотность  $S(\omega)$  – это...

+ : Комплексная функция, характеризующая распределение амплитуд и фаз по частотам.

- : Действительная функция, характеризующая только распределение амплитуд.

- : Характеристика мощности сигнала.

- : Отношение сигнал/шум.

I:

S: Теорема запаздывания утверждает, что запаздывание сигнала на время  $\tau$ ...

+ : Приводит к умножению его спектральной плотности на  $\exp(-j\omega\tau)$ .

- : Не влияет на амплитудный спектр, но изменяет фазовый.

- : Приводит к сдвигу спектра на величину  $\tau$ .

- : Не влияет на спектр.

### Раздел 3: Случайные сигналы

I:

S: Стационарный случайный процесс – это процесс, у которого...

+ : Вероятностные характеристики не зависят от времени.

- : Реализация является постоянной величиной.

- : Математическое ожидание равно нулю.

- : Спектр не зависит от частоты.

I:

S: Корреляционная функция случайного процесса характеризует...

+ : Степень статистической связи между сечениями процесса.

- : Закон распределения вероятностей.

- : Среднюю мощность процесса.

- : Ширину спектра процесса.

I:

S: Белый шум – это случайный процесс...

+ : Имеющий равномерную спектральную плотность мощности на всех частотах.

- : С нулевым математическим ожиданием.

- : С нормальным законом распределения.

- : С конечной дисперсией.

I:

S: Эргодический случайный процесс позволяет...

+ : Определить вероятностные характеристики по одной реализации.

- : Упростить математическое ожидание.

- : Сделать процесс стационарным.
- : Все перечисленное.

I:

S: Взаимная корреляционная функция двух процессов характеризует...

- + : Их взаимную статистическую связь.
- : Энергию каждого из них.
- : Разность их математических ожиданий.
- : Их индивидуальные дисперсии.

#### Раздел 4: Линейные цепи с постоянными параметрами

I:

S: Импульсная характеристика цепи  $h(t)$  – это...

- + : Реакция цепи на дельта-функцию при нулевых начальных условиях.
- : Реакция цепи на единичный скачок.
- : Установившаяся реакция на гармоническое воздействие.
- : Переходная характеристика.

I:

S: Если импульсная характеристика цепи известна, отклик на произвольный сигнал находится с помощью...

- + : Интеграла Дюамеля (свертки).
- : Преобразования Лапласа.
- : Интеграла Фурье.
- : Метода комплексных амплитуд.

I:

S: Частотный коэффициент передачи  $K(j\omega)$  и импульсная характеристика  $h(t)$  связаны...

- + : Парой преобразований Фурье.
- : Интегралом свертки.
- : Алгебраическим уравнением.
- : Не связаны.

I:

S: Цепь является физически реализуемой, если её импульсная характеристика...

- + : Равна нулю при  $t < 0$  (причинность).
- : Имеет конечную длительность.
- : Является четной функцией.
- : Непрерывна.

I:

- S: АЧХ (амплитудно-частотная характеристика) – это...
- + : Модуль частотного коэффициента передачи:  $|K(j\omega)|$ .
  - : Аргумент частотного коэффициента передачи:  $\arg K(j\omega)$ .
  - : Вещественная часть  $K(j\omega)$ .
  - : Мнимая часть  $K(j\omega)$ .

## Раздел 5: Нелинейные цепи

I:

S: Основное свойство нелинейного элемента – это...

- + : Нелинейная связь между током и напряжением.
- : Зависимость параметров от частоты.
- : Наличие реактивных элементов.
- : Линейное усиление сигнала.

I:

S: В нелинейном элементе при воздействии гармонического сигнала происходит...

- + : Генерирование гармоник.
- : Фильтрация гармоник.
- : Изменение амплитуды без искажения формы.
- : Сдвиг фазы.

I:

S: Для анализа нелинейных цепей часто используется...

- + : Аппроксимация ВАХ (вольт-амперной характеристики).
- : Метод комплексных амплитуд.
- : Преобразование Фурье.
- : Теория случайных процессов.

I:

S: Явление, при котором в нелинейной цепи происходит преобразование частоты, называется...

- + : Гетеродинирование.
- : Детектирование.
- : Усиление.
- : Фильтрация.

I:

S: Работа амплитудного детектора основана на...

- + : Нелинейном элементе и фильтре низких частот.
- : Резонансном усилении.
- : Интегрировании сигнала.
- : Фазовом сдвиге.

## Раздел 6: Модуляция и детектирование

I:

S: Амплитудная модуляция (АМ) – это...

+: Изменение амплитуды несущего колебания по закону модулирующего сигнала.

-: Изменение частоты несущего колебания.

-: Изменение фазы несущего колебания.

-: Кодирование информации.

I:

S: Спектр АМ-сигнала при гармонической модуляции содержит...

+: Несущую и две боковые полосы.

-: Только несущую.

-: Только боковые полосы.

-: Бесконечное число гармоник.

I:

S: Коэффициент амплитудной модуляции  $m$  должен быть...

+:  $0 \leq m \leq 1$  для отсутствия перемодуляции.

-:  $m > 1$  для лучшей помехозащищенности.

-:  $m < 0$ .

-: Любым вещественным числом.

I:

S: Однополосная модуляция (SSB) применяется для...

+: Экономии ширины занимаемого спектра.

-: Упрощения схемы передатчика.

-: Увеличения глубины модуляции.

-: Повышения несущей частоты.

I:

S: Частотная модуляция (ЧМ) по сравнению с АМ имеет преимущество в...

+: Помехозащищенности.

-: Простоте детектора.

-: Ширине занимаемого спектра.

-: Отсутствию боковых полос.

## Раздел 7: Фильтры

I:

S: Идеальный ФНЧ (фильтр низких частот)...

+: Имеет постоянный коэффициент передачи в полосе пропускания и бесконечное ослабление в полосе задерживания.

-: Имеет импульсную характеристику конечной длительности.

- : Физически реализуем.
- : Не вносит фазовых искажений.

I:

- S: Полоса пропускания реального фильтра определяется по уровню...
- +: 0.707 от максимального значения АЧХ (по -3 дБ).
- : 0.5 от максимального значения АЧХ.
- : 0.9 от максимального значения АЧХ.
- : 0 дВ.

I:

- S: Фильтр Чебышева по сравнению с фильтром Баттерворта имеет...
- +: Более крутой срез АЧХ, но пульсации в полосе пропускания.
- : Более плавный срез АЧХ.
- : Линейную ФЧХ.
- : Меньший порядок для тех же требований.

I:

- S: ФЧХ (фазо-частотная характеристика) определяет...
- +: Фазовые сдвиги, вносимые цепью на разных частотах.
- : Полосу пропускания цепи.
- : Коэффициент усиления по напряжению.
- : Время установления сигнала.

I:

- S: Фильтр с линейной ФЧХ...
- +: Не вносит фазовых искажений (искажений формы сигнала).
- : Не пропускает постоянную составляющую.
- : Имеет бесконечную импульсную характеристику.
- : Является идеальным.

## Раздел 8: Усилители

I:

- S: Основное назначение усилителя – это...
- +: Увеличение мощности сигнала.
- : Изменение формы сигнала.
- : Фильтрация помех.
- : Генерация колебаний.

I:

- S: Класс усиления "А" характеризуется...
- +: Работой транзистора в линейном режиме в течение всего периода.
- : Работой транзистора с отсечкой тока.

- : Наивысшим КПД.
- : Использованием только одного транзистора.

I:

S: Отрицательная обратная связь в усилителях приводит к...

- +: Увеличению стабильности коэффициента усиления.
- : Увеличению коэффициента усиления.
- : Увеличению нелинейных искажений.
- : Сужению полосы пропускания.

I:

S: Полоса пропускания усилителя – это диапазон частот, в котором коэффициент усиления...

- +: Уменьшается не более чем на 3 дБ от максимального значения.
- : Остается постоянным.
- : Увеличивается на 3 дБ.
- : Изменяется по линейному закону.

I:

S: Динамический диапазон усилителя – это отношение...

- +: Максимально допустимого входного сигнала к уровню собственных шумов.
- : Выходной мощности к входной.
- : Верхней частоты к нижней.
- : Коэффициента усиления на верхней и нижней частотах.

## Раздел 9: Генераторы гармонических колебаний

I:

S: Условие баланса амплитуд в генераторе – это...

- +: Коэффициент усиления в замкнутом контуре должен быть равен 1.
- : Коэффициент усиления должен быть максимальным.
- : Фазовый сдвиг должен быть равен  $90^\circ$ .
- : Частота должна быть равна резонансной.

I:

S: Для возникновения автоколебаний необходимо выполнение условий...

- +: Баланса амплитуд и баланса фаз.
- : Только баланса амплитуд.
- : Только баланса фаз.
- : Наличия внешнего гармонического сигнала.

I:

S: В LC-генераторах частоту колебаний определяет в основном...

- +: Резонансный контур.

- : Усилительный элемент.
- : Цепь обратной связи.
- : Напряжение питания.

I:

S: Кварцевые генераторы обладают высокой стабильностью частоты благодаря...

- +: Высокой добротности кварцевого резонатора.
- : Большой мощности колебаний.
- : Использованию цифровых схем.
- : Сложной форме колебаний.

I:

S: Генератор с фазовым авторегулированием частоты (ФАПЧ) используется для...

- +: Стабилизации и синтеза частот.
- : Увеличения выходной мощности.
- : Генерации сигналов сложной формы.
- : Усиления слабых сигналов.

## Раздел 10: Цифровая обработка сигналов

I:

S: Теорема Котельникова (Найквиста-Шеннона) утверждает, что...

- +: Сигнал с ограниченным спектром может быть точно восстановлен по отсчетам, взятым с частотой  $F_d \geq 2F_{max}$ .
- : Частота дискретизации должна быть равна максимальной частоте спектра.
- : Частота дискретизации может быть любой.
- : Сигнал нельзя восстановить по отсчетам.

I:

S: Алиасинг (наложение спектров) возникает при...

- +: Недостаточной частоте дискретизации ( $F_d < 2F_{max}$ ).
- : Слишком высокой частоте дискретизации.
- : Использовании цифровых фильтров.
- : Квантовании сигнала по уровню.

I:

S: Z-преобразование используется для анализа...

- +: Дискретных и цифровых систем.
- : Только аналоговых фильтров.
- : Нелинейных цепей.
- : Случайных процессов.

I:

S: КИХ-фильтр (фильтр с конечной импульсной характеристикой)...

+ : Всегда устойчив.

- : Может быть неустойчивым.

- : Имеет обратную связь.

- : Требуется меньшего порядка, чем БИХ-фильтр.

I:

S: Преобразование Фурье для дискретного сигнала (ДПФ) позволяет...

+ : Найти спектр дискретного сигнала.

- : Найти импульсную характеристику аналогового фильтра.

- : Решить дифференциальное уравнение.

- : Рассчитать вероятность ошибки.

## Раздел 11: Сигналы с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDM)

I:

S: Основная идея OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) – это...

+ : Передача данных на множестве ортогональных несущих.

- : Передача данных на одной несущей с максимальной скоростью.

- : Использование только амплитудной модуляции.

- : Увеличение мощности передатчика.

I:

S: Ортогональность поднесущих в OFDM означает, что...

+ : Интеграл от произведения двух разных поднесущих на интервале символа равен нулю.

- : Все поднесущие имеют одинаковую частоту.

- : Амплитуды всех поднесущих одинаковы.

- : Поднесущие не перекрываются в спектре.

I:

S: Для генерации и обработки OFDM-сигналов на практике широко применяется...

+ : Быстрое преобразование Фурье (БПФ, FFT).

- : Фазовые детекторы.

- : Аналоговые полосовые фильтры.

- : Генераторы на кварцах.

I:

S: Циклический префикс (CP) в OFDM вводится для...

+ : Борьбы с межсимвольной интерференцией (ISI) и упрощения схемы приемника.

- : Увеличения скорости передачи данных.

- : Уменьшения ширины спектра.
- : Повышения мощности сигнала.

I:

- S: Одним из основных недостатков OFDM-сигнала является...
- +: Высокое отношение пиковой мощности к средней (PAPR).
  - : Низкая спектральная эффективность.
  - : Сложность реализации амплитудного детектора.
  - : Невозможность использования в беспроводных системах.

## Раздел 12: Основы теории информации и кодирования

I:

- S: Клод Шеннон определил количество информации как...
- +: Меру уменьшения неопределенности.
  - : Скорость передачи в битах в секунду.
  - : Энергию сигнала.
  - : Ширину спектра сигнала.

I:

- S: Пропускная способность непрерывного канала связи определяется по формуле...
- +:  $C = F \cdot \log_2(1 + P_{\text{св}}/P_{\text{ш}})$
  - :  $C = F \cdot (P_{\text{св}}/P_{\text{ш}})$
  - :  $C = 2F \cdot \log_2(M)$
  - :  $C = 1 / (1 + P_{\text{св}}/P_{\text{ш}})$

I:

- S: Помехоустойчивое кодирование – это...
- +: Введение избыточности в передаваемое сообщение для обнаружения и исправления ошибок.
  - : Увеличение мощности передатчика.
  - : Сужение спектра сигнала.
  - : Применение направленных антенн.

I:

- S: Код с максимальным свободным расстоянием  $d_{\text{св}}$ ...
- +: Обладает лучшими исправляющими способностями.
  - : Имеет меньшую избыточность.
  - : Проще в декодировании.
  - : Требуется более низкой скорости передачи.

I:

- S: Понятие "шумоподобный сигнал" связано с...
- +: Свойством иметь широкий спектр и низкий уровень спектральной

плотности мощности.

- : Его случайной фазой.
- : Использованием только в аналоговых системах.
- : Невозможностью его детектирования.

### Раздел 13: Специальные виды модуляции и манипуляции

I:

S: Фазовая манипуляция (PSK) – это...

- +: Изменение фазы несущего колебания в соответствии с передаваемыми данными.
- : Изменение частоты несущего колебания.
- : Изменение амплитуды несущего колебания.
- : Одновременное изменение амплитуды и фазы.

I:

S: Квадратурная амплитудная модуляция (QAM) характеризуется тем, что...

- +: Информация кодируется в амплитуде и фазе несущего колебания.
- : Используется только две фазовые позиции.
- : Это разновидность частотной модуляции.
- : Она не требует синхронного детектора.

I:

S: Минимальная манипуляция (MSK) является частным случаем...

- +: Частотной манипуляции (FSK) с минимальным сдвигом частот.
- : Амплитудной манипуляции (ASK).
- : Фазовой манипуляции (BPSK).
- : Импульсно-кодовой модуляции (ИКМ).

I:

S: Основное преимущество OFDM перед однополосной модуляцией для высокоскоростной передачи по каналам с многолучевостью – это...

- +: Устойчивость к межсимвольной интерференции за счет увеличения длительности символа.
- : Более простая аппаратная реализация.
- : Более узкий спектр.
- : Отсутствие необходимости в синхронизации.

I:

S: Спектр сигнала при частотной манипуляции (FSK) при непрерывной фазе...

- +: Уже, чем при разрывной фазе, так как обеспечивается более плавный переход.
- : Шире, чем при разрывной фазе.

- : Не зависит от непрерывности фазы.
- : Совпадает со спектром ASK-сигнала.

#### Раздел 14: Элементы теории антенн и распространения радиоволн

I:

S: Коэффициент усиления антенны (G) показывает...

- +: Во сколько раз мощность на входе эталонной антенны должна быть больше, чтобы создать такую же плотность потока мощности в дальней зоне.
- : Во сколько раз антенна увеличивает мощность передатчика.
- : Отношение тока в антенне к напряжению.
- : Ширину диаграммы направленности.

I:

S: Диаграмма направленности антенны – это...

- +: Графическое представление зависимости амплитуды излучаемого поля от направления.
- : Зависимость входного сопротивления от частоты.
- : График КСВН от частоты.
- : Форма металлических элементов антенны.

I:

S: Для работы антенны в режиме ближней зоны (зоны Френеля) характерно...

- +: Несформированная диаграмма направленности, сложное распределение поля.
- : Плоский фазовый фронт волны.
- : Преобладание поперечных составляющих поля.
- : Расстояние  $R > 2D^2/\lambda$ , где D – размер антенны.

I:

S: Затухание радиоволн в свободном пространстве (Free Space Path Loss) зависит от...

- +: Расстояния и частоты ( $L \sim 1/R^2$  и  $L \sim f^2$ ).
- : Мощности передатчика.
- : Коэффициента усиления приемной антенны.
- : Влажности воздуха.

I:

S: Эффект Доплера заключается в...

- +: Изменении частоты принимаемого сигнала при относительном движении приемника и передатчика.
- : Преломлении радиоволн в ионосфере.
- : Замираниях сигнала из-за многолучевого распространения.
- : Поглощении радиоволн в атмосфере.

## Раздел 15: Импульсные и цифровые системы

I:

S: Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ, РСМ) включает в себя этапы...

- + : Дискретизация, квантование, кодирование.
- : Детектирование, фильтрация, усиление.
- : Модуляция, демодуляция, синхронизация.
- : Генерация, передача, прием.

I:

S: Шум квантования в ИКМ-системе возникает из-за...

- + : Округления мгновенных значений сигнала до ближайшего уровня квантования.
- : Нестабильности тактовой частоты дискретизации.
- : Наличия помех в канале связи.
- : Нелинейных искажений в усилителе.

I:

S: Дельта-модуляция (ДМ) по сравнению с ИКМ характеризуется...

- + : Более простой схемой кодека, но более высокими требованиями к частоте дискретизации.
- : Более высоким отношением сигнал/шум квантования при той же скорости.
- : Более сложным процессом квантования.
- : Отсутствием шума квантования.

I:

S: Основная задача системы синхронизации в цифровой системе связи – это...

- + : Обеспечение правильного тактового и циклового отсчета временных позиций символов и кадров.
- : Увеличение скорости передачи данных.
- : Фильтрация помех.
- : Усиление сигнала.

I:

S: Отношение сигнал-шум на выходе цифровой системы связи определяется в основном...

- + : Вероятностью ошибки на бит (BER) и используемым кодом.
- : Мощностью передатчика.
- : Типом модуляции.
- : Длиной кабеля.

## Раздел 16: Математические основы и преобразования

I:

S: Преобразование Гильберта позволяет получить...

+: Сигнал, спектр которого сдвинут по фазе на  $-90^\circ$  для положительных частот и на  $+90^\circ$  для отрицательных.

-: Вещественную часть комплексного сигнала.

-: Модуль спектральной плотности.

-: Корреляционную функцию сигнала.

I:

S: Аналитический сигнал – это...

+: Комплексный сигнал, спектр которого равен нулю для отрицательных частот.

-: Сигнал, описываемый вещественной функцией.

-: Сигнал с постоянной амплитудой.

-: Сигнал, не содержащий шумов.

I:

S: Свертка двух функций  $x(t)$  и  $y(t)$  математически определяется как...

+:  $\int x(\tau) y(t-\tau) dt$

-:  $\int x(t) y(t) dt$

-:  $\int [x(t) + y(t)] dt$

-:  $\int X(f) Y(f) df$

I:

S: Теорема Парсеваля утверждает, что...

+: Энергия сигнала, вычисленная во временной области, равна энергии, вычисленной в частотной области.

-: Спектр суммы сигналов равен сумме спектров.

-: Сдвиг сигнала во времени приводит к линейному фазовому сдвигу в спектре.

-: Производная сигнала соответствует умножению спектра на  $j\omega$ .

I:

S: Радиотехнический сигнал с ограниченной полосой частот...

+: Имеет бесконечную длительность во временной области.

-: Имеет конечную длительность во временной области.

-: Может быть точно представлен конечным числом отсчетов.

-: Всегда является периодическим.

## Раздел 17: Узкополосные и широкополосные сигналы

I:

S: Основное отличие широкополосного сигнала от узкополосного – это...

+: Соотношение между шириной спектра  $\Delta F$  и центральной частотой  $f_0$  ( $\Delta F \ll f_0$  – узкополосный).

-: Значение центральной частоты  $f_0$ .

- : Форма модулирующего сигнала.
- : Тип используемой антенны.

I:

S: Псевдослучайные последовательности (ПСП) используются в широкополосных системах для...

- + : Расширения спектра сигнала и обеспечения помехозащищенности.
- : Увеличения амплитуды сигнала.
- : Упрощения схемы модулятора.
- : Генерации гармонических колебаний.

I:

S: Система с прямым расширением спектра (DSSS) обеспечивает помехозащищенность за счет...

- + : Снижения спектральной плотности мощности сигнала ниже уровня помехи.
- : Увеличения мощности передатчика.
- : Сужения спектра сигнала.
- : Использования очень высоких несущих частот.

I:

S: Временное разделение каналов (TDMA) основано на...

- + : Предоставлении разным пользователям разных временных слотов в одном частотном диапазоне.
- : Разделении пользователей по несущим частотам.
- : Использовании разных кодовых последовательностей.
- : Разных поляризациях радиоволн.

I:

S: Кодовое разделение каналов (CDMA) возможно благодаря...

- + : Использованию ортогональных или слабокоррелирующих кодовых последовательностей.
- : Точной синхронизации всех передатчиков.
- : Применению только цифровых методов модуляции.
- : Разнесению передатчиков на большое расстояние.

## Раздел 18: Обработка сигналов в системах связи

I:

S: Адаптивный фильтр – это фильтр,...

- + : Параметры которого автоматически изменяются в соответствии с изменяющимися характеристиками сигнала или помехи.
- : С постоянными параметрами, рассчитанными на наихудший случай.
- : Который используется только для обработки речевых сигналов.
- : Имеющий только аналоговую реализацию.

I:

S: Цифровой согласованный фильтр предназначен для...

+ : Обеспечения максимального отношения сигнал/шум на его выходе в заданный момент времени для известной формы сигнала.

- : Подавления всех видов помех.

- : Компенсации амплитудно-частотных искажений канала.

- : Синхронизации по несущей частоте.

I:

S: Эквалайзер в приемнике служит для...

+ : Компенсации искажений, вносимых каналом связи (борьба с межсимвольной интерференцией).

- : Усиления слабого сигнала.

- : Расширения спектра сигнала.

- : Генерации несущей частоты.

I:

S: Алгоритм Витерби используется для...

+ : Сверточного декодирования и оценки наиболее вероятной последовательности переданных символов.

- : Адаптивной фильтрации.

- : Быстрого вычисления преобразования Фурье.

- : Синтеза КИХ-фильтров.

I:

S: Цифровая модуляция обычно характеризуется...

+ : Символьной скоростью (бодами) и скоростью передачи в битах в секунду.

- : Только мощностью передатчика.

- : Только несущей частотой.

- : Амплитудой несущего колебания.

## Раздел 19: Помехи и искажения в радиоканалах

I:

S: Релеевские замирания сигнала возникают, когда...

+ : Есть множество переотраженных лучей с примерно равными амплитудами и случайными фазами.

- : Имеется одна прямая волна и одна отраженная.

- : Мощность сигнала падает с расстоянием.

- : Происходит поглощение в атмосфере.

I:

S: Межсимвольная интерференция (ISI) вызвана...

+ : Расширением символов во времени из-за неидеальности АЧХ и ФЧХ канала.

- : Наличием аддитивного белого шума.
- : Нестабильностью несущей частоты.
- : Ошибками квантования.

I:

S: Эффект "ближний-дальний" является серьезной проблемой в системах...

- +: С кодовым разделением каналов (CDMA).
- : С частотным разделением каналов (FDMA).
- : С амплитудной модуляцией (AM).
- : Спутниковой связи.

I:

S: Диверситет (разнесенный прием) используется для...

- +: Борьбы с замираниями путем приема нескольких копий сигнала.
- : Увеличения скорости передачи данных.
- : Упрощения конструкции приемника.
- : Уменьшения энергопотребления.

I:

S: Отношение несущая/шум ( $C/N$ ) на входе приемника напрямую влияет на...

- +: Вероятность ошибки на бит (BER) в цифровых системах.
- : Размер антенны.
- : Длину сообщения.
- : Стоимость оборудования.

## Раздел 20: Синтез и анализ сложных сигналов

I:

S: Сложный сигнал – это сигнал,...

- +: База которого (произведение длительности на ширину спектра) много больше 1.
- : Который описывается простой математической функцией.
- : Который имеет очень узкий спектр.
- : Который используется только в аудиотехнике.

I:

S: Сжатие импульса в согласованном фильтре возможно благодаря...

- +: Наличию внутренней частотной модуляции в импульсе (зависимости частоты от времени).
- : Увеличению амплитуды импульса.
- : Увеличению длительности импульса.
- : Использованию только прямоугольной формы импульса.

I:

- S: Линейная частотная модуляция (ЛЧМ) внутри импульса применяется для...
- + : Получения большого база сигнала и возможности его сжатия по длительности при обработке.
  - : Упрощения генератора импульсов.
  - : Уменьшения ширины спектра импульса.
  - : Улучшения теплового режима передатчика.

I:

S: Неопределенность сигнала (произведение длительности на ширину спектра) подчиняется соотношению...

- + :  $\Delta f \cdot \Delta t \geq k$  (принцип неопределенности).
- :  $\Delta f \cdot \Delta t = 0$
- :  $\Delta f \cdot \Delta t \leq 1$
- :  $\Delta f / \Delta t = 1$

I:

S: Функция неопределенности сигнала характеризует...

- + : Его потенциальные возможности по разрешению по дальности и скорости.
- : Его среднюю мощность.
- : Его пик-фактор.
- : Сложность его генерации.

## Вопросы, выносимые на коллоквиум

### 5-й семестр

#### Коллоквиум 1

Блок 1: Классификация и детерминированные сигналы

1. **Классификация радиотехнических сигналов.** Детерминированные и случайные сигналы. Их основные отличия и области применения.
2. **Спектральное представление периодических сигналов.** Ряд Фурье: физический смысл амплитудного и фазового спектра. Условия существования.
3. **Спектральное представление непериодических сигналов.** Интеграл Фурье. Физический смысл спектральной плотности амплитуд и фаз.
4. **Энергетические характеристики сигналов.** Понятия энергии и средней мощности сигнала. Теорема Рэлея (Парсеваля) и ее физическая интерпретация.
5. **Свойства преобразования Фурье** (линейность, теорема запаздывания, смещение спектра, дифференцирование). Их значение при анализе прохождения сигналов через цепи.

6. **Модели типовых сигналов:** единичный скачок, дельта-функция, прямоугольный импульс. Их спектральные характеристики и применение в анализе цепей.

## Коллоквиум 2

Блок 2: Линейные цепи с постоянными параметрами

7. **Временной метод анализа цепей.** Понятия импульсной  $h(t)$  и переходной  $g(t)$  характеристик. Их физический смысл и взаимосвязь.

8. **Интеграл Дюамеля (свертки).** Его физическая интерпретация как метода определения отклика цепи на произвольное воздействие.

9. **Частотный метод анализа цепей.** Комплексный коэффициент передачи  $K(j\omega)$ . Его связь с импульсной характеристикой через преобразование Фурье.

10. **Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики.** Их физический смысл и влияние на форму выходного сигнала.

11. **Искажения сигналов в линейных цепях.** Виды искажений: амплитудно-частотные (АЧИ), фазо-частотные (ФЧИ). Условия отсутствия искажений.

12. **Физическая реализуемость цепей.** Принцип причинности и его следствие: импульсная характеристика  $h(t) = 0$  при  $t < 0$ .

Блок 3: Случайные процессы в радиотехнике

13. **Модели случайных сигналов.** Понятие случайного процесса. Математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция: их физический смысл.

14. **Стационарные и эргодические случайные процессы.** Условия стационарности и эргодичности. Практическое значение свойства эргодичности.

15. **Спектральная плотность мощности (СПМ) стационарного процесса.** Теорема Винера-Хинчина: связь корреляционной функции и СПМ.

16. **Модель белого шума.** Его корреляционная функция и СПМ. Понятие "ограниченный белый шум".

17. **Прохождение случайных сигналов через линейные цепи.** Математическое ожидание, дисперсия и СПМ на выходе цепи.

## 6-й семестр

### Коллоквиум 1

#### Блок 4: Нелинейные цепи и преобразования

1. **Классификация цепей.** Основные отличия линейных и нелинейных цепей. Аппроксимация вольт-амперных характеристик (ВАХ) нелинейных элементов.
2. **Частотные свойства нелинейных цепей.** Явление преобразования спектра. Комбинационные частоты.
3. **Модуляция гармонических колебаний.** Амплитудная модуляция (АМ). Математическая модель, спектр АМ-сигнала, коэффициент модуляции.
4. **Балансная модуляция и однополосная модуляция (SSB).** Способы их формирования, преимущества и недостатки по сравнению с АМ.
5. **Угловая модуляция: частотная (ЧМ) и фазовая (ФМ).** Математические модели, связь между ЧМ и ФМ. Индекс модуляции и девиация частоты.
6. **Детектирование модулированных колебаний.** Схемы и принцип работы амплитудного детектора. Искажения при детектировании.
7. **Преобразование частоты (гетеродинирование).** Назначение, структурная схема и принцип работы преобразователя частоты.

#### Блок 5: Генерация и усиление сигналов

8. **Усилители радиосигналов.** Классификация (по частоте, режиму работы). Основные параметры: коэффициент усиления, полоса пропускания, динамический диапазон.
9. **Обратная связь в усилителях.** Виды обратной связи. Влияние отрицательной обратной связи на стабильность усиления, нелинейные искажения и полосу пропускания.
10. **Условия самовозбуждения автогенераторов.** Баланс амплитуд и баланс фаз. Структурная схема генератора с обратной связью.
11. **LC- и RC-генераторы гармонических колебаний.** Принцип действия, схемы реализации, условия генерации.

### Коллоквиум 2

#### Блок 6: Линейные цепи с переменными параметрами. Импульсные сигналы

12. **Параметрические цепи.** Их основное свойство и отличие от нелинейных цепей. Примеры параметрических элементов.
13. **Спектр амплитудно-модулированного колебания при его воздействии на линейную цепь с переменным параметром.**
14. **Спектральный состав последовательности прямоугольных видеопульсов.** Зависимость ширины спектра от длительности импульса.

15. **Прохождение импульсов через линейные RC-цепи.** Искажение формы прямоугольного импульса в дифференцирующей и интегрирующей цепях.

Блок 7: Согласованный фильтр и оптимальная фильтрация

16. **Понятие оптимального фильтра.** Согласованный фильтр: постановка задачи и критерий оптимальности (максимум отношения сигнал/шум в заданный момент времени).

17. **Импульсная характеристика и частотный коэффициент передачи согласованного фильтра** для сигнала с известной формой  $s(t)$ .

18. **Физическая реализуемость согласованного фильтра.** Условия, накладываемые на сигнал  $s(t)$ .

Блок 8: Дискретные и цифровые сигналы

19. **Дискретизация аналоговых сигналов.** Теорема Котельникова (Найквиста-Шеннона). Физический смысл, последствия нарушения условия теоремы (алиасинг).

20. **Квантование сигналов по уровню.** Погрешность квантования (шум квантования). Связь динамического диапазона и числа уровней квантования.

21. **Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)** как метод аналого-цифрового преобразования. Основные этапы формирования ИКМ-сигнала.

22. **Z-преобразование.** Область сходимости. Связь с преобразованием Фурье для дискретного сигнала.

23. **Цифровые фильтры.** Основные отличия от аналоговых. Сравнительная характеристика КИХ- и БИХ-фильтров.

## 1.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам. В каждом билете 2 теоретических вопроса.

### Экзаменационные вопросы

1. Автогенераторы гармонических колебаний.
2. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
3. Амплитудная модуляция при сложном модулирующем сигнале.
4. Амплитудное детектирование.
5. Взаимная спектральная плотность сигналов.
6. Виды распределений случайных величин.
7. Воздействие детерминированных сигналов на линейные стационарные цепи.
8. Детектирование сигналов с угловой модуляцией.

9. Детерминированные и случайные сигналы.
10. Дискретизация периодических сигналов.
11. Дискретное преобразование Фурье.
12. Интервал корреляций случайных процессов.
13. Квадратичное детектирование.
14. Линейные частотно модулированные сигналы.
15. Нормированное линейное пространство сигналов (гильбертово пространство).
16. Обобщенная формула Рэлея.
17. Обратное  $Z$ -преобразование.
18. Обратное преобразование Фурье.
19. Однополосная амплитудная модуляция.
20. Описание сигналов посредством математических моделей.
21. Ортогональные сигналы и обобщенные ряды Фурье
22. Ортогональные сигналы с ограниченным спектром.
23. Основные свойства  $Z$ -преобразований.
24. Передаточные функции линейной системы с обратной связью.
25. Получение сигналов с амплитудной модуляцией.
26. Получение сигналов с балансной модуляцией.
27. Получение сигналов с угловой модуляцией.
28. Преобразование Лапласа и его основные свойства.
29. Режимы возбуждения автогенератора в области большого сигнала.
30. Рекурсивные цифровые фильтры.
31. Сбалансированная амплитудная модуляция.
32. Свойства отрицательной обратной связи в усилителях.
33. Связь между спектром сигнала и его комплексной огибающей.
34. Сигналы с амплитудной модуляцией.
35. Сигналы с внутриимпульсной частотной модуляцией.
36. Сигналы с однотоновой с угловой модуляцией.
37. Сигналы с угловой модуляцией.
38. Сигналы с частотной модуляцией.
39. Системная функция цифровых фильтров.
40. Случайные сигналы и их вероятностные характеристики.
41. Спектральная плотность неинтегрируемых сигналов.
42. Спектральное представление случайных процессов.
43. Спектральный анализ непериодических сигналов.
44. Статистические характеристики систем случайных величин.
45. Стационарные случайные процессы.
46. Структурный синтез фильтров низких частот.
47. Теорема Котельникова
48. Теория  $Z$ -преобразований.
49. Трансверсальные цифровые фильтры.
50. Трехточечные автогенераторы.
51. Узкополосные сигналы.

52. Узкополосные случайные процессы.
53. Устойчивость рекурсивных цифровых фильтров.
54. Устойчивость цепей с обратной связью.
55. Фазовое детектирование.
56. Физические системы и их математические модели.
57. Фильтры Чебышева.
58. Характеристические функции случайных величин.
59. Частотное детектирование.
60. Энергетические характеристики амплитудно-модулированного сигнала.