

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Радиотехнические цепи и сигналы

: 11.03.01

, :

: 2, : 4

		4
1	()	5
2		180
3	, .	99
4	, .	36
5	, .	36
6	, .	18
7	, .	18
8	, .	2
9	, .	7
10	, .	81
11	(, ,)	.
12		

(): 11.03.01

179 06.03.2015 ., : 20.03.2015 .

: 1,

(): 11.03.01

, 3 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

,

:

,

:

.

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей; в части следующих результатов обучения:	
4.	
4.	

2.

2.1

(, , ,)	
-----------	--

.3. 4	
1.Иметь представление о современных системах передачи информации и перспективных методах представления и обработки сигналов	
2.Иметь представление о выборе наиболее выгодного сочетания аналоговых и цифровых сигналов, цепей и устройств в перспективной аппаратуре	
3.Иметь представление о применении кепстрального анализа и вейвлет-преобразования сигналов	
4.Знать понятийный аппарат (терминологию) дисциплины	; ; ;
5.Знать свойства и формы представление детерминированных управляющих сигналов	; ; ;
6.Знать основные характеристики случайных сигналов и помех	; ; ;
7.Знать свойства модулированных сигналов	; ; ;
8.Знать характеристики и свойства линейных цепей (с постоянными параметрами)	; ; ;
9.Знать методы исследования линейных цепей	; ; ;
10.Знать физические процессы при прохождении детерминированных сигналов через линейные цепи (ЛЦ)	; ; ;
11.Знать физические процессы при прохождении случайных процессов через ЛЦ	; ; ;
.3. 4	
12.Уметь представлять сигналы в базисе различных ортогональных функций (гармонических, комплексных экспоненциальных, Уолша, $\sin x/x...$)	; ; ;
13.Уметь осуществлять спектральный и корреляционный анализы детерминированных и случайных сигналов, а также управляющих и модулированных сигналов	; ; ;

14. Уметь определять линейные искажения радиосигналов на выходе линейных апериодических и избирательных цепей	; ; ;
15. Уметь выделять главное, существенное в темах курса, излагаемых на лекциях или в учебниках	; ; ;
16. Уметь планировать свою деятельность на лабораторных занятиях	
17. Уметь формулировать вопросы по существу обсуждаемых проблем, участвовать в дискуссии	; ; ;
18. Уметь проводить прямые и косвенные измерения характеристик сигналов и радиоцепей, грамотно обрабатывать и записывать результаты измерений с учетом погрешности	
19. Уметь интерпретировать полученные результаты своей деятельности, критически оценивать результаты расчетов и экспериментов	
20. Уметь высказывать гипотезы о возможных несовпадениях данных предварительных расчетов с результатами лабораторных экспериментов	
21. Уметь адекватно осуществлять самоконтроль и самооценку (до, в ходе и после выполнения работы)	

3.

3.1

	,	.		
: 4				
:				
1.	0	1	1, 2, 4	
2.	0	2	15, 17, 4	
3.	0	2	15, 17	
4.	0	2	12, 15, 17, 3	

5.	$(\sin x)^2$	1	1	12, 15, 17, 5	
6.	$\cos x$	0	2	12, 15, 17	
7.	$\sin x$	0	2	12, 15, 17	
8.	$(\sin x)/x$	1	2	12, 15, 17, 2	
9.	$\cos^2 x$	1	2	12, 15, 17	
10.	$(\sin x - \cos x)$	0	2	13, 15, 17	
11.	$\sin^2 x$	0	2	15, 17	

<p>12.</p> <p>，</p> <p>·</p> <p>()。</p> <p>，</p> <p>·</p> <p>·</p> <p>()。</p> <p>·</p> <p>，</p> <p>·</p>	1	4	15, 17, 2, 7	
:				
<p>13.</p> <p>·</p> <p>-</p> <p>()。</p> <p>·</p> <p>；</p>	0	2	15, 17, 6	
<p>14.</p> <p>·</p> <p>()</p> <p>·</p> <p>(-)</p> <p>· -</p> <p>" " ，</p> <p>·</p>	0	2	13, 15, 17	
:				
<p>15.</p> <p>-</p> <p>·</p> <p>，</p>	0	2	15, 17, 8	
<p>16.</p> <p>()。</p> <p>()</p> <p>·</p> <p>·</p>	0	2	15, 17, 8, 9	

17.	() ().	0	2	10, 14, 15, 17, 5, 9	
18.	.	0	2	10, 14, 15, 17, 7, 9	

3.2

	, .				
: 4					
:					
1.	() (1).	0	4	12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 4, 5	.
2.	(3).	3	6	12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 4, 5	
3.	(8)	0	4	10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 4, 5, 7, 8, 9	
:					
4.	(4)	1	4	11, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 4, 5, 6	

3.3

	, .				
: 4					
:					
1.	.	0	2	12, 15, 17, 4, 5, 6	

2.	0	3	12, 15, 17, 4, 5	
3.	0	4	12, 15, 17, 4, 5	
4.	3	6	12, 15, 17, 4, 5	
5.	4	7	12, 13, 15, 17, 4, 5, 7	
:				
6.	0	4	11, 15, 17, 4, 5, 6	
:				
7.	0	2	10, 12, 14, 15, 17, 4, 5, 6, 8, 9	
8.	2	6	10, 12, 14, 15, 17, 4, 5, 6, 7, 8, 9	
9.	1	2	10, 11, 13, 15, 17, 9	

4.

: 4				
1		10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 4, 5, 6, 7, 8, 9	6	0
<p>[]: ; , [2016]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230305. - ; / [. .] ; ; , 2014. - 110, [2] . : .. : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190020</p>				
2		10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 5, 6, 7, 8, 9	30	5
<p>4- (8-). : []: ; , [2016]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230305. - : / [.] ; ; , 2014. - 110, [2] . : .. : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190020</p>				
3		10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 5, 6, 7, 8, 9	20	0

<p>... []: ... ; [2016]. - http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230305. - ... / [] ; ... ; ... , 2014. - 110, [2] .: .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190020</p>				
4	()	13, 15, 17, 4, 5	5	0
<p>: ... []: ... ; [2016]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230305. - ... / [] ; ... ; ... , 2014. - 110, [2] .: .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190020</p>				
5		10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 4, 5, 6, 7, 8, 9	20	2
<p>: ... []: ... ; [2016]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230305. - ... / [] ; ... ; ... , 2014. - 110, [2] .: .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190020</p>				

5.

(. 5.1).

5.1

	-
	e-mail:a-n-yakovlev@mail.ru
	e-mail:a-n-yakovlev@mail.ru
	: http://ciu.nstu.ru/kaf/persons/435
	: http://ciu.nstu.ru/kaf/persons/435

5.2

1		.3;
Формируемые умения: 34. знать основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и методы их преобразования в линейных электрических цепях		
Краткое описание применения: Обсуждение методов анализа радиотехнических сигналов и расчета радиотехнических цепей		

2		.3;
Формируемые умения: 34. знать основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и методы их преобразования в линейных электрических цепях		
Краткое описание применения: Обсуждение методов анализа радиотехнических сигналов и расчета радиотехнических цепей		

6.

(),

-
15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 4		
<i>Лабораторная:</i>	5	16
<i>Контрольные работы:</i>	9	12
<i>РГЗ:</i>	16	32
<i>Экзамен:</i>	20	40

6.2

6.2

		/	.		
.3	4.	+	+	+	+
	4.	+	+	+	+

1

7.

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

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

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

8.

8.1

1. Радиотехнические цепи и сигналы. Лабораторный практикум : учебное пособие / [В. Я. Баскей и др.] ; под ред. А. Н. Яковлева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 110, [2] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190020

2. Яковлев А. Н. Радиотехнические цепи и сигналы [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230305. - Загл. с экрана.

8.2

1 National Instruments

9.

-

1	" NIELVIS" 8	

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

Кафедра теоретических основ радиотехники

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Радиотехнические цепи и сигналы

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

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Радиотехнические цепи и сигналы приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей	34. знать основные виды детерминированных и случайных сигналов в радиотехнике и методы их преобразования в линейных электрических цепях	Характеристики апериодических и частотно-избирательных четырехполюсников. Связь передаточной функции, импульсной и переходной характеристик Анализ и синтез сигналов в базе гармонических функций Введение. Предмет, цель и содержание курса РТЦиС. Роль курса в подготовке современного специалиста. Основная задача радиотехники. Структурная схема передачи информации. Основные проблемы современной радиоэлектроники Воздействие случайных колебаний на линейные цепи. СПМ и АКФ на выходе ЛЦ. Средняя мощность и дисперсия колебаний на выходе. Воздействие белого шума на ЛЦ. Нормализация СП в линейной цепи. Дифференцирование и интегрирование СП. Выполнение расчетов и построений по требованиям РГЗ Дискретные измерительные приборы и технология измерений в виртуальных и реальных средах (Работа № 1). Модели сигналов. Динамическое и геометрическое представления сигналов Модулированные колебания Общие представления, определения и классификация. Амплитудно-модулированные сигналы (АМС). Временное, спектральное, векторное и корреляционное представления. Мощность АМС. Примеры. Сигналы угловой модуляции (УМС). Временное и спектральное представления ЧМС и ФМС. Узкополосные, комплексные и	Отчет по лабораторной работе РГЗ	Экзамен, вопросы 1-53

		<p>аналитические сигналы. АКФ модулированных колебаний Модулированные сигналы Основные характеристики случайных процессов Основные характеристики случайных процессов Случайное колебание как сигнал или как помеха. Временное и вероятностное представления случайного процесса (СП). Моментные функции и моменты СП. Стационарные и эргодические СП; определение параметров и характеристик процесса путем усреднения во времени Представление периодических сигналов в базисе гармонических функций (№ 3). Представление сигналов в базисе ортогональных функций. Обобщенный ряд Фурье. Аппаратурная реализация анализа и синтеза сигналов. Равенство Парсевала. Ошибка аппроксимации (синтеза) Представление сигналов в базисе функций Уолша. Представление сигналов в базисе функций Уолша (ФУ). Общие определения, упорядочение (нумерация) и свойства ФУ. Анализ и синтез сигналов в базисе ФУ. Аппаратурная реализация. Использование ФУ в многоканальной СПИ для разделения сигналов Представление сигналов с ограниченной полосой частот в виде ряда по ортогональным функциям $(\sin x)/x$. Ряд и теорема Котельникова. Дискретизация и восстановление сигналов. Связь спектров непрерывных и дискретных сигналов Прохождение видеосигналов через апериодические линейные цепи Прохождение детерминированных сигналов через линейные цепи (с постоянными параметрами) Методы исследования линейных цепей (ЛЦ). Прохождение управляющих сигналов через апериодические ЛЦ. Примеры: прохождение прямоугольных импульсов, дифференцирование и интегрирование сигналов и др. Прохождение модулированных колебаний через узкополосные избирательные цепи. Точные и</p>		
--	--	--	--	--

		<p>приближенные методы. Прохождение АМК и радиоимпульсов через настроенные и расстроенные контуры. Прохождение УМС через избирательные цепи. Линейные искажения Прохождение модулированных сигналов через резонансный усилитель (№ 8) Прохождение радиосигналов через избирательные линейные цепи Свойства линейных цепей с обратной связью (ОС). Инженерные критерии устойчивости активных цепей с ОС (алгебраические и частотные) ОС в цепях с задержкой. Гребенчатые фильтры. Случайные процессы и их характеристики (№ 4) Спектральное представление неперiodических сигналов Характеристики детерминированных управляющих сигналов Информация, сообщение, сигнал, помеха. Классификация сигналов. Формы представления сигналов. Технические параметры и энергетические характеристики. Виды помех</p>		
ОПК.3	<p>у4. уметь рассчитывать результат преобразования детерминированных и случайных сигналов в линейных электрических цепях</p>	<p>Анализ и синтез сигналов в базисе гармонических функций Воздействие случайных колебаний на линейные цепи. СПМ и АКФ на выходе ЛЦ. Средняя мощность и дисперсия колебаний на выходе. Воздействие белого шума на ЛЦ. Нормализация СП в линейной цепи. Дифференцирование и интегрирование СП. Выполнение расчетов и построений по требованиям РГЗ Дискретные (компьютерные) измерительные приборы и технология измерений в виртуальных и реальных средах (Работа № 1). Корреляционное представление СП. Свойства АКФ и ВКФ. Спектральная плотность мощности (СПМ) СП и ее свойства. Теорема Винера-Хинчина. Гауссовские (нормальные) процессы, модель СП в виде "белого" шума. Узкополосные СП Корреляционный анализ детерминированных сигналов. Соотношение меж-ду</p>	<p>Отчет по лабораторной работе РГЗ</p>	<p>Экзамен, задачи 1-14</p>

		<p>корреляционной функцией и спектральной характеристикой сигнала (теорема Винера-Хинчина) Математические модели и динамическое представление сигналов. Геометрическое представление сигналов. Пространство сигналов. Модели сигналов. Динамическое и геометрическое представления сигналов Модулированные сигналы Основные характеристики случайных процессов Представление периодических сигналов в базисе гармонических функций (№ 3). Представление сигналов в базисе гармонических функций. Ряд Фурье. Анализ и синтез периодических сигналов. Распределение мощности в спектре. Примеры. Представление сигналов в базисе ортогональных функций. Обобщенный ряд Фурье. Аппаратурная реализация анализа и синтеза сигналов. Равенство Парсеваля. Ошибка аппроксимации (синтеза) Представление сигналов в базисе функций Уолша. Представление сигналов в базисе функций Уолша (ФУ). Общие определения, упорядочение (нумерация) и свойства ФУ. Анализ и синтез сигналов в базисе ФУ. Аппаратурная реализация. Использование ФУ в многоканальной СПИ для разделения сигналов Представление сигналов с помощью комплексных экспоненциальных функций. Ряд Фурье в комплексной форме. Спектральное представление непериодических колебаний. Свойства спектров: основные теоремы и практические приложения. Спектры некоторых измерительных сигналов. Связь между спектрами одиночного импульса и периодической последовательностью импульсов. Преобразования Лапласа как обобщение преобразований Фурье Прохождение видеосигналов через апериодические линейные цепи Прохождение детерминированных сигналов через линейные цепи (с</p>		
--	--	---	--	--

		постоянными параметрами) Методы исследования линейных цепей (ЛЦ). Прохождение управляющих сигналов через апериодические ЛЦ. Примеры: прохождение прямоугольных импульсов, дифференцирование и интегрирование сигналов и др. Прохождение модулированных колебаний через узкополосные избирательные цепи. Точные и приближенные методы. Прохождение АМК и радиоимпульсов через настроенные и расстроенные контуры. Прохождение УМС через избирательные цепи. Линейные искажения Прохождение модулированных сигналов через резонансный усилитель (№ 8) Прохождение радиосигналов через избирательные линейные цепи Случайные процессы и их характеристики (№ 4) Спектральное представление непериодических сигналов Характеристики детерминированных управляющих сигналов Информация, сообщение, сигнал, помеха. Классификация сигналов. Формы представления сигналов. Технические параметры и энергетические характеристики. Виды помех		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3.

Экзамен проводится в письменной форме.

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

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

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

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

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований,

теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

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

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

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

.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы», 4 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1–32, второй вопрос из диапазона вопросов 33–53 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы»

1. Анализ и синтез сигналов в базисе ортогональных функций.

Аппаратурная реализация.

2. Интегрирование сигналов, интегрирующие цепи.

3. Задача. Задано аналитическое выражение ЧМК

$$u(t) = 5 \cos[2\pi \cdot 10^5 t + 6 \cos(2\pi \cdot 10^2 t) + \pi/3].$$

Определите девиацию частоты, практическую ширину спектра, число и амплитуды гармонических составляющих в пределах этой ширины.

4. Задача. Определите и изобразите графически спектральную плотность мощности (СПМ) $G_x(\omega)$ случайного процесса $X(t)$ по его корреляционной функции $K_x(\tau) = D \exp(-a|\tau|)$. Рассчитайте эффективную ширину спектра $\Delta\omega_9$ и интервал корреляции τ_k .

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

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет менее 20 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент

при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 21-30 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 31-35 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 36-40 баллов.

3. Шкала оценки

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

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы»

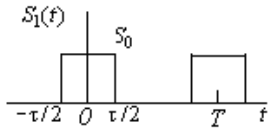
1. Системы передачи информации (СПИ). Структурные схемы и классификация систем. Преобразования сигналов в СПИ.
2. **Радиотехнические сигналы (С)**. Модели сигналов. Функция включения. Дельта функция.
3. Основные физические и энергетические характеристики. Ортогональные сигналы.
4. Динамическое представление сигналов.
5. **Представление сигналов системами ортогональных функций**. Обобщенный ряд Фурье.
6. Энергия и мощность сигнала. Равенство Парсеваля. Погрешность аппроксимации (синтеза).
7. Анализ и синтез С в базисе ортогональных функций. Аппаратурная реализация.
8. Представление С в базисе функций Уолша (ФУ). Общие определения, упорядочение (нумерация) и свойства ФУ.
9. Анализ и синтез С в базисе ФУ. Пример.
10. Применение ортогональных функций в многоканальной СПИ для разделения сигналов.
11. Представление периодических С в базисе гармонических функций. Ряд Фурье. Анализ и синтез периодических С. Пример.
12. Распределение мощности в спектре периодического С. Пример.
13. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов.
14. Представление С с помощью комплексных экспоненциальных функций. Ряд Фурье в комплексной форме. Пример.
15. Анализ и синтез непериодических сигналов. Пример.
16. Основные теоремы о свойствах спектров.
- 17,18. Примеры спектров измерительных С: единичной функции (включения), единичного (дельта-) импульса, гармонического колебания, прямоугольного импульса.
19. Представление сигналов с ограниченным спектром в виде ряда функций

- $\sin x/x$. Теорема Котельникова, ее практическая значимость.
20. Дискретизация и восстановление С.
 21. Связь спектров непрерывных и дискретных С.
 22. Общие сведения о вейвлет-преобразовании сигналов.
 23. **Случайные процессы.** Временное и вероятностное представления случайного процесса (СП).
 24. Моментные функции СП.
 25. Стационарные и эргодические СП.
 26. Определение (измерение) основных характеристик СП.
 27. Функциональные преобразования СП.
 28. Спектральное представление СП. Спектральная плотность мощности (СПМ) и её свойства.
 29. Корреляционное представление СП. Свойства АКФ и ВКФ. Связь со спектральной плотностью мощности.
 30. Связь спектрально-корреляционных характеристик и параметров.
 31. Корреляционное представление импульсных и периодических сигналов.
Пример.
 32. Связь АКФ с энергетическим спектром.
 33. **Модулированные сигналы.** Общие сведения. Классификация.
 34. Амплитудно-модулированные сигналы (АМС). Временное, спектральное и векторное представления тонального АМК. Мощность тонального АМК.
 35. Спектральное представление сложных АМС. Пример.
 36. Корреляционное представление и мощность АМС. Пример.
 37. Сигналы угловой модуляции (УМС). Временное представление ЧМС и ФМС (на примерах тонального модулирующего С).
 38. Спектральное и векторное представления УМС (при малом индексе модуляции).
 39. Спектральное представление УМС при большом индексе модуляции.
Практическая ширина спектра.
 40. Узкополосные, комплексные С.
 41. **Задачи и общая характеристика методов исследования линейных цепей.**
 42. Свойства и характеристики линейных цепей (ЛЦ).
 43. Дифференцирование сигналов и дифференцирующие цепи.
 44. Прохождение прямоугольных импульсов через дифференцирующие цепи.
 45. Интегрирование сигналов, интегрирующие цепи.
 46. Прохождение прямоугольных импульсов через интегрирующие цепи.
 47. Прохождение прямоугольных видеоимпульсов через избирательные цепи (резонансный контур).
 48. Прохождение АМК через резонансные контуры ($\omega_o = \omega_p, \omega_o \neq \omega_p$).
Линейные искажения.
 49. Прохождение АМК через резонансные контуры ($\omega_o = \omega_p, \omega_o \neq \omega_p$).
Линейные искажения
 50. Прохождение радиоимпульсов (с прямоугольной огибающей) через контуры ($\omega_o = \omega_p, \omega_o \neq \omega_p$). Линейные искажения.
 51. Прохождение случайных процессов через ЛЦ. СПМ и дисперсия на выходе ЛЦ. Частные случаи.
 52. Прохождение случайных процессов через ЛЦ. АКФ и дисперсия на выходе ЛЦ. Частные случаи.
 53. Нормализация СП в узкополосной цепи.

Примеры экзаменационных задач

Для экзамена используются задачи из учебных пособий [2 и 3]. Задачи в пособиях все мной решены (ответы имеются в конце пособия). Далее несколько примеров задач.

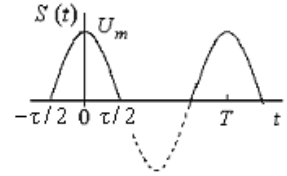
1. Выведите выражение для расчета постоянной составляющей и амплитуды n -й гармоники последовательности однополярных импульсов $S_1(t)$ (см. рис.).



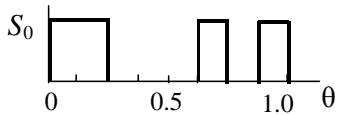
Для частного случая, когда скважность $q = T / \tau$ импульсов равна двум, запишите ряд Фурье в тригонометрической форме и изобразите сумму первых трех составляющих (с частотами Ω , 2Ω и 3Ω). Определите относительную среднеквадратическую ошибку (μ) аппроксимации).

2. Найдите постоянную составляющую и амплитуду первой гармоники периодического сигнала $S(t)$, изображенного на рисунке

$$S(t) = U_m \cos \omega_0 t, \quad -\tau/2 \leq t \leq \tau/2, \quad \tau = T/2 = \pi / \omega_0.$$



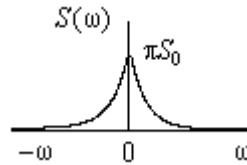
3. Определите спектр в базисе 8 функций Уолша и постройте спектральную диаграмму сигнала $S(\theta)$:



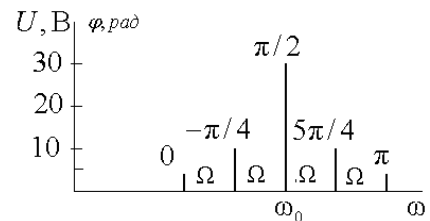
$$\begin{cases} S_0, & 0 \leq \theta \leq 1/4, \quad 5/8 \leq \theta \leq 6/8 \\ & 7/8 \leq \theta \leq 1/0, \\ 0, & \text{вне этих интервалов} \end{cases}$$

4. Найдите и изобразите временную диаграмму $S(t)$, если спектральная плотность $S(\omega)$ сигнала $S(t)$ имеет вид:

$$S(\omega) = \pi S_0 e^{-\beta|\omega|}$$



5. Спектральная диаграмма амплитудно-модулированного сигнала приведена на рисунке ($\omega_0 = 10^6$ рад/с, $\Omega = 10^3$ рад/с). На ее основании определите парциальные коэффициенты модуляции, запишите аналитическое выражение сигнала, вычислите среднюю мощность, выделяемую на резисторе $R = 1$ Ом.



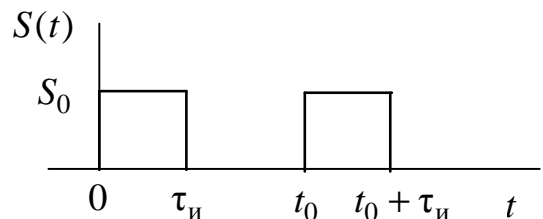
Определите, какую долю мощности немодулированного несущего колебания составляет мощность боковых колебаний.

6. Задано аналитическое выражение ЧМК

$$u(t) = 5 \cos[2\pi \cdot 10^5 t + 6 \cos(2\pi \cdot 10^2 t) + \pi/3].$$

Определите девиацию частоты, практическую ширину спектра, число и амплитуды гармонических составляющих в пределах этой ширины.

7. Найдите и изобразите автокорреляционную функцию (АКФ): а) одиночного прямоугольного импульса $S(t) = S_0$ при $0 < t < \tau_u$; б) пары прямоугольных импульсов (см. рис.); в) ской последовательности импульсов с периодом



повторения T .

8. Задан одномерный интегральный закон распределения вероятностей случайного процесса $X(t)$

$$F(x) = \begin{cases} ax^2, & 0 < x < 1, \\ 1, & x > 1. \end{cases}$$

Найдите значение параметра a , плотность вероятности $w(x)$, а затем вероятность того, что случайная переменная X будет лежать в интервале от x_1 до x_2 , причём: а) $x_1 = 0$, $x_2 = 0.5$; б) $x_1 = 0.5$, $x_2 = 1$; в) $x_1 = 0.4$, $x_2 = 0.8$.

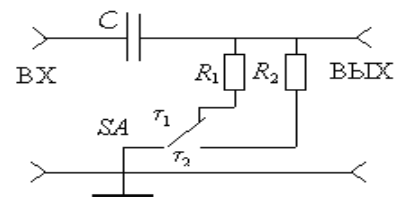
9. Найдите математическое ожидание, дисперсию и корреляционную функцию процесса

$$Z(t) = X(t)S(t),$$

где $X(t)$ – эргодический случайный процесс с известными математическим ожиданием m_x и дисперсией D_x и корреляционной функцией $K_x(\tau)$, а $S(t)$ – детерминированная функция. Классифицируйте процесс $Z(t)$ по признакам стационарности и эргодичности.

10. Определите и изобразите графически спектральную плотность мощности (СПМ) $G_x(\omega)$ случайного процесса $X(t)$ по его корреляционной функции $K_x(\tau) = D \exp(-a|\tau|)$. Рассчитайте эффективную ширину спектра $\Delta\omega_э$ и интервал корреляции τ_k .

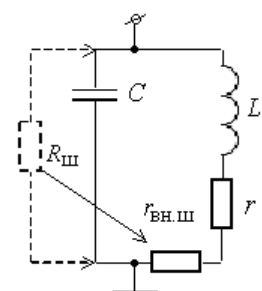
11. RC-цепь изображена на рисунке. Параметры элементов цепи: $R_1 = 5.1$ кОм, $R_2 = 100$ кОм, $C = 750$ пФ. Найдите и изобразите переходную характеристику $h(t)$ цепи. Рассчитайте время установления ($t_{уст}$) переходной характеристики и граничную частоту ($f_{зп}$) полосы пропускания.



Изобразите напряжение на выходе цепи (для $\tau_1 = R_1C$ и $\tau_2 = R_2C$) при подаче на её вход меандра с амплитудой $A = 1$ В и периодом повторения $T = 100$ мкс. При каком τ ($\tau_1 = R_1C$ или $\tau_2 = R_2C$) выполняется условие дифференцирования заданного сигнала?

12. Простой параллельный колебательный контур (см. рис.) часто применяется в радиотехнике в качестве нагрузки электронного прибора. Параметры контура: емкость $C = 510$ пФ, индуктивность $L = 9$ мГн, добротность контура $Q = 25$.

Рассчитайте резонансную частоту (f_p), полосу пропускания ($2\Delta f_{0,7}$), характеристическое (ρ) и резонансное сопротивление (Z_p) контура, а также время установления ($t_{уст}$) переходной характеристики контура.



Рассчитайте амплитуду выходного напряжения и изобразите его форму, если через контур пропускается радиоимпульс тока с амплитудой 0.1 мА, длительностью 1 мс и несущей частотой ($f_o = f_p$). Как изменится форма выходного напряжения, если к контуру подключить шунт, сопротивление которого $R_{ш} = Z_p$?

13. Линейный усилитель с резонансной нагрузкой в виде параллельного контура ($Q \gg 1$) имеет АЧХ

$$K(\omega) \approx \frac{K_0}{\sqrt{1 + \left(2Q \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}\right)^2}}.$$

Найдите СПМ, АКФ, дисперсию выходного процесса, если на входе действует белый шум с СПМ $N_0/2$.

14. На линейную цепь с передаточной характеристикой $K(j\omega) = K_0 / (1 + j\omega\tau_\phi)$ действует стационарный случайный процесс с корреляционной функцией вида $K_{ex}(\tau) = D_{ex} \exp(-\alpha|\tau|)$. Здесь $D_{вх} = \sigma_{вх}^2$ - дисперсия входного случайного процесса, α - постоянная, характеризующая скорость убывания корреляционной функции, τ - временной сдвиг, τ_ϕ - постоянная времени линейной цепи (фильтра), при этом $\alpha_\phi = 1/\tau_\phi$, K_0 - наибольшее значение коэффициента передачи линейной цепи.

Найдите СПМ, АКФ, дисперсию выходного процесса, а также шумовую полосу $\Delta f_{ш}$ цепи и интервал корреляции τ_k выходного процесса.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы», 4 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по частям в три этапа на 5, 10 и 15 неделях. Она включает 11 задач. Решаются задачи из пособий [2, 3]. Каждый студент получает индивидуальный вариант задания (карточку), что повышает ответственность в процессе подготовки и исключает списывание результата у соседа. Правильное решение каждой задачи – один балл.

Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Контрольная работа считается **невыполненной**, если оценка составляет менее **3** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если оценка составляет 4-5 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если оценка составляет 6-9 баллов.


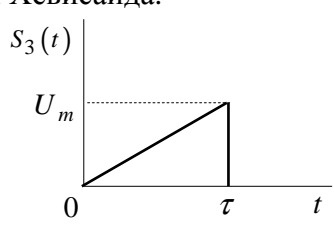
Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если оценка составляет 10-11 баллов.

3. Шкала оценки

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

4. Пример варианта контрольной работы

Этап (часть) 1. Модели сигналов.

№ 1	№ 2
<p>1. Изобразите графики следующих сигналов: $S_1(t) = U \cdot \sigma(t - \tau_1)$; $S_1'(t) = U \cdot \delta(t - \tau_1)$.</p> <p>2. Изобразите график сигнала, математическая модель которого имеет вид:</p> $S_1(t) = \begin{cases} 0, & t > \tau/2 \\ \frac{2U_m}{\tau}(\tau/2 - t), & t < \tau/2, \end{cases}$ <p>где τ – длительность импульса.</p> <p>3. Экспоненциальный импульс напряжения изображен на рисунке. Запишите математическую модель импульса через временные интервалы и на непрерывной оси с помощью комбинаций функций Хевисайда.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>4. Определите энергию импульса $S_1(t)$ (пункт 3).</p>	<p>1. Изобразите графики следующих сигналов: $S_2(t) = U \cdot \sigma(\tau_1 - t)$; $S_2'(t) = U \cdot \delta(\tau_1 - t)$.</p> <p>2. Изобразите график сигнала, математическая модель которого имеет вид:</p> $S_2(t) = \begin{cases} 0, & t > \tau/2 \\ U_m \cos(2\pi f_o t), & -\tau/2 < t < \tau/2, \tau = 1/(2f_o), \end{cases}$ <p>где τ – длительность импульса.</p> <p>3. Импульс напряжения изображен на рисунке. Запишите математическую модель импульса через временные интервалы и на непрерывной оси с помощью комбинаций функций Хевисайда.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>4. Определите энергию импульса $S_3(t)$ (пункт 3).</p>

№ 3

1. Изобразите графики следующих сигналов:

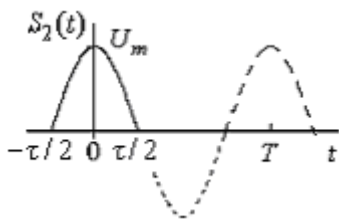
$$S_3(t) = U \cdot \sigma(-t - \tau_1); \quad S_3'(t) = U \cdot \delta(-t - \tau_1).$$

2. Изобразите график сигнала, математическая модель которого имеет вид:

$$S_3(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \text{ и } t > \tau, \\ \frac{U_m}{\tau} t, & 0 < t < \tau, \end{cases}$$

где τ – длительность импульса.

3. Импульс напряжения изображен на рисунке. Запишите математическую модель импульса через временные интервалы и на непрерывной оси с помощью комбинаций функций Хевисайда.



4. Определите энергию импульса $S_3(t)$ (пункт 2).

№ 4

1. Изобразите графики следующих сигналов:

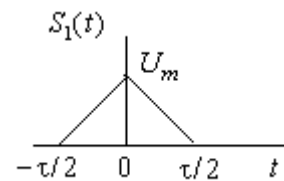
$$S_4(t) = U \cdot \sigma(t + \tau_1); \quad S_4'(t) = U \cdot \delta(t + \tau_1).$$

2. Изобразите график сигнала, математическая модель которого имеет вид:

$$S_4(t) = \begin{cases} 0, & t < 0, \\ U_m e^{-t/\tau}, & t > 0, \end{cases}$$

где τ – некоторая константа.

3. Импульс напряжения изображен на рисунке. Запишите математическую модель импульса через временные интервалы и на непрерывной оси с помощью комбинаций функций Хевисайда.

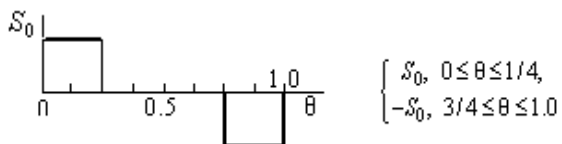


4. Определите энергию импульса $S_4(t)$ (пункт 2).

Этап (часть) 2. Анализ и синтез в базисе ФУ.

№ 1

1. Определите спектр (B_0, B_1, B_2, B_4) и постройте спектральную диаграмму сигнала $S(\theta)$ в базисе четырех функций Уолша:



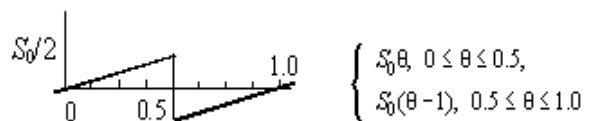
2. По результатам предыдущей задачи синтезируйте сигнал на интервале $[0,1]$

и постройте на одном графике исходный $S(\theta)$ и синтезированный $\tilde{S}(\theta)$ сигналы.

3. По данным предыдущих пунктов рассчитайте норму и энергию исходного и синтезированного сигналов и определите среднеквадратическую ε (а можно и относительную $\mu = \varepsilon / \dot{Y}_s$) ошибку аппроксимации (синтеза).

№ 2

1. Определите спектр (B_0, B_1, B_2, B_4) и постройте спектральную диаграмму сигнала $S(\theta)$ в базисе четырех функций Уолша:



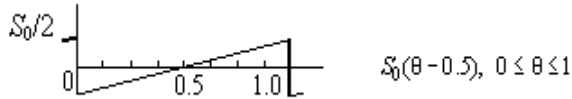
2. По результатам предыдущей задачи синтезируйте сигнал на интервале $[0,1]$

и постройте на одном графике исходный $S(\theta)$ и синтезированный $\tilde{S}(\theta)$ сигналы.

3. По данным предыдущих пунктов рассчитайте норму и энергию исходного и синтезированного сигналов и определите среднеквадратическую ε (а можно и относительную $\mu = \varepsilon / \dot{Y}_s$) ошибку аппроксимации (синтеза).

№ 3

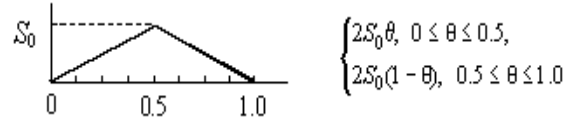
1. Определите спектр (B_0, B_1, B_2, B_4) и постройте спектральную диаграмму сигнала $S(\theta)$ в базисе четырех функций Уолша:



2. По результатам предыдущей задачи синтезируйте сигнал на интервале $[0,1]$ и постройте на одном графике исходный $S(\theta)$ и синтезированный $\tilde{S}(\theta)$ сигналы.
3. По данным предыдущих пунктов рассчитайте норму и энергию исходного и синтезированного сигналов и определите среднеквадратическую ε (а можно и относительную $\mu = \varepsilon / \dot{Y}_s$) ошибку аппроксимации (синтеза).

№ 4

1. Определите спектр (B_0, B_1, B_2, B_4) и постройте спектральную диаграмму сигнала $S(\theta)$ в базисе четырех функций Уолша:



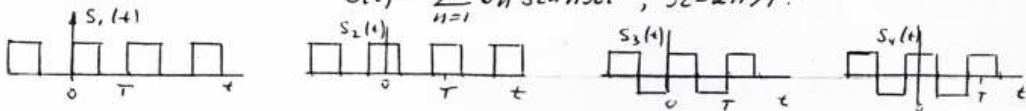
2. По результатам предыдущей задачи синтезируйте сигнал на интервале $[0,1]$ и постройте на одном графике исходный $S(\theta)$ и синтезированный $\tilde{S}(\theta)$ сигналы.
3. По данным предыдущих пунктов рассчитайте норму и энергию исходного и синтезированного сигналов и определите среднеквадратическую ε (а можно и относительную $\mu = \varepsilon / \dot{Y}_s$) ошибку аппроксимации (синтеза).

Этап (часть) 3. Спектральное представление сигналов.

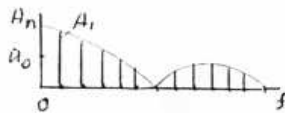
Один из 20 вариантов приведен ниже.

Вариант 6

1. К какой из этих временных функций применима следующая форма записи ряда Фурье: $S(t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega t$, $\omega = 2\pi/T$?

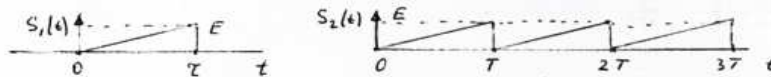


2. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов имеет вид:



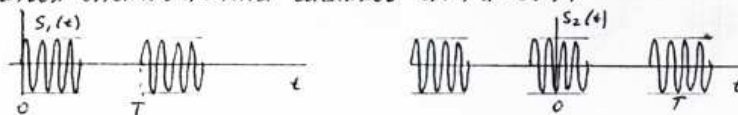
Определите скважность импульсов $q = T/\tau_n$.

3. а) Чем будут отличаться спектры временных функций $S_1(t)$ и $S_2(t)$?



- б) Что вы можете сказать о частоте первой гармоники F в спектрах функций $S_1(t)$ и $S_2(t)$?

4. Спектрограммы на экране прибора "Анализатор спектра" изображают энергетический спектр сигнала поданного на вход прибора. Чем будут отличаться спектрограммы сигналов $S_1(t)$ и $S_2(t)$?



Александр

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны выполнить ряд исследований характеристик сигналов и цепей, а также рассчитать преобразователи сигналов.

Для **выполнения РГЗ** используются учебные пособия [2 или 3]. Основные части пособий содержат по 16 глав (в соответствии с программой курса), в каждой из которых даны краткие теоретические сведения в объеме, необходимом для решения задач. Затем предложены задачи для закрепления теоретического материала и выработки навыков творческого мышления, использования знаний в более сложных ситуациях. Почти по каждой теме следует **контрольное задание**, которое может быть составной частью РГЗ и содержит от 1-й до 3-х задач.

Задачи составлены в 10 вариантах, каждый из которых, в свою очередь, включает 10 подвариантов.

РГЗ состоят из 4-х контрольных заданий, включающих по **указанию преподавателя** две задачи, каждое из заданий защищается соответственно на 4, 8, 12 и 16-й неделях. Это сделано специально, чтобы студент мог ежемесячно защищать одно из них (что делает учебный процесс равномерным и ритмичным).

Таким образом, преподаватель может индивидуализировать задачи в заданиях.

Ниже предлагается в **качестве РГЗ (в IV семестре)**, например, следующий возможный набор задач в заданиях.

Задание 1. Задача (1). Математические модели и динамическое представление сигналов.

Задача (3). Представление сигналов в базисе функций Уолша.

Задание 2. Задача (4). Спектральный анализ сигналов (ряды и преобразования Фурье).

Задача (5). Представление сигналов рядом Котельникова.

Задание 3. Задача (8). Амплитудно-модулированное колебание.

Задача (13). Моментные функции СП. Стационарность и эргодичность.

Задание 4. Задача (17). Прохождение радиосигналов через избирательные цепи.

Задача (18). Воздействие стационарного случайного процесса на ЛЦ.

2. Критерии оценки

- Задание считается не выполненным, если при его защите оценка составляет менее 16-х баллов (по 100 бальной системе).

- Задание считается выполненным на **пороговом** уровне, если при его защите оценка составляет 16-20 баллов.

- Задание считается выполненным на **базовом** уровне, если при его защите оценка составляет 21-28 баллов.

- Задание считается выполненным на **продвинутом** уровне, если при его защите оценка составляет 29-32 балла.

• Шкала оценки

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

3. Примерный перечень тем РГЗ. Тематика задач

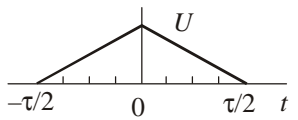
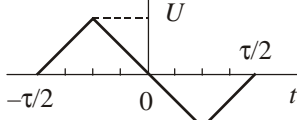
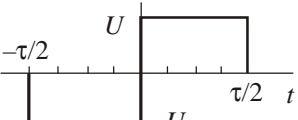
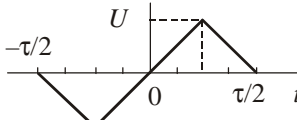
- 1 Математические модели (и динамическое представление) сигналов. Основные характеристики сигналов.
- 2 Корреляционное представление сигналов.
- 3 Представление сигналов в базисе функций Уолша.
- 4 Спектральный анализ сигналов (ряды и преобразования Фурье).
- 5 Представление сигналов рядом Котельникова (дискретизация непрерывных сигналов).
- 6 Вейвлет-анализ в пакете Mathcad на основе МНАТ-вейвлета.
- 7 Вейвлет-представление в пакете MATLAB.
- 8 Амплитудно-модулированное колебание.
- 9 Последовательность радиоимпульсов с прямоугольной огибающей.
- 10 Частотно-модулированное колебание.
- 11 Вероятность превышения заданного уровня.
- 12 Закон распределения случайного процесса (СП).
- 13 Моментные функции. Стационарность и эргодичность.
- 14 Расчет частотных и временных характеристик линейной цепи (ЛЦ).
- 15 Воздействие импульсных сигналов на аperiodические цепи.
- 16 Прохождение импульсных сигналов через избирательные цепи.
- 17 Прохождение радиосигналов через избирательные цепи.
- 18 Воздействие стационарного случайного процесса на ЛЦ.
- 19 Прохождение сигнала и шума через ЛЦ.

Примеры задач задания 1

1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ (И ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ) СИГНАЛОВ. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ.

В табл. 1.1 и 1.2 заданы варианты и подварианты импульсного сигнала.

Таблица 1.1

Вариант	Сигнал $S(t)$	Вариант	Сигнал $S(t)$
0		5	
1		6	

2		7	
3		8	
4		9	

Таблица 1.2

Подвариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U , В	10	8	4	2	1	10	8	4	2	1
τ , мс	1	2	3	4	5	5	4	3	2	1
T , мс	3	6	9	2	5	0	6	2	8	4

Требуется:

- записать математическую модель сигнала $S(t)$ через временные интервалы и на непрерывной оси с помощью комбинаций (суммы и произведений) функций Хевисайда;
- построить сигнал графически с помощью программы Mathcad;
- рассчитать энергию E сигнала;
- вычислить среднюю мощность $P_{\text{ср}}$ сигнала, представляющего собой периодическую последовательность (с периодом T) исходного сигнала.

3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛА В БАЗИСЕ ФУНКЦИЙ УОЛША

Аппроксимируйте сигнал $S(\theta)$ в базисе восьми ФУ $\text{wal}(n, \theta)$, $n = 0, \dots, 7$. Форма сигнала задана в табл. 3.2, а параметры приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.2

Вариант	Сигнал $S(\theta)$	
	График	Аналитическая запись
0		$A \cos[2\pi(\theta - \theta_0)]$
1		$A \sin[2\pi(\theta - \theta_0)]$
2		$\begin{cases} S_0(\theta + 1 - \theta_0), & 0 \leq \theta \leq \theta_0, \\ S_0(\theta - \theta_0), & \theta_0 \leq \theta \leq 1.0 \end{cases}$

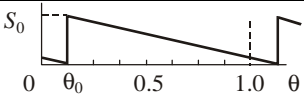
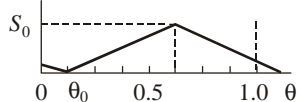
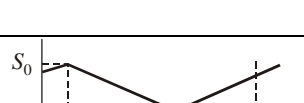
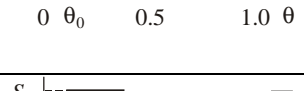
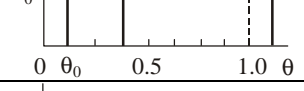
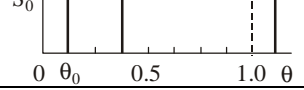
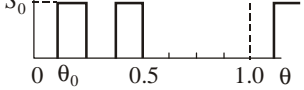
3		$\begin{cases} S_0(\theta_0 - \theta), & 0 \leq \theta \leq \theta_0, \\ S_0[1 - (\theta - \theta_0)], & \theta_0 \leq \theta \leq 1.0 \end{cases}$
4		$\begin{cases} 2S_0(\theta_0 - \theta), & 0 \leq \theta \leq \theta_0, \\ 2S_0(\theta - \theta_0), & \theta_0 \leq \theta \leq \theta_0 + 0.5, \\ 2S_0[1 - (\theta - \theta_0)], & 0.5 + \theta_0 \leq \theta \leq 1.0 \end{cases}$
5		$\begin{cases} S_0(1 - 2(\theta_0 - \theta)), & 0 \leq \theta \leq \theta_0, \\ S_0(1 - 2(\theta - \theta_0)), & \theta_0 \leq \theta \leq \theta_0 + 0.5, \\ S_0[2(\theta - \theta_0) - 1], & 0.5 + \theta_0 \leq \theta \leq 1.0 \end{cases}$
6		$\begin{cases} S_0, & \theta_0 \leq \theta \leq \theta_0 + \theta_n, \quad \theta_n = 1/4, \\ 0, & \text{вне этого интервала} \end{cases}$
7		$\begin{cases} 0, & \theta_0 \leq \theta \leq \theta_0 + \theta_n, \quad \theta_n = 1/4, \\ S_0, & \text{вне этого интервала} \end{cases}$
8		$\begin{cases} S_0, & \theta_0 \leq \theta \leq \theta_0 + \theta_n, \quad \theta_n = 1/8, \\ S_0, & \theta_0 + 2\theta_n \leq \theta \leq \theta_0 + 3\theta_n, \\ 0, & \text{вне этих интервалов} \end{cases}$
9		$\begin{cases} -S_0/2, & \theta_0 \leq \theta \leq \theta_0 + \theta_n, \quad \theta_n = 1/8, \\ -S_0/2, & \theta_0 + 2\theta_n \leq \theta \leq \theta_0 + 3\theta_n, \\ S_0/2, & \text{вне этих интервалов} \end{cases}$

Таблица 3.3

Подвариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
θ_0	1/16	2/16	3/16	4/16	5/16	6/16	7/16	8/16	9/16	10/16
A или S_0 , B	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Требуется:

- определить спектр и построить спектральную диаграмму для заданного θ_0 и $\theta_0 = 0$;
- синтезировать сигнал на интервале $[0, 1]$ и построить на одном графике заданную и аппроксимированную функцию для $\theta_0 = 0$;
- рассчитать норму и энергию (на сопротивлении 1 Ом) исходного и аппроксимированного сигнала (с периодом $T = 1$ мс);
- определить относительную среднеквадратическую ошибку аппроксимации.

Примеры задач задания 2

4. СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИГНАЛОВ

В табл. 4.1 и 4.2 приведены варианты и подварианты импульсных сигналов $S(t)$.

Таблица 4.1

Вариант	Сигнал $S(t)$	Вариант	Сигнал $S(t)$
---------	---------------	---------	---------------

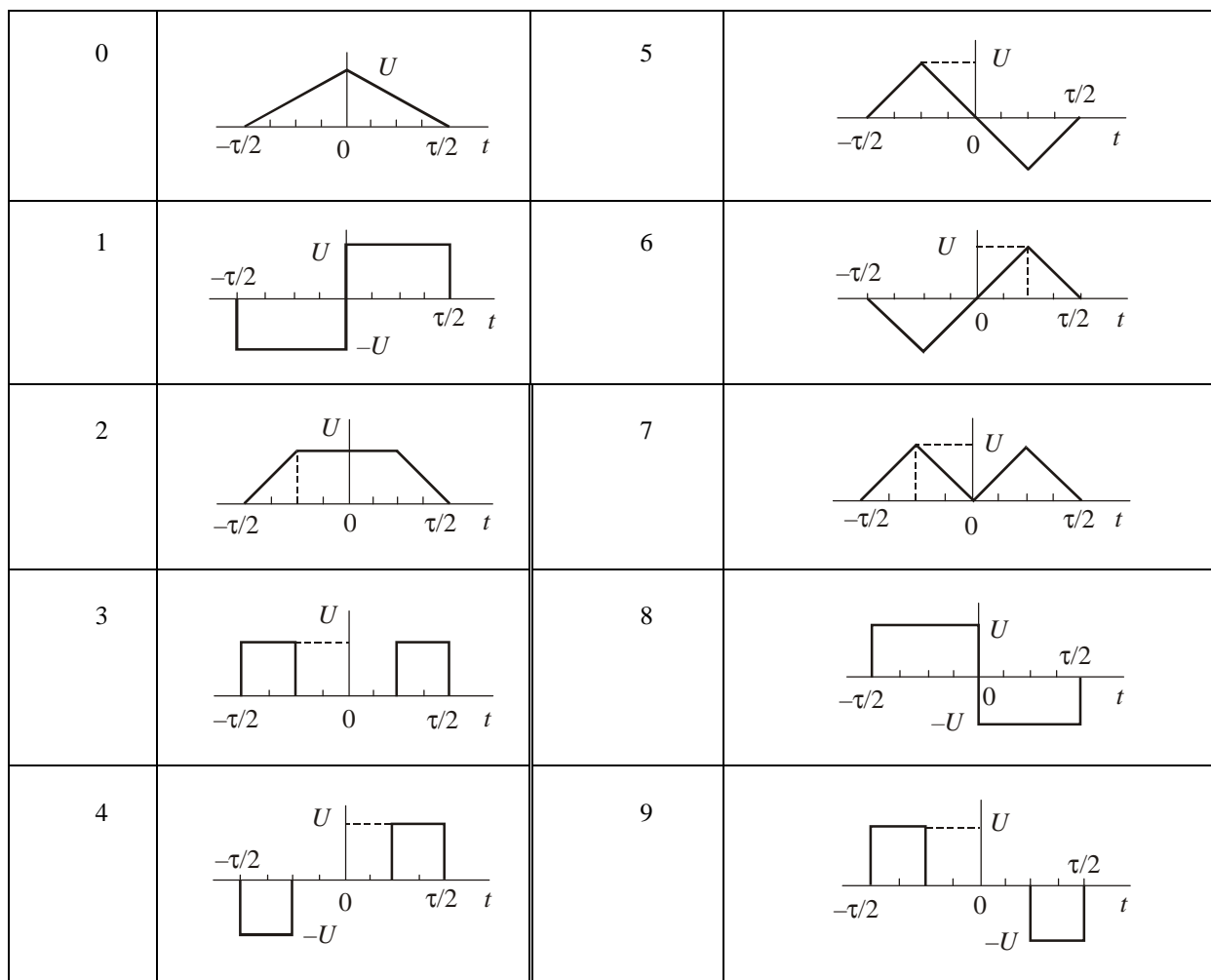


Таблица 4.2

Подвариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U, В$	10	8	4	2	1	10	8	4	2	1
$\tau, мс$	1	2	3	4	5	5	4	3	2	1
$T, мс$	3	6	9	2	5	0	6	2	8	4

Требуется:

- вывести выражения для определения спектральной плотности $\dot{S}(f)$, ее модуля $|\dot{S}(f)|$ и аргумента $\varphi(f)$ сигнала $S(t)$;
- построить спектральные диаграммы модуля $|\dot{S}(f)|$ и фазы $\varphi(f)$, а также диаграмму энергетического спектра $|\dot{S}(f)|^2$;
- найти ширину лепестка спектра сигнала; для вариантов 1, 3–9 также ширину лепестка спектра одиночного импульса, входящего в состав сигнала;
- вычислить энергию сигнала;
- рассчитать коэффициенты \dot{C}_n и \dot{A}_n комплексного и тригонометрического ряда Фурье для периодического сигнала $S_T(t)$, полученного повторением заданного сигнала $S(t)$ с периодом T_n . Построить соответствующие спектральные диаграммы $|\dot{C}_n|$, Ψ_n и $|\dot{A}_n|$, φ_n .

5. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ РЯДОМ КОТЕЛЬНИКОВА

Это задание является продолжением задания 4. Следует воспользоваться его результатами и продолжить работу.

Требуется:

а) привести выражение и построить диаграмму модуля спектральной плотности $S(f)$ заданного сигнала $S(t)$ (воспользоваться результатами задания 4);

б) вычислить максимальную частоту f_m в спектре сигнала (воспользоваться энергетическим критерием);

в) описать аналитически и построить графически модуль спектральной плотности $S(f)$ исходного сигнала для ограниченной полосы частот $[-f_m, f_m]$ ($S(f) = 0$ вне этой полосы);

г) определить интервал дискретизации (Найквиста) Δt ;

д) построить график дискретизированного сигнала, если за дискретизирующую систему функций принята последовательность дельта-импульсов $\delta(t)$;

е) построить аппроксимированный (восстановленный) сигнал для интервалов дискретизации Δt и $\Delta t_1 = \Delta t/2$ (при постоянстве f_m);

ж) определить спектр $\dot{S}_d(f)$ дискретизированного в соответствии с п. «е» сигнала.

Построить диаграмму модуля спектральной плотности $|\dot{S}_d(f)| = S_d(f)$ для интервалов дискретизации Δt и $\Delta t_1 = \Delta t/2$ (при постоянстве f_m).

Примеры задач задания 3

8. АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННОЕ КОЛЕБАНИЕ

Задано АМК с модуляцией двумя гармоническими сигналами. Частоты модулирующих сигналов F_1 и F_2 , их начальные фазы α_1 и α_2 и коэффициенты модуляции M_1 и M_2 возьмите в табл. 8.1 в соответствии со своим номером варианта. Значение несущей частоты f_0 , ее начальной фазы φ_0 и средней амплитуды U_m возьмите в табл. 8.2 в соответствии с номером подварианта.

Таблица 8.1

Параметр	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F_1 , кГц	5	1	10	5	10	0.5	1	5	8	2
F_2 , кГц	10	50	1	5	5	0.1	2	1	10	0.5
α_1	60°	$\pi/2$	20°	$\pi/2$	$\pi/8$	$\pi/4$	30°	$\pi/3$	60°	45°
α_2	120°	$3\pi/4$	30°	45°	60°	$\pi/8$	180°	$2\pi/3$	45°	$\pi/4$
M_1	0.6	0.7	0.2	0.3	0.7	0.3	0.4	0.5	0.4	0.1
M_2	0.2	0.1	0.6	0.5	0.2	0.4	0.5	0.3	0.4	0.6

Таблица 8.2

Параметр	Номер подварианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f_0 , МГц	1	5	10	2	1	0.5	5	2	10	4
φ_0 , град	30	150	180	60	270	30	120	90	45	60
U_m , В	25	7	10	25	8	12	20	14	50	30

Требуется:

- записать аналитическое выражение АМК;
- определить практическую ширину спектра ($2\Delta f_{\text{пр}}$);
- построить спектральную диаграмму АМК;
- построить векторную диаграмму в момент времени $t = 0$;
- определить среднюю мощность колебания ($P_{\text{ср}}$).

13. МОМЕНТНЫЕ ФУНКЦИИ. СТАЦИОНАРНОСТЬ И ЭРГОДИЧНОСТЬ

В табл. 13.1 задан процесс $Z(t)$. При описании $Z(t)$ приняты следующие обозначения:

$S_1(t)$ и $S_2(t)$ – детерминированные функции времени, описываемые с помощью постоянных параметров S_0 , α , ω_0 , p , τ и n (табл. 13.1);

Таблица 13.1

Номер варианта	$Z(t)$	Номер подварианта	$S_1(t)$	$S_2(t)$
1	$XS_1(t) + Y$	1	$S_0 \sin \omega_0 t$	$S_0 [1 - \exp(-at)]$
2	$X(t) + S_1(t)$	2	$S_0 (at)^2$	$S_0 \exp(-at)$
3	$XS_1(t) + YS_2(t)$	3	$S_0 \cos \omega_0 t$	$S_0 [\exp(-at)]^n$
4	$X + YS_2(t)$	4	S_0 / at	$S_0 \cos \omega_0 t$
5	$S_2(t) + Y(t)$	5	$S_0 [\exp(-at)]^n$	$S_0 at$
6	$Y \sin \omega_0 t + S_2(t)$	6	$S_0 \exp(-\beta^2 t^2)$	$S_0 (at)^2$
7	$XS_2(t)$	7	$S_0 \exp(-at)$	$S_0 \sin \omega_0 t$
8	$XS_1(t)$	8	$S_0, 0 < t < \tau$	S_0 / at
9	$Y(t) + S_1(t)$	9	$S_0 [1 - \exp(-at)]$	$S_0, 0 < t < \tau$
0	$XS_1(t)$	0	$S_0 at$	$S_0 \exp(-\beta^2 t^2)$

X и Y – некоррелированные случайные величины с известными математическими ожиданиями m_x и m_y и дисперсиями $D_x = \sigma_x^2$ и $D_y = \sigma_y^2$;

$X(t)$ и $Y(t)$ – некоррелированные эргодические случайные процессы, которые соответственно имеют известные математические ожидания m_x и m_y , дисперсии $D_x = \sigma_x^2$ и $D_y = \sigma_y^2$ и автокорреляционные функции $K_x(\tau)$ и $K_y(\tau)$.

Требуется:

- определить математическое ожидание $m_z(t)$, дисперсию $D_z(t)$ и корреляционную функцию $K_z(t_1, t_2)$ процесса $Z(t)$;
- классифицировать процесс $Z(t)$ по признакам стационарности и эргодичности.

Примеры задач задания 3

17. ПРОХОЖДЕНИЕ РАДИОСИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ ИЗБИРАТЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ

На колебательный контур (рис. 17.1) воздействует модулированное колебание, параметры которого указаны в табл. 17.1 и 17.2. Контур имеет следующие параметры: $Q = 100$, $Z_p = 10$ кОм, $\omega_p = \omega_0$, $R = 100$ Ом.

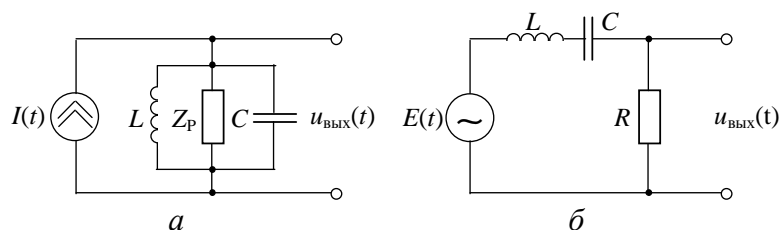


Рис. 17.1

Таблица 17.1

Номер варианта	Схема	Вид модуляции	Входной сигнал
0	Рис. 6.18, а	ЧМ	$I(t) = I_m \sin[\omega_0 t + mx(t)]$
1	Рис. 6.18, б	ЧМ	$E(t) = U_m \sin[\omega_0 t + mx(t)]$
2	Рис. 6.18, а	ФМ	$I(t) = I_m \sin[\omega_0 t + mx(t)]$
3	Рис. 6.18, б	ФМ	$E(t) = U_m \sin[\omega_0 t + mx(t)]$
4	Рис. 6.18, а	АМ	$I(t) = I_m [1 + Mx(t)] \cos \omega_0 t$
5	Рис. 6.18, б	АМ	$E(t) = U_m [1 + Mx(t)] \cos \omega_0 t$
6	Рис. 6.18, а	АМ	$I(t) = I_m [1 + Mx(t)] \cos \omega_0 t$
7	Рис. 6.18, б	АМ	$E(t) = U_m [1 + Mx(t)] \cos \omega_0 t$
8	Рис. 6.18, а	Режим несущей	$I(t) = I_m \sigma(t) \cos \omega_0 t$
9	Рис. 6.18, б	Режим несущей	$E(t) = U_m \sigma(t) \cos \omega_0 t$

Таблица 17.2

Номер подварианта	I_m , мА	U_m , В	f_0 , МГц	F , кГц	Вариант		Модулирующая функция
					0–3	4–7	
					m , рад	M	
0	0.10	1.0	1.0	1.0	10.0	0.50	$\sin \Omega t$
1	0.9	9.0	1.0	2.0	5.0	0.25	$\cos \Omega t$
2	0.8	8.0	0.75	3.0	2.5	0.75	$\sin \Omega t$
3	0.7	7.0	0.8	4.0	2.0	0.50	$\cos \Omega t$
4	0.6	6.0	0.5	5.0	1.0	0.75	$\sin \Omega t$
5	0.5	5.0	1.2	6.0	2.0	0.50	$\cos \Omega t$
6	0.4	4.0	0.7	7.0	1.0	0.25	$\sin \Omega t$
7	0.3	3.0	1.6	8.0	2.0	0.50	$\cos \Omega t$
8	0.2	2.0	0.9	9.0	1.0	0.75	$\sin \Omega t$
9	2.0	1.0	2.0	10.0	2.0	0.25	$\cos \Omega t$

Требуется:

- получить выражение для напряжения на контуре;
- построить временную диаграмму огибающей напряжения на контуре и временную диаграмму огибающей входного сигнала;
- для АМ колебания определить величину демодуляции, рассчитать спектр колебания на контуре и построить спектральные диаграммы амплитуд и фаз.

18. ВОЗДЕЙСТВИЕ СТАЦИОНАРНОГО СЛУЧАЙНОГО СИГНАЛА НА ЛИНЕЙНУЮ РАДИОЦЕПЬ

На линейную цепь с коэффициентом передачи $K(j\omega)$ или импульсной характеристикой $g(t)$ действует стационарный случайный процесс с известной СПМ $G_{\text{вх}}(\omega)$ или корреляционной функцией $K_{\text{вх}}(\tau)$ (см. табл. 18.1 и 18.2).

В табл. 18.1 и 18.2 приняты следующие обозначения: G_0 – спектральная плотность мощности «белого» шума на входе; $D_{\text{вх}} = \sigma_{\text{вх}}^2$ – дисперсия входного случайного процесса; α – постоянная, характеризующая скорость убывания корреляционной функции; τ – временной сдвиг; K_0 – наибольшее значение коэффициента передачи линейной цепи; τ_ϕ – постоянная времени линейной цепи (фильтра), при этом $\alpha_\phi = 1/\tau$; $\omega_0 = 2\pi/T_0$ – центральная частота спектра случайного процесса или радиопечи.

Требуется:

а) определить спектральную плотность мощности на выходе $G_{\text{вых}}(f)$ и построить нормированные графики $g_{\text{вх}}(f) = G_{\text{вх}}(f)/G_{\text{max}}$, $k^2(f) = K^2(f)/K_0^2$ и $g_{\text{вых}}(f) = G_{\text{вых}}(f)/G_{\text{max}}$;

б) вычислить полосу пропускания цепи и ширину спектра на уровне 0.5 (по формулам и графикам п. «а»);

в) найти шумовую полосу $\Delta f_{\text{ш}}$ линейной цепи и эффективную ширину спектра Δf_3 входного и выходного процессов;

г) рассчитать дисперсию $D_{\text{вых}} = \sigma_{\text{вых}}^2$ выходного процесса;

д) определить автокорреляционную функцию на выходе $K_{\text{вых}}(\tau)$ и построить нормированный график $R_{\text{вых}}(\tau) = K_{\text{вых}}(\tau)/K_{\text{вых}}(0)$;

е) вычислить интервал корреляции τ_K выходного процесса.

Таблица 18.1

	Характеристика входного процесса	Характеристика линейной цепи
0	$G_{\text{вх}}(\omega) = G_0$	$q(t) = (K_0/\tau_\phi) \exp(-t/\tau_\phi), t > 0$
1	$K_{\text{вх}}(\tau) = D \exp(-\alpha \tau)$	$K(j\omega) = K_0 / (1 + j\omega\tau_\phi)$
2	$G_{\text{вх}}(\omega) = G_0$	$q(t) = (K_0/\tau_\phi) \exp(-t/\tau_\phi) \cos \omega_0 t,$ $t > 0$
3	$K_{\text{вх}}(\tau) = D \exp(-\alpha \tau) \cos \omega_0 \tau$	$K(j\omega) = K_0$
4	$G_{\text{вх}}(\omega) = D\alpha/(\alpha^2 + \omega^2)$	$q(t) = (1/\tau_\phi) \exp(-t/\tau_\phi), t > 0$
5	$K_{\text{вх}}(\tau) = D(1 + \alpha \tau) \exp(-\alpha \tau)$	$K(j\omega) = 1/(1 + j\omega\tau_\phi)$
6	$G_{\text{вх}}(\omega) = D\alpha^3/(\alpha^2 + \omega^2)^2$	$q(t) = (1/\tau_\phi) \exp(-t/\tau_\phi), t > 0$
7	$K_{\text{вх}}(\tau) = D(1 + \alpha \tau) \exp(-\alpha \tau)$	$K(j\omega) = K_0$
8	$G_{\text{вх}}(\omega) = D\alpha/(\alpha^2 + \omega^2)$	$q(t) = \delta(t) - (1/\tau_\phi) \exp(-t/\tau_\phi), t > 0$
9	$K_{\text{вх}}(\tau) = D \exp(-\alpha \tau)$	$K(j\omega) = (j\omega\tau_\phi)/(1 + j\omega\tau_\phi)$

Таблица 18.2

Номер подварианта	$G_0, \text{В}^2/\text{Гц}$	$\sigma_{\text{вх}}, \text{В}$	$\alpha/10^4, 1/\text{с}$	K_0	$f_0, \text{МГц}$	$\tau_\phi, \text{мкс}$
0	0.10	10	1.0	10	1.0	100
1	0.01	1	10.0	1	0.1	90
2	0.02	2	6.0	2	0.2	80

3	0.03	3	4.0	3	0.3	70
4	0.04	4	3.0	4	0.4	60
5	0.05	5	2.0	5	0.5	50
6	0.06	6	1.75	6	0.6	40
7	0.07	7	1.50	7	0.7	30
8	0.08	8	1.25	8	0.8	20
9	0.09	9	1.00	9	0.9	10