

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Основы теории цепей

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиотехнические системы и комплексы специального назначения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.30 «Основы теории цепей» относится к обязательной части ООП направления подготовки 11.05.02 Специальные радиотехнические системы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-7: Способен применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники	ОПК-7.1: Понимает основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов. ОПК-7.2: Использует основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов.	ОПК-7.1: Знать основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов. ОПК-7.2: Уметь использовать основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов.	Собеседование, задача (практическое задание)

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	33
Промежуточная аттестация	45 экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1. Цели и задачи курса. Введение в теорию радиотехнических сигналов.	3	2			2	1
Тема 2. Спектральное представление периодических сигналов.	8	2	4		6	2
Тема 3. Спектральное представление непериодических сигналов.	8	2	4		6	2
Тема 4. Модулированные радиосигналы.	6	2	2		4	2
Тема 5. Преобразование Гильберта. Аналитический сигнал.	6	2	2		4	2
Тема 6. Энергетический спектр. Корреляционный анализ детерминированных сигналов.	6	2	2		4	2
Тема 7. Дискретизация непрерывных сигналов. Информационная емкость и база сигналов.	6	2	2		4	2
Тема 8. Введение в теорию линейных цепей с сосредоточенными параметрами.	4	2			2	2
Тема 9. Описание линейных цепей обыкновенными дифференциальными уравнениями.	9	2	4		6	3
Тема 10. Операторный метод анализа линейных цепей.	12	4	4		8	4
Тема 11. Спектральный метод анализа линейных цепей.	6	2	2		4	2

Тема 12. Интеграл Дюамеля.	6	2	2		4	2
Тема 13. Колебательные контуры.	7	2	2		4	3
Тема 14. Четырехполюсники.	6	2	2		4	2
Тема 15. Пассивные линейные фильтры.	4	2			2	2
Аттестация	45					
КСР	2				2	
Итого	144	32	32		64	33

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических задач по отдельным разделам дисциплины, работа над ошибками в процессе семинарских занятий.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 32 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:
- понимание методов анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей,
- умение применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей,
- компетенций: ОПК-7.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа (практических работ), групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс (Основы теории цепей, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=8473>), созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru>.

Кроме того, самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью основной и дополнительной учебной литературы (п.6) и контролируется на практических занятиях семинарского типа, а также на зачете в рамках итогового контроля.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам п.2)

5.2.1. Контрольные вопросы

Вопросы	Код формируемой компетенции
1) Векторное представление сообщений и сигналов.	ОПК-7
2) Метрика, базис, норма, скалярное произведение для векторного пространства дискретных и непрерывных сообщений и сигналов.	ОПК-7
3) Разложение непрерывных сигналов по заданному ортогональному базису.	ОПК-7
4) Гармонический анализ периодических сигналов.	ОПК-7
5) Разложение в ряд Фурье периодической последовательности импульсов.	ОПК-7
6) Преобразование Фурье и его свойства. Спектральный анализ непериодических сигналов.	ОПК-7
7) Виды модуляции, модулированные радиосигналы и их спектры.	ОПК-7
8) Амплитудная, балансная и однополосная модуляция: представление сигналов во временной и частотной областях.	ОПК-7
9) Угловая модуляция, отличие ЧМ и ФМ.	ОПК-7
10) Амплитудно-фазовая модуляция для передачи дискретных сообщений.	ОПК-7

<i>Вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
11) Преобразование Гильберта, огибающая, фаза и мгновенная частота узкополосного сигнала.	ОПК-7
12) Аналитический сигнал и его свойства.	ОПК-7
13) Энергетический спектр и автокорреляционная функция импульсных сигналов.	ОПК-7
14) Спектр дискретизированного сигнала, теорема отсчетов (Котельникова).	ОПК-7
15) Представление сигнала с ограниченным спектром равноотстоящими отсчетами.	ОПК-7
16) Представление сигнала ограниченной длительности равноотстоящими отсчетами его спектра.	ОПК-7
17) Информационная база сигнала с заданной длительностью и заданной полосой занимаемых частот.	ОПК-7
18) Линейные электрические цепи с сосредоточенными параметрами и их эквивалентные схемы: определения и методы описания.	ОПК-7
19) Идеализированные модели элементов линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами.	ОПК-7
20) Эквивалентность источников тока и источников э.д.с.	ОПК-7
21) Схемы замещения комбинаций пассивных элементов.	ОПК-7
22) Теорема компенсации (эквивалентность ветви цепи источнику тока или э.д.с.).	ОПК-7
23) Законы Кирхгофа для линейных электрических цепей, методы уменьшения числа уравнений в системе, описывающей эквивалентную схему.	ОПК-7
24) Описание линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами системой обыкновенных дифференциальных уравнений.	ОПК-7
25) Преобразование Лапласа и его свойства.	ОПК-7
26) Эквивалентные схемы линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами в области комплексных частот (переменных Лапласа).	ОПК-7
27) Операторный метод анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами.	ОПК-7
28) Коэффициент передачи в частотной области линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами, определения и свойства АЧХ и ФЧХ для физически реализуемых цепей.	ОПК-7
29) Спектральный метод анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами.	ОПК-7
30) Импульсная характеристика линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами, ее свойства для физически реализуемых цепей.	ОПК-7
31) Метод интеграла Дюамеля (интеграл наложения) для анализа линейных электрических цепей с сосредоточенными параметрами.	ОПК-7
32) Связь импульсной характеристики и коэффициента передачи линейной цепи.	ОПК-7
33) Последовательный колебательный контур и его свойства.	ОПК-7
34) Параллельный колебательный контур и его свойства.	ОПК-7

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ОПК-7

Задача 1

Решить задачу о прохождении сигнала №0 через цепь, приведенную в билете №0.

Задача 2

Решить задачу о прохождении сигнала №0 через цепь, приведенную в билете №1.

Задача 3

Решить задачу о прохождении сигнала №0 через цепь, приведенную в билете №2.

•
•
•

Задача 100

Решить задачу о прохождении сигнала №9 через цепь, приведенную в билете №9.

Решение задачи подразумевает вычисление формы и спектра выходного сигнала при прохождении входного сигнала заданной структуры через линейную электрическую цепь с постоянными параметрами, схема которой приведена в задаче.

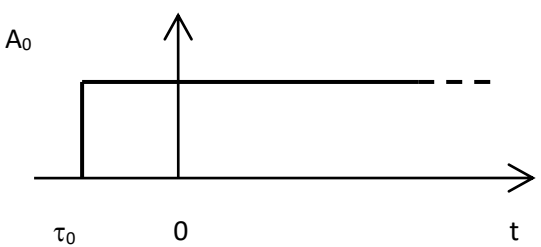
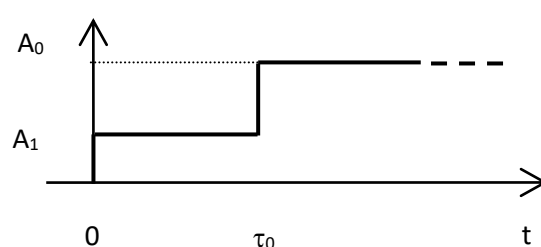
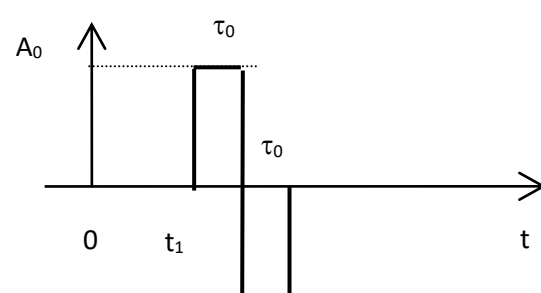
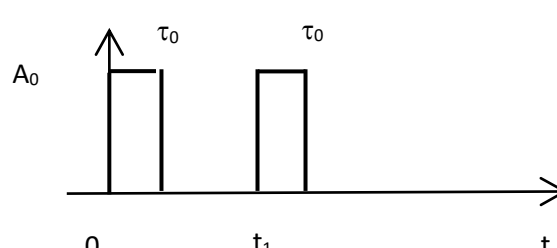
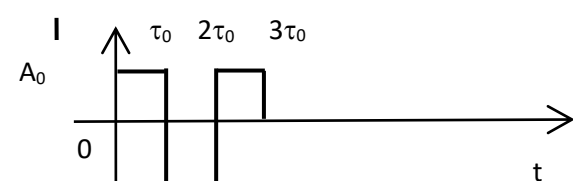
При решении задач можно использовать прилагаемую таблицу преобразований Лапласа:

$F(p)$	$f(t), t \geq 0$
1	$\delta(t)$
$1/p$	1
$1/p^2$	t
$1/p^n (n=1,2,3,...)$	$(t^{n-1})/(n-1)!$
$1/p^{1/2}$	$1/(t)^{1/2}$
$p^{-3/2}$	$2(t)^{1/2}$
$1/(p-a)$	$\exp(at)$
$1/(p-a)^2$	$t \exp(at)$
$1/(p-a)^n (n=1,2,3,...)$	$\exp(at) (t^{n-1})/(n-1)!$
$1/[(p-a)(p-b)]$	$[\exp(at) - \exp(bt)]/(a-b)$
$p/[(p-a)(p-b)]$	$[a \exp(at) - b \exp(bt)]/(a-b)$
$1/[(p-a)(p-b)(p-c)]$	$-\frac{[(b-c) \exp(at) + (c-a) \exp(bt) + (a-b) \exp(ct)]}{(a-b)(b-c)(c-a)}$
$1/(p^2+a^2)$	$\sin(at)/a$
$p/(p^2+a^2)$	$\cos(at)$
$1/(p^2-a^2)$	$\operatorname{sh}(at)/a$
$p/(p^2-a^2)$	$\operatorname{ch}(at)$

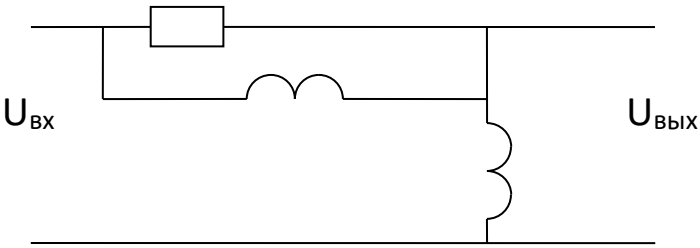
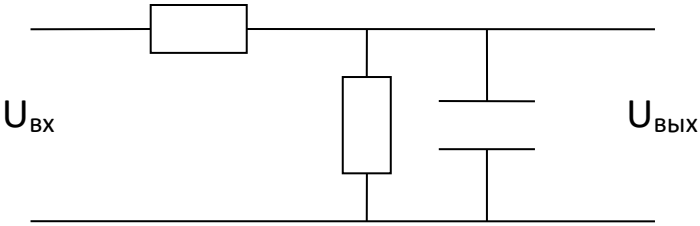
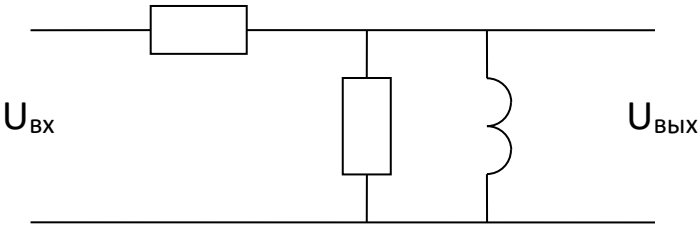
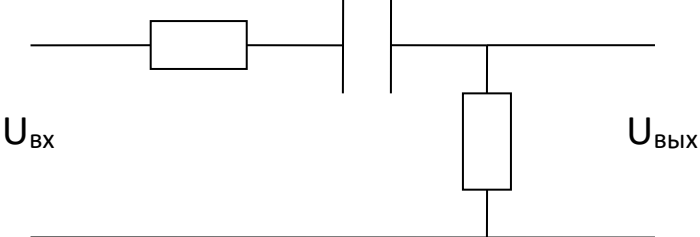
Таблица преобразований Лапласа

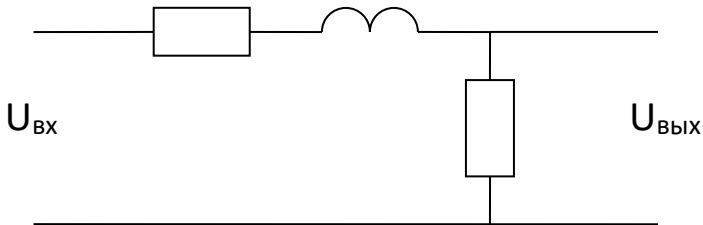
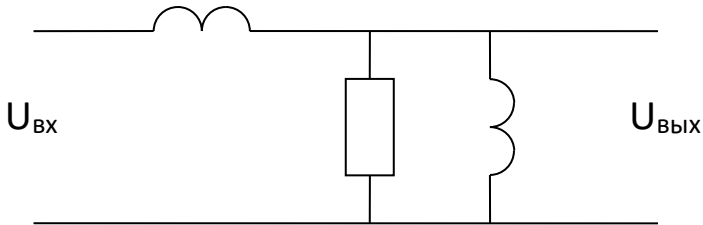
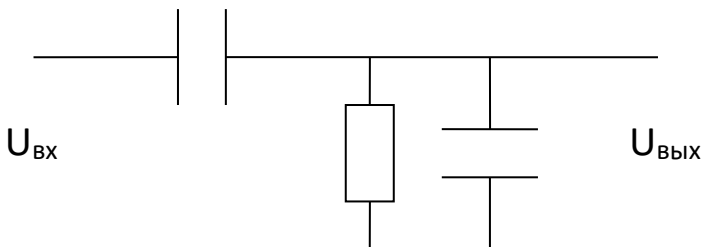
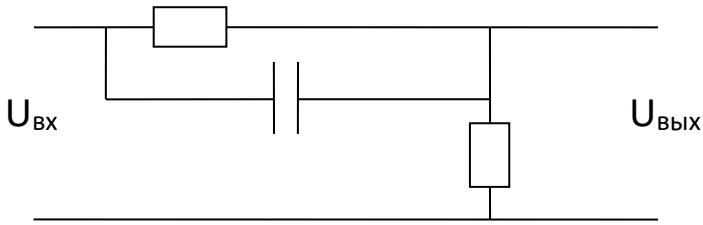
Билеты с описанием входных сигналов:

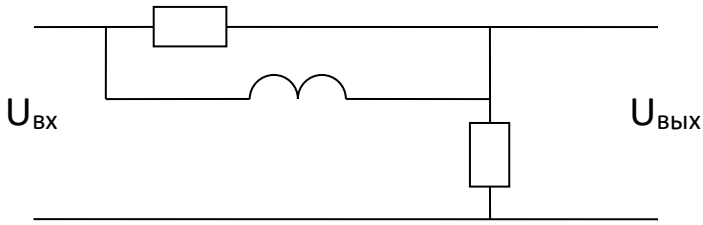
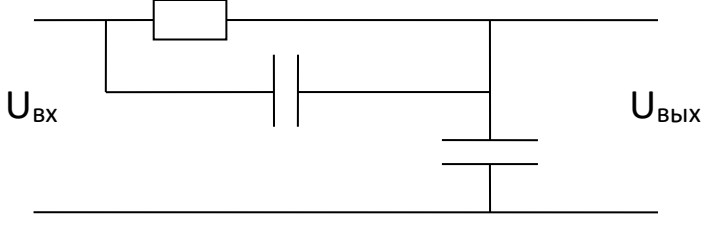
№ билета	Описание
0	$A_1 \sin \omega_1 t + A_2 \sin \omega_2 t$
1	$(A_1 \sin \omega_1 t) \times (A_2 \sin \omega_2 t)$
2	$A_1(1+m \cos \omega_1 t) \times \cos \omega_2 t, \omega_2 \gg \omega_1.$
3	$A_0 \exp(-t/\tau_0) 1(t), \tau_0 > 0.$
4	$A_0 [1 - \exp(-t/\tau_0)] 1(t), \tau_0 > 0.$

5	 <p>A graph showing a step function $A(t)$ versus time t. The function is zero for $t < \tau_0$ and jumps to a constant value A_0 for $t \geq \tau_0$. The vertical axis is labeled A_0 and the horizontal axis is labeled t with markers at τ_0 and 0.</p>
6	 <p>A graph showing a step function $A(t)$ versus time t. The function is zero for $t < 0$ and jumps to a constant value A_1 for $0 \leq t < \tau_0$. At $t = \tau_0$, it jumps to a constant value A_0 for $t \geq \tau_0$. The vertical axis is labeled A_0 and A_1, and the horizontal axis is labeled t with markers at 0 and τ_0.</p>
7	 <p>A graph showing a pulse function $A(t)$ versus time t. The function is zero for $t < t_1$ and $t > t_1 + \tau_0$. It has a constant value A_0 for $t_1 \leq t < t_1 + \tau_0$. The vertical axis is labeled A_0 and the horizontal axis is labeled t with markers at 0 and t_1. The pulse width is indicated as τ_0.</p>
8	 <p>A graph showing a periodic pulse train $A(t)$ versus time t. The function is zero for $t < 0$ and $t > t_1 + \tau_0$. It has a constant value A_0 for $0 \leq t < \tau_0$ and $t_1 \leq t < t_1 + \tau_0$. The vertical axis is labeled A_0 and the horizontal axis is labeled t with markers at 0 and t_1. The pulse width is indicated as τ_0.</p>
9	 <p>A graph showing a periodic square wave $I(t)$ versus time t. The function is zero for $t < 0$ and $t > 3\tau_0$. It has a constant value A_0 for $0 \leq t < \tau_0$ and $2\tau_0 \leq t < 3\tau_0$, and a constant value $-A_0$ for $\tau_0 \leq t < 2\tau_0$. The vertical axis is labeled A_0 and the horizontal axis is labeled t with markers at 0, τ_0, $2\tau_0$, and $3\tau_0$.</p>

Билеты с описанием схемы электрической цепи:

№ билета	Описание
0	 <p>Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)</p>
1	 <p>Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)</p>
2	 <p>Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)</p>
3	 <p>Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)</p>

4	 <p>Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)</p>
5	 <p>Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)</p>
6	 <p>Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)</p>
7	 <p>Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)</p>

8	 <p>Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)</p>
9	 <p>Резисторы – R, конденсаторы – C, катушки – L. (Номиналы одинаковых элементов одинаковые.)</p>

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Ленанд, 2016. (222 экз.)
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: ДРОФА, 2006. (165 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Орлов И.Я. Курс лекций по основам радиоэлектроники. – Н. Новгород: ННГУ, 2005. (143 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- Сайт кафедры радиотехники радиофизического факультета ННГУ, вкладка Методическая литература <http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/index.php#>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Лекционный зал, аудитории для практических занятий в группах, мультимедийный проектор.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО/ОС ННГУ по направлению 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы», специальности (специализации)

«Радиотехнические системы и комплексы специального назначения».

Автор(ы): Пархачев В.В.

Заведующий кафедрой: Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии
президиума ученого совета ННГУ от 14 декабря 2021, протокол № 4.