МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЕЙ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Программирование микропроцессорной техники**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**
Курс: **2**
Семестр: **3, 4**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	3 семестр	4 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	36	36	72	часов
Практические занятия	28	28	56	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	12	18	30	часов
Лабораторные занятия	16	36	52	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	4	16	20	часов
Самостоятельная работа	28	80	108	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	72	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	216	360	часов
	4	6	10	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	3
Экзамен	4

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 69036

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Приобретение знаний, умений и навыков исследования нелинейных электрических цепей и цепей с дискретными сигналами.

2. Приобретение знаний, умений и навыков теоретического исследования электронных цепей, содержащих активные многополюсные компоненты, на основе методологии математического моделирования.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основных методов исследования стационарных и переходных процессов нелинейных электрических цепей и цепей с дискретными сигналами.

2. Формирование знаний общих положений математического моделирования, правил формирования операторных математических моделей электронных цепей, методов анализа электронных цепей, основанных на алгебраических и топологических моделях.

3. Формирование умений и навыков использования компьютерных технологий математических и инженерных вычислений для анализа, расчета и оптимизации электронных цепей.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.02.01.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 69036

ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. Знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Знает схемы замещения и математические модели элементов электроники, например, биполярных и полевых транзисторов, выпрямительных и импульсных диодов, цифровых и аналоговых микросхем, магнитных элементов и других компонентов электронных схем. Знает математические модели многополюсных электронных компонентов. Знает средства имитационного моделирования электромагнитных процессов приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, например, Asimec, Ltspice, Matlab.
	ПК-1.2. Умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Умеет строить физические модели отдельных элементов электроники: биполярного и полевого транзистора, диода, цифровых и аналоговых микросхем и других элементов и компонентов. Умеет строить физические модели сложных элементов электроники, например, выпрямителей, сглаживающих фильтров, автономных инверторов. Умеет строить математические модели (систему уравнений) отдельных и сложных элементов электроники. Умеет применять средства имитационного моделирования электромагнитных процессов для приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, например, Asimec, Ltspice, Matlab.
	ПК-1.3. Владеет навыками построения простейших физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования	Владеет навыками построения физических моделей отдельных элементов электроники, например, биполярного и полевого транзистора, диода, цифровых и аналоговых микросхем. Владеет навыками построения математических моделей сложных элементов электроники, например, выпрямителей, сглаживающих фильтров, автономных инверторов. Владеет навыками построения математических моделей основных функциональных узлов энергетической электроники. Владеет навыками применять средства имитационного моделирования электромагнитных процессов для приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, например, Asimec, Ltspice, Matlab.

Согласована на портале № 69036

ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов	Знает современные электронные компоненты, их принцип действия, основные характеристики и параметры. Знает принципы совместимости электронных компонентов при составлении электронных схем. Знает принципы 3D- моделирования блоков электронных приборов.
	ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов	Умеет проводить оценочные расчеты характеристик транзисторов, диодов, резисторов и магнитных элементов электронных устройств.
	ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем	Владеет навыками составления схем электрических структурных, функциональных и принципиальных. Владеет навыками составления монтажных схем, на которых указывается геометрическое расположение отдельных узлов электронной техники и связь между ними.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		3 семестр	4 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	180	80	100
Лекционные занятия	72	36	36
Практические занятия	56	28	28
Лабораторные занятия	52	16	36
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	108	28	80
Подготовка к тестированию	60	16	44
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	48	12	36
Подготовка и сдача экзамена	72	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	360	144	216
Общая трудоемкость (в з.е.)	10	4	6

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Согласована на портале № 69036

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях	4	2	8	8	22	ПК-1, ПК-3
2 Методы автоматизированного анализа цепей	6	6	-	2	14	ПК-1, ПК-3
3 Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами	8	12	8	10	38	ПК-1, ПК-3
4 Анализ и расчет нелинейных цепей	10	4	-	4	18	ПК-1, ПК-3
5 Анализ цепей с дискретными сигналами	8	4	-	4	16	ПК-1, ПК-3
Итого за семестр	36	28	16	28	108	
4 семестр						
6 Общие положения исследования электронных цепей.	4	2	-	8	14	ПК-1, ПК-3
7 Математическое моделирование электронных цепей.	12	6	-	12	30	ПК-1, ПК-3
8 Операторные методы исследования электронных цепей.	12	12	20	36	80	ПК-1, ПК-3
9 Исследование электронных цепей методом переменных состояния.	8	8	16	24	56	ПК-1, ПК-3
Итого за семестр	36	28	36	80	180	
Итого	72	56	52	108	288	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях	Режимы работы электрических цепей при несинусоидальных токах и напряжениях. Представление несинусоидальных периодических токов и напряжений рядами Фурье. Действующее и среднее по модулю значения несинусоидальных токов и напряжений. Коэффициенты несинусоидального тока: формы, искажения, гармоник, мощности. Активная и полная мощности несинусоидального тока. Резонансные явления при несинусоидальных токах.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 69036

2 Методы автоматизированного анализа цепей	Особенности современных программ автоматизированного анализа цепей. Моделирование электронных цепей в системе Mathcad. Применение пакета MATLAB-SIMULINK для анализа электрических цепей.	6	ПК-1, ПК-3
	Итого	6	
3 Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами	Общие вопросы анализа переходных процессов в линейных цепях. Классический метод расчета переходных процессов. Операторный метод расчета переходных процессов. Метод интегралов наложения (Дюамеля).	8	ПК-1, ПК-3
	Итого	8	
4 Анализ и расчет нелинейных цепей	Задача анализа нелинейных цепей. Классификация нелинейных цепей. Формирование математической модели нелинейной цепи. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов. Метод кусочно-линейной аппроксимации. Метод эквивалентных синусоид. Магнитные цепи переменного синусоидального тока.	10	ПК-1, ПК-3
	Итого	10	
5 Анализ цепей с дискретными сигналами	Линейные разностные уравнения. Прямое z-преобразование и его применение к анализу цепей с дискретными сигналами. Обратное z-преобразование. Дискретная свертка. Соответствие между комплексной частотой в преобразовании Лапласа и параметром z дискретного z-преобразования.	8	ПК-1, ПК-3
	Итого	8	
	Итого за семестр	36	
	4 семестр		
6 Общие положения исследования электронных цепей.	Сущность и задачи теоретического исследования электронных цепей, его роль в процессе проектирования электронных устройств. Синтез, расчет, анализ и оптимизация электронных цепей. Типовые виды расчета и анализа. Классификация электронных цепей по математическому описанию. Понятие и виды схемных функций, формы их представления. Частотные и временные характеристики и их параметры.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	

Согласована на портале № 69036

7 Математическое моделирование электронных цепей.	Общие положения математического моделирования. Классификация математических моделей. Этапы математического моделирования. Топологические модели электронных цепей: схемы замещения, полюсные графы, топологические матрицы и уравнения. Математические модели компонентов электронных цепей: эквивалентные схемы, компонентные уравнения. Понятие и виды координатного базиса. Полные уравнения электронных цепей. Методы реализации математических моделей (обзор и классификация).	12	ПК-1, ПК-3
	Итого	12	
8 Операторные методы исследования электронных цепей.	Методы формирования операторных моделей в матричной форме: метод эквивалентных схем в матричной форме, обобщенный матричный метод. Определение схемных функций по матрично-векторным параметрам. Формирование операторных моделей и определение схемных функций методом сигнальных графов.	12	ПК-1, ПК-3
	Итого	12	
9 Исследование электронных цепей методом переменных состояния.	Математическое описание электронных цепей в базисе переменных состояния. Реализация математических моделей в базисе переменных состояния: аналитический, численные и численно-аналитические методы решения уравнений состояния. Определение стационарных состояний. Расчет частотных характеристик линейных электронных цепей. Расчет переходных процессов.	8	ПК-1, ПК-3
	Итого	8	
	Итого за семестр	36	
	Итого	72	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 69036

1 Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях	Определение коэффициентов (формы, искажения, гармоник, мощности) несинусоидального тока. Активная и полная мощности несинусоидального тока.	2	ПК-1, ПК-3
	Итого	2	
2 Методы автоматизированного анализа цепей	Моделирование электрических цепей в системе Mathcad.	4	ПК-1, ПК-3
	Применение пакета MATLAB-SIMULINK для анализа электрических цепей.	2	ПК-1, ПК-3
	Итого	6	
3 Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами	Классический метод расчета переходных процессов.	8	ПК-1, ПК-3
	Операторный метод расчета переходных процессов.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	12	
4 Анализ и расчет нелинейных цепей	Формирование математической модели нелинейной цепи.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
5 Анализ цепей с дискретными сигналами	Анализ электрической цепи с дискретными сигналами с использованием прямого z-преобразования.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	4	
	Итого за семестр	28	
4 семестр			
6 Общие положения исследования электронных цепей.	Топологические модели электронных цепей по переменному току.	2	ПК-1, ПК-3
	Итого	2	
7 Математическое моделирование электронных цепей.	Формирование полюсного графа электронной цепи, выбор системы главных сечений и главных контуров.	2	ПК-1, ПК-3
	Формирование компонентных уравнений электронной цепи.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	6	

Согласована на портале № 69036

8 Операторные методы исследования электронных цепей.	Определение выражений схемных функций методом эквивалентных схем в матричной форме.	4	ПК-1, ПК-3
	Формирование системы координатных уравнений для координат в матричной форме в сокращенном гибридном координатном базисе.	4	ПК-1, ПК-3
	Определение выражений схемных функций с использованием сигнального графа.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	12	
9 Исследование электронных цепей методом переменных состояния.	Уравнения переменных состояния линейных электронных схем.	4	ПК-1, ПК-3
	Формирование и реализация математических моделей в базисе переменных состояний.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	8	
Итого за семестр		28	
Итого		56	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях	Исследование электрических цепей при периодических несинусоидальных токах и напряжениях.	8	ПК-1, ПК-3
	Итого	8	
3 Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами	Исследование переходных процессов в электрических цепях второго порядка.	8	ПК-1, ПК-3
	Итого	8	
Итого за семестр		16	
4 семестр			

Согласована на портале № 69036

8 Операторные методы исследования электронных цепей.	Анализ электронной цепи на основе операторной матричной модели в узловом координатном базисе.	4	ПК-1, ПК-3
	Анализ электронной цепи на основе операторной матричной модели в контурном координатном базисе.	4	ПК-1, ПК-3
	Анализ электронной цепи на основе операторной матричной модели в сокращенном гибридном координатном базисе.	8	ПК-1, ПК-3
	Анализ электронной цепи на основе сигнального графа.	4	ПК-1, ПК-3
	Итого	20	
9 Исследование электронных цепей методом переменных состояния.	Анализ частотных характеристик электронной цепи на основе матричной модели в базисе переменных состояния.	8	ПК-1, ПК-3
	Исследование переходной характеристики электронной цепи на основе матричной модели в базисе переменных состояния.	8	ПК-1, ПК-3
	Итого	16	
Итого за семестр		36	
Итого		52	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа
	Итого	8		
2 Методы автоматизированного анализа цепей	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	2		

Согласована на портале № 69036

3 Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа
	Итого	10		
4 Анализ и расчет нелинейных цепей	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	4		
5 Анализ цепей с дискретными сигналами	Подготовка к тестированию	4	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	4		
Итого за семестр		28		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
4 семестр				
6 Общие положения исследования электронных цепей.	Подготовка к тестированию	8	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	8		
7 Математическое моделирование электронных цепей.	Подготовка к тестированию	12	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
8 Операторные методы исследования электронных цепей.	Подготовка к тестированию	12	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	24	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа
	Итого	36		
9 Исследование электронных цепей методом переменных состояния.	Подготовка к тестированию	12	ПК-1, ПК-3	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа
	Итого	24		
Итого за семестр		80		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		180		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	

Согласована на портале № 69036

ПК-1	+	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен
ПК-3	+	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Лабораторная работа	0	20	30	50
Тестирование	0	10	10	20
Экзамен				30
Итого максимум за период		30	40	100
Нарастающим итогом		30	70	100
4 семестр				
Лабораторная работа	0	20	30	50
Тестирование	0	10	10	20
Экзамен				30
Итого максимум за период		30	40	100
Нарастающим итогом		30	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)

Согласована на портале № 69036

3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Теоретические основы электротехники. Часть 2. Переходные и статические режимы в линейных и нелинейных цепях. Электромагнитное поле: Учебное пособие / Е. Б. Шандарова, А. В. Шутенков, В. М. Дмитриев, Т. В. Ганджа - 2015. 237 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5377.

7.2. Дополнительная литература

1. Лаппи, Ф. Э. Специальные разделы курса теоретических основ электротехники. Применение матриц и теории графов для формирования уравнений по методу узловых потенциалов: учебное пособие / Ф. Э. Лаппи, Ю. Б. Ефимова. — Новосибирск: НГТУ, 2016. — 48 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/118125.
2. Теоретические основы электротехники. Часть 1. Установившиеся режимы в линейных электрических цепях: Учебное пособие / Е. Б. Шандарова, А. В. Шутенков, В. М. Дмитриев, В. И. Хатников, Т. В. Ганджа - 2015. 187 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5376.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Моделирование переходных процессов в линейных и нелинейных электрических цепях: учебно-методическое пособие / Е. А. Карпов, В. Н. Тимофеев, Ю. С. Перфильев [и др.]. — Красноярск: СФУ, 2019. — 190 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/157730 .
2. Методы анализа и расчета электронных схем : учебно-методическое пособие для вузов / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск : ТУСУР, 2005. - 120 с. : ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 71 экз.).

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

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

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Согласована на портале № 69036

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Вычислительная лаборатория / Компьютерный класс: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 301б ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (16 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT (1 шт.);
- Мультимедийный проектор NEC (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Far Manager;
- Google Chrome;
- LTspice 4;
- Mathworks Matlab;
- Microsoft Visio 2010;
- Mozilla Firefox;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Windows XP Pro;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Вычислительная лаборатория / Компьютерный класс: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 301б ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (16 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT (1 шт.);
- Мультимедийный проектор NEC (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Far Manager;
- Google Chrome;
- LTspice 4;
- Microsoft Visio 2010;
- Mozilla Firefox;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Windows XP Pro;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;

Согласована на портале № 69036

- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Методы автоматизированного анализа цепей	ПК-1, ПК-3	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 69036

3 Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Анализ и расчет нелинейных цепей	ПК-1, ПК-3	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Анализ цепей с дискретными сигналами	ПК-1, ПК-3	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Общие положения исследования электронных цепей.	ПК-1, ПК-3	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Математическое моделирование электронных цепей.	ПК-1, ПК-3	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Операторные методы исследования электронных цепей.	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
9 Исследование электронных цепей методом переменных состояния.	ПК-1, ПК-3	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков

Согласована на портале № 69036

3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

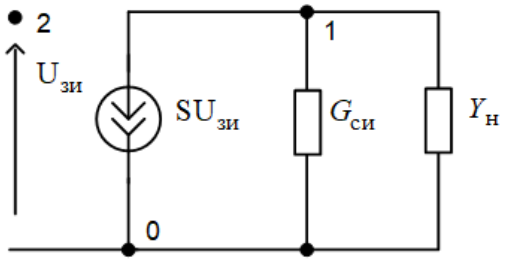
1. В каких электрических цепях могут возникать переходные процессы?
   а) в цепях с чисто активными сопротивлениями;
   б) в цепях, содержащих индуктивности или емкости, или индуктивности и емкости;
   в) в цепях без накопителей энергии электрического поля;
   г) в цепях без накопителей энергии магнитного поля.
2. Какое положение отвечает первому закону коммутации?
   а) напряжение на емкости в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
   б) ток в индуктивности в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и

Согласована на портале № 69036

непосредственно перед коммутацией;
в) ток емкости в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
г) напряжение индуктивности в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией.

3. Какое положение отвечает второму закону коммутации?
а) напряжение на емкости в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
б) ток в индуктивности в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
в) ток емкости в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
г) напряжение индуктивности в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией.
4. Какой переходный процесс следует ожидать в линейной неразветвленной цепи типа R-L-C, если корни характеристического уравнения комплексно сопряженные?
а) апериодический переходный процесс;
б) колебательный переходный процесс;
в) затухающий и не колебательный переходный процесс;
г) критический (граничный) переходный процесс.
5. Какое определение соответствует коэффициенту искажения синусоидальности тока?
а) величина, равная отношению действующего значения первой гармоники тока произвольной формы к действующему значению тока;
б) величина, равная отношению среднеквадратичного значения всех высших гармоник периодического тока к среднеквадратичному значению тока основной частоты;
в) величина, равная отношению действующего значения переменной составляющей пульсирующего тока к постоянной составляющей пульсирующего тока;
г) величина, равная отношению амплитуды гармонической составляющей пульсирующего тока первого порядка к среднему значению пульсирующего тока.

6. Сформировать укороченную матрицу проводимостей схемы.



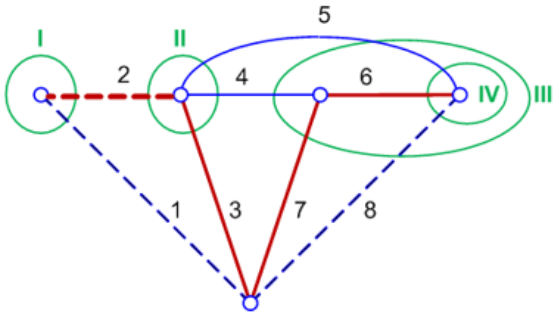
а) $Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -S & G_{си} \end{bmatrix}$; б) $Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ S & G_{си} \end{bmatrix}$; в) $Y^* = \begin{bmatrix} G_{си} & S \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$; г) $Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ S & G_{си} + Y_н \end{bmatrix}$.

7. Используя формулу $k_U = \dfrac{\Delta_{ab}}{\Delta_{aa} + Y_н \Delta_{aa,bb}}$, по укороченной матрице проводимостей вида $Y^* = \begin{bmatrix} G_{си} & S \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ определить коэффициент передачи напряжения. Входное напряжение действует между узлом 2 и общей точкой схемы, ветвь нагрузки подключена к узлу 1 относительно общей точки схемы.

а) $k_U = -\dfrac{S}{G_{си} + Y_н}$; б) $k_U = \dfrac{S}{G_{си} + Y_н}$; в) $k_U = -\dfrac{S}{G_{си} - Y_н}$; г) $k_U = -\dfrac{S + Y_н}{G_{си} + Y_н}$.

Согласована на портале № 69036

Для приведенного варианта выбора главного дерева графа укажите номер неправильно выбранного главного сечения.

8. 

а) сечение I; б) сечение II; в) сечение III; г) сечение IV.

9. Какое сечение является главным?
   а) сечение, которому инцидентно только одно дерево графа;
   б) сечение, которому инцидентна только одна хорда;
   в) сечение, которому инцидентны одно ребро дерева графа и одна хорда;
   г) сечение, которому инцидентны только у-ребра.
10. Укажите особенность неопределенной матрицы проводимостей.
    а) сумма всех элементов в каждой строке тождественно равна нулю;
    б) сумма всех элементов в каждом столбце тождественно равна нулю;
    в) сумма всех элементов в каждой строке и в каждом столбце тождественно равна нулю;
    г) сумма всех диагональных элементов тождественно равна нулю.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Как влияет на форму кривой несинусоидального тока, по сравнению с кривой напряжения, включение индуктивности или емкости?
2. Назовите четыре вида мощностей, которые можно рассчитать для цепи несинусоидального тока.
3. Как рассчитать мощность искажения?
4. Назовите условие, при котором в последовательном колебательном RLC-контуре возникает резонанс.
5. Сколько уравнений по первому и второму законам Кирхгофа нужно составить для схемы, имеющей n узлов и m ветвей?

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Исследование электрических цепей при периодических несинусоидальных токах и напряжениях.
2. Исследование переходных процессов в электрических цепях второго порядка.
3. Анализ электронной цепи на основе операторной матричной модели в узловом координатном базисе.
4. Анализ электронной цепи на основе операторной матричной модели в контурном координатном базисе.
5. Анализ электронной цепи на основе операторной матричной модели в сокращенном гибридном координатном базисе.
6. Анализ электронной цепи на основе сигнального графа.
7. Анализ частотных характеристик электронной цепи на основе матричной модели в базисе переменных состояния.
8. Исследование переходной характеристики электронной цепи на основе матричной модели в базисе переменных состояния.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком

Согласована на портале № 69036

учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

Согласована на портале № 69036

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 69036

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ
протокол № 19 от «16» 12 2022 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a
Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Профессор, каф. ПрЭ	Н.С. Легостаев	Согласовано, 6332ca5f-c16e-4579-bbc4-ee49773dfd8d
Доцент, каф. ПрЭ	Д.О. Пахмурин	Согласовано, ce9e048a-2a49-44a0-b2ab-bc9421935400

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ПрЭ	Н.С. Легостаев	Разработано, 6332ca5f-c16e-4579-bbc4-ee49773dfd8d

Согласована на портале № 69036