

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет информационных технологий и экономики управления

Кафедра «Физика и высшая математика»

УТВЕРЖДАЮ

Декан мореходного факультета

С.Ю. Труднев

« 23 » 03 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Топологические методы анализа в электротехнике»**

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств  
автоматики»

специализация:

«Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики»

Петропавловск-Камчатский  
2022

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО для специальности 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» и учебного плана ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»

Составители рабочей программы:

Доцент каф. ФВМ



Э.Н. Батуев

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Физики и высшей математики». Протокол № 10 от 03.03.2022 года.

Заведующий кафедрой «Физика и высшая математика»:

« 03 » 03 2022 г.



А.И. Задорожный

## 1 Цели и задачи учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины «Топологические методы анализа в электротехнике» формирование у будущих специалистов знаний и умения применять изучаемые методы при анализе и управлении современными техническими системами. Математика является не только мощным средством решения прикладных задач и универсальным языком науки, но также и элементом общей культуры. Поэтому математическое образование следует рассматривать как важнейшую составляющую фундаментальной подготовки специалиста.

Целью математического образования специалиста является:

- Воспитание достаточно высокой математической культуры;
- Привитие навыков современных видов математического мышления;
- Привитие навыков использования математических методов и основ математического моделирования в практической деятельности.

Целью изучения дисциплины «Топологические методы анализа в электротехнике»:

- в области обучения – формирование знаний, умений, навыков и компетенций по математическому моделированию электронных схем и их анализа на ЭВМ;
- в области воспитания – формирование убеждения о необходимости использования средств вычислительной техники в процессе учебы и последующей профессиональной деятельности;
- в области развития – использование средств вычислительной техники для моделирования сложных систем, включающих в себя подсистемы различной физической природы.

## 2 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице.

Таблица – Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с установленными в программе бакалавриата индикаторами достижения компетенций.

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора достижений	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<b>ИД-4 ук-1</b> <b>Владеть:</b> Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.	<b>Знать:</b> основные понятия и методы топологического анализа, методы топологического расчета и анализа электро- и радиосистем, численные методы их анализа, методы анализа и расчета чувствительности	З(УК-1)1

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора достижений	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
			моделей к вариации параметров систем и их оптимизации на основе метода определителей графов и схем.	
			<p><b>Уметь:</b>  выполнять типовые задания, составлять и решать адекватные математические модели реальных процессов, отвечающих практическим запросам, выбрать метод моделирования и тип модели в зависимости от целей анализа; при необходимости осуществлять декомпозицию системы на подсистемы, однородные по физической природе, и последующего их объединения для анализа работы всей системы на функциональном уровне</p>	У(УК-1)1
			<p><b>Владеть:</b>  методами решения математических задач и методами построения моделей, методами анализа работоспособности моделей с использованием имеющегося программного обеспечения для ПК.</p>	В(УК-1)1

### 3 Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Топологические методы анализа в электротехнике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. В системе вузовской подготовки изучение данной дисциплины основано на курсах: «Математика», «Теоретические основы электротехники», «Моделирование судового электрооборудования и средств автоматизации».

Теоретические знания и практические навыки, сформированные у студентов в процессе изучения дисциплины «Топологические методы анализа в электротехнике», могут быть использованы при написании выпускной квалификационной работы.

### 4 Содержание дисциплины

#### 4.1 Тематический план дисциплины

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по дисциплине
			Лекции	Семинары (практические занятия)	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 1. "Введение. Задачи схемного моделирования."	8	7	2	4		1	Опрос, решение задач	
Тема 2. "Основные характеристики математической модели, связывающей внутренние и внешние параметры моделируемого объекта"	9	7	2	4		2	Опрос, решение задач	
Тема 3. "Инверсия. Инверсия с расцеплением."	9	7	2	5		2	Опрос, решение задач	
Тема 4. "Топологический анализ цепи."	9	7	2	5		2	Опрос, решение задач	
Тема 5. "Топологический закон передачи общей линейной цепи"	9	7	2	5		2	Опрос, решение задач	
Тема 6. "Топологический закон передачи. Исключение узла. Примеры применения схемных определителей для расчета конкретных задач."	9	7	3	5		2	Опрос, решение задач	
Тема 7. "Линейные графы сигналов"	9	7	3	5		2	Опрос, решение задач	
Тема 8. "Определитель графа. Разложение определителя по контурам. Разложение определителя на множители. Разложение определителя по узлам и ветвям. Вывод общего уравнения передачи."	10	8	3	5		2	Опрос, решение задач	
зачет								
Всего	72	57	19	38		15		

#### 4.2 Тематический план дисциплины для заочной формы обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по дисциплине
			Лекции	Семинары (практические занятия)	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 1. "Введение. Задачи схемного моделирования."	7					7	Опрос, решение задач	
Тема 2. "Основные характеристики математической модели, связывающей внутренние и внешние параметры моделируемого объекта"	7					7	Опрос, решение задач	
Тема 3. "Инверсия. Инверсия с расщеплением."	9	2	1	1		7	Опрос, решение задач	
Тема 4. "Топологический анализ цепи."	9	2	1	1		7	Опрос, решение задач	
Тема 5. "Топологический закон передачи общей линейной цепи"	9	2	1	1		7	Опрос, решение задач	
Тема 6. "Топологический закон передачи. Исключение узла. Примеры применения схемных определителей для расчета конкретных задач."	9	2	1	1		7	Опрос, решение задач	
Тема 7. "Линейные графы сигналов"	9	2	1	1		7	Опрос, решение задач	
Тема 8. "Определитель графа. Разложение определителя по контурам. Разложение определителя на множители. Разложение определителя по узлам и ветвям. Вывод общего уравнения передачи."	9	2	1	1		7	Опрос, решение задач	
зачет	4							4
Всего	72	12	6	6		56		4

#### 4.3 Содержание дисциплины

##### Тема 1. "Введение. Задачи схемного моделирования."

###### Лекция

Предмет, объект, цели и задачи дисциплины. Программа курса, ее реализация во времени. Требования к итоговой аттестации. Литература. Матрицы и их применение. Действия над матрицами. Обратная матрица. Определители. Определитель суммы двух матриц. Задачи схемного моделирования. Минимальный базовый набор компонентов для моделирования электронных схем на ЭВМ. Адекватность схемной модели моделируемому

объекту. Выбор типа схемной модели в зависимости от целей анализа. Область применения глобальных, локальных моделей и моделей линейных приращений на примерах p-n перехода и биполярного транзистора. Модели линейных приращений. Основы синтеза глобальных моделей. Основные характеристики математической модели, связывающей внутренние и внешние параметры моделируемого объекта. Характеристический полином цепи, интерпретация собственных чисел и векторов матриц при моделировании электронных цепей.

*Основные понятия темы:* модели линейных приращений, основы синтеза моделей

*Практическое занятие*

*Форма занятия: решение типовых задач*

*Задания:*

Решение задач

№№ 1.2.4.6 раздела 3.1.1 из [3].

## **Тема 2. "Основные характеристики математической модели, связывающей внутренние и внешние параметры моделируемого объекта."**

*Лекция*

Матрицы проводимостей дискретных компонентов электронных схем и интегральных схем. Алгоритм получения матрицы проводимостей электронной схемы. Матрицы и графы. Основные понятия и определения. Составление систем алгебраических уравнений электрического равновесия цепи в топологической форме. Топологическая интерпретация основных соотношений между переменными ветвей. Узловой анализ линейных схем. Понятие обобщенной ветви графа.

*Основные понятия темы:* алгоритм получения матрицы проводимостей электронной схемы

*Практическое занятие*

*Форма занятия: решение типовых задач*

*Задания:*

Решение задач

№№ 8.9.10 раздела 3.1.1 из [3].

## **Тема 3. "Инверсия. Инверсия с расцеплением."**

*Лекция*

Нормирование передач ветвей. Правило Мэсона. Топологический анализ цепи. Определитель цепи. Разложение определителя цепи на множители. Контурная схема замещения цепи. Топологический закон передачи общей линейной цепи

*Основные понятия темы:* топологический анализ цепи

*Практическое занятие*

*Форма занятия: решение типовых задач*

*Задания:*

Решение задач

№№ 1.2.4.6 раздела 3.2.1 из [3].

## **Тема 4. "Топологический анализ цепи."**

*Лекция*

Определитель цепи. Разложение определителя цепи на множители. Контурная схема замещения цепи. Исключение петли. Расщепление узла. Решение графов. Формула Мэсона.

Графы. Задание графов. Построение матриц инцидентности и матриц смежности. Объединение однонаправленных параллельных и последовательных ветвей. Косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей. Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах

*Основные понятия темы:* основные понятия топологического анализа цепей

*Практическое занятие*

*Форма занятия:* решение типовых задач

Задания:

Решение задач

№№ 4.5. раздела 3.2.1 из [3].

### **Тема 5. "Топологический закон передачи общей линейной цепи"**

*Лекция*

Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами. Топологический закон передачи. Исключение узла. Примеры применения схемных определителей для расчета конкретных задач. Топологический закон передачи общей линейной цепи. Анализ схем катодного повторителя. Транзисторный усилитель. Гиристор и гиратор.

*Основные понятия темы :* алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами, топологический закон передачи

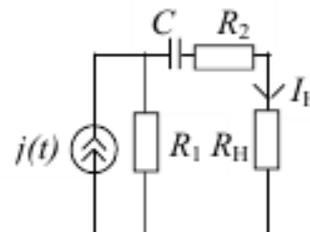
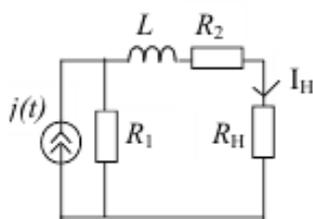
*Практическое занятие*

*Форма занятия:* контрольная работа

Произвести расчет схемы.

1) построить комплексную схему замещения цепи;

2) найти действующее значение выходной функции напряжения  $U_H$  или тока  $I_H$



### **Тема 6. "Топологический закон передачи. Исключение узла. Примеры применения схемных определителей для расчета конкретных задач."**

*Лекция*

Топологический анализ сигналов. Метод схемных определителей. Основные понятия и определения. Выбор системы линейно независимых переменных состояния для топологически невырожденных электронных цепей. Матричная запись системы уравнений переменных состояния в нормальной форме. Методы составления математической модели цепи в пространстве состояний. Алгоритм получения матричного уравнения переменных состояния с помощью топологических матриц. Способы получения выходных уравнений в матричном виде. Определитель графа. Разложение определителя по контурам. Построение резистивной схемы замещения исходной цепи с использованием известных схем замещения реактивных элементов

Основные понятия темы: метод схемных определителей

*Практическое занятие*

*Форма занятия: решение типовых задач*

Задания:

Решение задач

№№ 8,9,10 раздела 3.2.1 из [3].

### **Тема 7. "Линейные графы сигналов. "**

*Лекция*

Линейные графы сигналов Учет влияния петли. Передача графа. Определение передачи графа с помощью путей и контуров. Расщепление узла. Контурные передачи узла. Формирование оптимальных выражений схемных определителей пассивных цепей. Линейные графы сигналов. Определение передачи графа с помощью путей и контуров. Расщепление узла. Контурные передачи узла. Реакция электронной цепи на тестовые воздействия. Анализ цепей с помощью графов. Четырехполюсники Импульсная и переходная характеристики цепи.

*Основные понятия темы:* основные способы анализа цепей с помощью графов

*Практическое занятие*

*Форма занятия: решение типовых задач в компьютерном классе.*

Решение задач

№№ 8,9,10 раздела 3.2.1 из [3].

### **Тема 8. "Определитель графа. Разложение определителя по контурам. Разложение определителя на множители. Разложение определителя по узлам и ветвям. Вывод общего уравнения передачи."**

*Лекция*

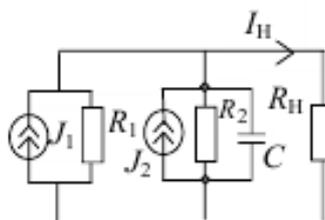
Разложение определителя на множители. Разложение определителя по узлам и ветвям. Вывод общего уравнения передачи. Основы метода схемных определителей. Факторизация (свертка) алгебраических выражений. Основы метода схемных определителей. Факторизация (свертка) алгебраических выражений. Формирование оптимальных выражений схемных определителей пассивных цепей. Реакция цепи на произвольное воздействие. Анализ усилителя на одном транзисторе. Определение входного и выходного сопротивлений. Однокаскадные усилители с обратной связью. Обратная связь по току. Многокаскадные усилители низкой частоты. Каскодные усилители. Дифференциальные усилители.

*Основные понятия темы:* основные способы анализа цепей с помощью графов

*Практическое занятие*

*Форма занятия: решение типовых задач в компьютерном классе.*

Решение задач вида: Провести анализ электрических цепей построить резистивную схему замещения по постоянному воздействию



## **СРС**

Изучение учебной литературы [1], [2], [3], [4], [5]

Решение задач по темам

Подготовка к модульному контролю

## **5 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся**

В целом внеаудиторная самостоятельная работа студента при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- выполнение домашних заданий в форме творческих заданий, кейс-стадии, докладов;
- подготовка презентаций для иллюстрации докладов;
- выполнение контрольной работы, если предусмотрена учебным планом дисциплины;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине (экзамен).

Основная доля самостоятельной работы студентов приходится на проработку рекомендованной литературы с целью освоения теоретического курса, подготовку к практическим (семинарским) занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к семинарским занятиям предполагает умение работать с первичной информацией.

## **6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1 Структура фонда оценочных средств**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Топологические методы анализа в электротехнике» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образования
- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

### **6.2 Перечень вопросов к промежуточной аттестации.**

1. Определитель цепи.
2. Контурная схема замещения цепи.
3. Разложение определителя цепи на множители.
4. Топологический закон передачи общей линейной цепи.
5. Метод сигнальных графов.
6. Адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений.
7. Матрицы передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов.
8. Решение графа с помощью топологических операций.

9. Косвенные методы построения сигнального графа
10. Прямые методы построения сигнального графа.
11. Построение графа для функциональных узлов.
12. Построение графа для дискретных компонентов электронных.
13. Топологический закон передачи.
14. Метод схемных определителей.
15. Выбор системы линейно независимых переменных состояния.
16. Матричная запись системы уравнений переменных состояния в нормальной форме.
17. Способы получения выходных уравнений в матричном виде.
18. Определитель графа.
19. Методы составления математической модели цепи в пространстве состояний.
20. Разложение определителя по контурам.
21. Система дифференциальных уравнений для электрической цепи.
22. . Разложение определителя на множители.
23. Формирование оптимальных выражений схемных определителей пассивных цепей.
24. Линейные графы сигналов. Учет влияния петли.
25. Передача графа. Определение передачи графа с помощью путей и контуров.
26. Расщепление узла.
27. Контурные передачи узла.
28. Реакция электронной цепи на тестовые воздействия.
29. Анализ цепей с помощью графов. Четырехполюсники
30. Импульсная и переходная характеристики цепи.

## **7 Рекомендуемая литература**

### **7.1 Основная литература**

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник,-М.: Гардарики, 2003. - 317с.
2. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: учебник. - М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.

### **7.2 Дополнительная литература**

3. Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнениях и задачах: учеб. пособие: в 2 ч. – М.: Высшая школа, 1999
4. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: учебник. - М.: Высшая школа, 2001. - 327 с.
5. Чермошенцева А.А. Численные методы: Учебное пособие – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. – 110 с.

## **8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Библиотека «Либертариума»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.libertarium.ru/library/>
2. Электронно-библиотечная система «ЛАНЬ»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>

## **9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным (наиболее сложным) специфическим проблемам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации (экзамен и дифференцированный зачет).

Лекции посвящаются рассмотрению основным понятиям, наиболее важных теоретических вопросов. В ходе лекций студентам следует подготовить конспекты лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины; обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

Целью проведения практических занятий является закрепление знаний студентов, полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно. Во время практических занятий решаются задачи по рассматриваемым в курсе лекций темам, применяются основные понятия, теоремы, свойства. Студент должен научиться решать базовые задачи по каждой теме, а также применять полученные навыки для решения реальных прикладных задач

При изучении дисциплины используются интерактивные методы обучения, например, лекция-визуализация, предполагающая подачу материала с использованием технических средств обучения с краткими комментариями демонстрируемых материалов (презентаций).

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем**

### ***11.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса***

- электронные образовательные ресурсы;
- использование слайд-презентаций;
- интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством Интернет, используя социальные сети, специализированные программы (например, zoom), а также электронной почты;
- использование электронной информационно-образовательной среды.

### ***11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса***

При освоении дисциплины используется лицензионное ПО:

1. пакет Microsoft Office, в который входит:
  - a. текстовый редактор Microsoft Word;
  - b. электронные таблицы Microsoft Excel;
  - c. презентационный редактор Microsoft Power Point
2. Интернет-браузеры
3. Мессенджеры, в том числе приложения для использования электронной почты

## **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

На кафедре имеется 4 аудитории для проведения лекционных и практических занятий.