

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ

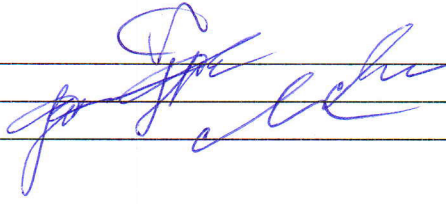
Матвеев А.С.
«29» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2017 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Теоретические основы электротехники 2.1			
Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа	Электроэнергетика и электротехника		
Специализация	Электроснабжение и автоматизация объектов нефтегазовой промышленности		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	2	семестр	4
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		32
	Практические занятия		48
	Лабораторные занятия		16
	ВСЕГО		96
	Самостоятельная работа, ч		120
	ИТОГО, ч		216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ
------------------------------	---------	------------------------------	-----

И.о. заведующего кафедрой –
руководителя ОЭЭ
Руководитель ООП
Преподаватель

	Ивашутенко А.С.
	Сайгаш А.С.
	Носов Г.В.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п.6 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ОПК(У)-3	Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	Р1, Р2, Р3, Р4	ОПК(У)-3.В7	Владеет опытом расчета установившихся режимов и переходных процессов линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока
			ОПК(У)-3.В8	Владеет опытом расчета электрических цепей с распределенными параметрами
			ОПК(У)-3.У7	Умеет применять методы расчета установившихся режимов и переходных процессов в линейных и нелинейных цепях постоянного и переменного тока
			ОПК(У)-3.У8	Умеет использовать методы расчета электрических цепей с распределенными параметрами
			ОПК(У)-3.У9	Умеет применять методы расчета электромагнитных полей при различных граничных условиях
			ОПК(У)-3.37	Знает основные понятия и законы теории линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока
			ОПК(У)-3.38	Знает основные понятия и законы электрических цепей с распределенными параметрами
			ОПК(У)-3.39	Знает основные понятия и законы теории электромагнитного поля и его частных видов

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД1	Применять знания электротехники для анализа режимов работы электрических устройств, объектов, систем, а также расчета установившихся и переходных процессов в линейных и нелинейных электрических цепях	ОПК(У)-3
РД2	Уметь планировать и проводить экспериментальные исследования, связанные с определением параметров и характеристик элементов электрических цепей	ОПК(У)-3
РД3	Интерпретировать расчетные и экспериментальные данные, делать выводы, составлять отчеты с использованием современных технических и компьютерных средств	ОПК(У)-3

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Переходные процессы в линейных электрических цепях	РД1, РД2, РД3	Лекции	10
		Практические занятия	16
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	30
Раздел 2. Установившийся и переходный режимы нелинейных цепей	РД1, РД2, РД3	Лекции	10
		Практические занятия	16
		Лабораторные занятия	6

		Самостоятельная работа	30
Раздел 3. Электрические цепи с распределенными параметрами (длинные линии)	РД1, РД2	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	30
Раздел 4. Электромагнитное поле	РД1, РД2, РД3	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	30

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1.

Переходные процессы в электрических цепях. Коммутация и скачкообразное изменение напряжений и токов. Законы коммутации. Условия возникновения переходных процессов. Линейные дифференциальные уравнения. Классический метод расчета переходных процессов. Принужденные и свободные составляющие напряжений и токов, корни характеристического уравнения, независимые и зависимые начальные условия. Особенности расчета переходных процессов в цепях первого порядка. Постоянная времени и длительность переходного процесса. Аperiodический, критический и колебательный режимы переходного процесса в цепях второго порядка. Угловая частота свободных колебаний. Обобщенные законы коммутации.

Операторный метод расчета переходных процессов в линейных цепях. Преобразования Лапласа, операторные изображения основных функций и теорема разложения для отыскания оригинала по известному операторному изображению функций. Операторные схемы замещения линейных элементов.

Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Комбинированный (операторно-классический) метод расчета переходных процессов. Переходные и импульсные характеристики пассивных линейных цепей. Единичная функция и единичный импульс. Расчет напряжений и токов при прямоугольных импульсах и при воздействии на цепь импульсов напряжения или тока произвольной формы.

Уравнения состояния в сложных цепях высокого порядка и численные расчеты с использованием ПК.

Темы лекций:

1. Классический метод расчета переходных процессов.
2. Классический метод расчета переходных процессов при гармонических напряжениях и токах.
3. Операторный метод расчета переходных процессов в линейных цепях.
4. Переходные и импульсные характеристики пассивных линейных цепей. Интеграл Дюамеля.
5. Метод переменных состояния.

Темы практических занятий:

1. Расчёт переходных процессов в линейных электрических цепях классическим методом.
2. Расчёт переходных процессов в линейных электрических цепях операторным методом.
3. Расчёт переходных процессов в линейных электрических цепях интегралом Дюамеля.
4. Расчёт переходных процессов в линейных электрических цепях методом переменных состояния.

Названия лабораторных работ:

1. Переходные процессы в простейших цепях.
2. Изучение обобщенных законов коммутации.
3. Исследование колебательного переходного процесса в цепи 2-го порядка.
4. Исследование аperiodического переходного процесса в цепи 2-го порядка.

Раздел 2. Установившийся и переходный режимы нелинейных цепей

Нелинейные резистивные элементы: двухполюсные и многополюсные, пассивные и активные, неуправляемые и управляемые, инерционные и безынерционные. Безынерционные

элементы как источники высших гармоник в электрических цепях. Симметричные и несимметричные, статические и динамические вольтамперные характеристики. Вольтамперные характеристики для действующих значений. Вольтамперные характеристики лампы накаливания, полупроводникового диода, транзистора, вакуумного триода, бареттера, термистора и других нелинейных резистивных элементов. Статическое и дифференциальное сопротивления. Расчет нелинейных резистивных цепей при постоянных и переменных напряжениях и токах методом эквивалентного генератора, графическим сложением характеристик, методами итераций и линеаризации.

Нелинейные индуктивные элементы. Веберамперные характеристики. Статическая и дифференциальная индуктивности. Магнитные цепи нелинейных индуктивных элементов. Напряженность и индукция магнитного поля, магнитный поток, потокосцепление, петля гистерезиса, основная кривая намагничивания. Кривая размагничивания постоянного магнита. Потери на гистерезис и вихревые токи. Шихтованные магнитопроводы. Расчет магнитных цепей нелинейных индуктивных элементов. Законы Кирхгофа для магнитной цепи. Неразветвленная и разветвленная магнитная цепь. Метод двух узлов в расчете разветвленных магнитных цепей. Расчет электрических цепей с линейными и нелинейными индуктивными элементами. Аппроксимация веберамперных характеристик. Нелинейный индуктивный элемент как безынерционный элемент – источник высших гармоник в электрической цепи.

Нелинейные емкостные элементы: вариконды и варикапы. Кулонвольтные характеристики и их аппроксимация. Статическая и дифференциальная емкости. Расчет электрических цепей с линейными и нелинейными емкостными элементами. Нелинейный емкостный элемент – источник высших гармоник в электрических цепях.

Метод эквивалентных синусоид как приближенный метод расчета установившегося режима в нелинейных цепях с резистивными, индуктивными и емкостными элементами. Резонансные явления в нелинейных цепях: феррорезонансы напряжений и токов. Стабилизаторы переменного напряжения.

Особенности переходных процессов в нелинейных электрических цепях. Приближенный расчет переходных процессов в нелинейных цепях методами условной линеаризации и последовательных интервалов. Численный расчет переходных процессов в нелинейных цепях на ЭВМ методом переменных состояния.

Темы лекций:

6. Нелинейные резистивные элементы.
7. Нелинейные индуктивные элементы.
8. Нелинейные емкостные элементы.
9. Метод эквивалентных синусоид.
10. Особенности переходных процессов в нелинейных электрических цепях.

Темы практических занятий:

1. Расчет нелинейных резистивных цепей при постоянных и переменных напряжениях и токах.
2. Расчет магнитных цепей.
3. Расчет нелинейных цепей методом эквивалентных синусоид.
4. Расчет переходных процессов в нелинейных электрических цепях.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование нелинейных цепей постоянного тока .
2. Исследование нелинейных цепей переменного тока .
3. Катушка с ферромагнитным сердечником в цепи источника гармонического напряжения.
4. Исследование цепей с электрическими вентилями.

Раздел 3. Электрические цепи с распределенными параметрами (длинные линии)

Примеры цепей с распределенными параметрами. Уравнения однородной линии в частных производных. Решение уравнений однородной линии при установившемся

синусоидальном режиме. Волновое сопротивление и постоянная распространения, коэффициенты затухания (ослабления) и фазы, фазовая скорость и длина волны. Распределение действующих значений напряжения и тока, а также мощности вдоль цепи с распределенными параметрами. Бегущие волны. Режимы цепей с распределенными параметрами. Линии без искажения и потерь. Режимы линий без потерь.

Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами. Решение уравнений однородной линии без потерь в переходном режиме. Падающая и отраженная волны. Коэффициент отражения. Расчет распределения напряжения и тока вдоль линии при переходном процессе.

Темы лекций:

11. Однородные линии при установившемся синусоидальном режиме.
12. Линии без искажения и потерь. Режимы линий без потерь.
13. Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами.

Темы практических занятий:

1. Расчет цепей с распределенными параметрами в установившемся режиме.
2. Расчет распределения напряжения и тока вдоль линии при переходном процессе

Раздел 4. Электромагнитное поле
--

Параметры и уравнения электромагнитного поля. Граничные условия в электромагнитном поле. Вектор Пойнтинга.

Электростатическое поле как частный вид электромагнитного поля. Закон Кулона. Напряженность и потенциал. Энергия и емкость. Теорема Гаусса в дифференциальной и интегральной форме, уравнения Лапласа и Пуассона. Граничные условия. Электростатическое поле заряженных осей. Графическое изображение картины электростатического поля. Задачи расчета электростатического поля в электроэнергетике. Методы расчета электростатических полей: наложения, зеркальных изображений, применение теоремы Гаусса, интегрирование уравнений Лапласа и Пуассона. Группы формул Максвелла, потенциальные и емкостные коэффициенты (коэффициенты электростатической индукции), частичные емкости. Емкости двухпроводной и трехпроводной линий с учетом влияния поверхности земли. Электростатическое поле двух параллельных разноименно заряженных цилиндров.

Уравнения электрического поля постоянного тока в проводящей среде. Параметры электрического поля - плотность тока, напряженность, потенциал. Граничные условия. Аналогия между электрическим полем в проводящей среде и электростатическим полем. Электрическое поле токов утечки через несовершенную изоляцию. Электрическое поле токов растекания в земле. Графическое изображение картины электрического поля постоянного тока в проводящей среде.

Магнитное поле как частный вид электромагнитного поля. Параметры и уравнения магнитного поля постоянного тока. Вихревое и потенциальное магнитное поле. Граничные условия. Скалярный и векторный потенциалы магнитного поля. Энергия магнитного поля. Графическое изображение картины магнитного поля. Методы расчета магнитных полей: применение закона полного тока в интегральной и дифференциальной формах, методы наложения и зеркальных изображений, интегрирование уравнения Пуассона для векторного магнитного потенциала, интегрирование уравнения Лапласа для скалярного магнитного потенциала. Расчеты магнитных потоков, индуктивностей и сил в магнитном поле. Магнитное поле и индуктивности двух- и трехпроводной линий. Магнитное поле и индуктивность коаксиального кабеля.

Темы лекций:

14. Параметры и уравнения электромагнитного поля. Граничные условия в электромагнитном поле. Вектор Пойнтинга.
15. Электростатическое поле как частный вид электромагнитного поля.
16. Магнитное поле как частный вид электромагнитного поля.

Темы практических занятий:

1. Расчет электростатических полей методом наложения, зеркальных изображений, применение теоремы Гаусса, интегрирование уравнений Лапласа и Пуассона.
2. Расчет магнитных полей с применением закона полного тока в интегральной и дифференциальной формах, методом наложения и зеркальных изображений, интегрирование уравнения Пуассона для векторного магнитного потенциала, интегрирование уравнения Лапласа для скалярного магнитного потенциала.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование электрического поля постоянного тока в проводящих листах.
2. Исследование взаимной индуктивности кольцевых катушек.
3. Исследование электростатического поля многопроводной линии.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Демирчян К. С. Теоретические основы электротехники учебник для вузов: / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин . — 5-е изд. . — СПб. : Питер , 2009 Т. 1 . — 2009. — 512 с.: ил.. — Алфавитный указатель: с. 507-512. — ISBN 978-5-388-00410-9.
2. Демирчян К. С . Теоретические основы электротехники учебник для вузов: / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин . — 5-е изд. . — СПб. : Питер , 2009 Т. 2 . — 2009. — 432 с.: ил.. — Алф. указ.: с. 427-431. — ISBN 978-5-388-00411-6.
3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле : учебник для бакалавров [Электронный ресурс] / Л. А. Бессонов. — 11-е изд.. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). — Москва: Юрайт, 2014. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Бакалавр. Базовый курс. —Бакалавр. Углубленный курс. —Электронные учебники издательства Юрайт. — Электронная копия печатного издания. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2399.pdf>

Дополнительная литература:

4. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник для бакалавров [Электронный ресурс] / Л. А. Бессонов. — 11-е изд.. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). — Москва: Юрайт, 2013. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Бакалавр. Базовый курс. —Бакалавр. Углубленный курс. — Электронные учебники издательства Юрайт. — Электронная копия печатного издания. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2400.pdf>
5. Носов Г. В. Теоретические основы электротехники [Электронный ресурс] учебное пособие: / Г. В. Носов, Е. О. Кулешова, В. А. Колчанова ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . — Томск : Изд-во ТПУ, 2011- Ч. 1. Установившийся режим в линейных цепях . — 1 компьютерный файл (pdf; 2.0 MB). — 2011. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m184.pdf>
6. Носов Г. В. Теоретические основы электротехники [Электронный ресурс] учебное пособие: / Е. О. Кулешова, Г. В. Носов, В. А. Колчанова ; Национальный

исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра электрических сетей и электротехники (ЭСиЭ) . — Томск : Изд-во ТПУ , 2013 — Ч. 2 . — 1 компьютерный файл (pdf; 2.4 MB). — 2014. — Заглавие с титульного экрана. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m322.pdf>

7. Потапов Л. А. Теоретические основы электротехники: краткий курс : учебное пособие / Л. А. Потапов. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 376 с. — ISBN 978-5-8114-2089-6. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76282> (дата обращения: 26.03.2020)

Купцов А. М. Теоретические основы электротехники. Решения типовых задач [Электронный ресурс] учебное пособие: / А. М. Купцов ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . — Томск : Изд-во ТПУ , 2011- Ч. 3: Основы теории электромагнитного поля . — 1 компьютерный файл (pdf; 3.8 MB). — 2011. — Заглавие с титульного экрана. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m304.pdf>

6.2. Информационное и программное обеспечение

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**): 7-Zip; AdAstra Trace Mode IDE 6 Base; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Design Science MathType 6.9 Lite; Document Foundation LibreOffice; DOSBox; Google Chrome; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Modus Модус демо-версия; Mozilla Firefox ESR; Notepad++; PTC Mathcad 15 Academic Floating; RastrWin3 Student; Top Systems T-FLEX CAD Education; TOR Coop Elcut Student; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 101	Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 140 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 2 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 316	Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест, Компьютер - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 317	Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест, Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория). 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 261	Лабораторная установка "Теория электромагнитного поля" - 10 шт.;Учебно-лабораторный комплекс"Теоретические основы электротехники" - 9 шт.; Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест;Шкаф для документов - 2 шт.;Стол лабораторный - 14 шт.; Компьютер - 1 шт
5.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 126	Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест; Компьютер - 20 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / Электроэнергетика / специализация «Электроснабжение» (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Доцент ОЭЭ		Носов Г.В.

Программа одобрена на заседании кафедры электроснабжения промышленных предприятий (протокол от «27» июня 2017г. №36).

И.о. заведующего кафедрой – руководителя отделения
на правах кафедры ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.

 /А.С. Ивашутенко/

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ ИШЭ (протокол)
2018/2019	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем	22.06.2018 г. № 7
2018/2019	1. Изменена система оценивания	27.08.2018 г. № 4/1