

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Парлюк Екатерина Петровна

Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 23.10.2023 14:43:54

Уникальный программный ключ:

7823a3d3181287ca51a86a4c69d33e1779345d45



**Лист актуализации рабочей программы дисциплины
Б1.В.ДВ.03.03 «ЛИНЕЙНАЯ И НЕЛИНЕЙНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**

для подготовки магистров

Направление: 13.04.02- Электроэнергетика и электротехника

Направленность: Электроснабжение

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2022

Курс 2

Семестр 3

В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 2023 г. начала подготовки.

Разработчик: Ляпин В.Г., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«07» 06 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры электроснабжения и электротехники им. академика И.А. Будзко протокол № 12 от «07» 06 2023 г.

И.о. заведующего кафедрой Стушкина Н.А., к.т.н., доцент

Лист актуализации принят на хранение:

И.о. заведующего выпускающей кафедрой

электроснабжения и электротехники Стушкина Н.А. к.т.н., доцент

«07» 06 2023 г.



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра «Электроснабжение и электротехника имени академика И.А. Будзко»



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики
и энергетики им. В.П. Горячкина
И.Ю. Игнаткин
2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.03.03 «ЛИНЕЙНАЯ И НЕЛИНЕЙНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»
для подготовки магистров
(академическая магистратура)

ФГОСВО

Направление: 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника
Направленность: Электроснабжение

Курс 2
Семестр 3

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2022

Регистрационный номер _____

Москва, 2022

Составитель Ляпин В.Г., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

ВЛ

Рецензент Андреев С.А., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

[Signature]

«1» 09 2022 г

(подпись)

«1» 09 2022 г

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры ЭСиЭТ им. акад. И.А. Будзко протокол № 2 от «1» 09 2022 г.

И.О. заведующего кафедрой Стушкина Н.А., к.т.н., доцент

[Signature]

«1» 09 2022 г

Согласовано:

1 / Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор

[Signature]

Протокол № 2 «15» 09 2022 г.

И.О. заведующего выпускающей кафедрой электроснабжения и электротехники им. академика И.А. Будзко Стушкина Н.А., к.т.н., доцент

[Signature]

«1» 09 2022 г.

1 / Заведующий отделом комплектования ЦНБ

[Signature]

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	6
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ/ ПО СЕМЕСТРАМ....	6
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
4.3 ЛЕКЦИИ /ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	8
4.4 САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ	9
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	9
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	10
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности	10
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	12
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	13
7.1 Основная литература	13
7.2 Дополнительная литература	13
7.3 Нормативные правовые акты.....	13
7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	13
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	14
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	14
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	15
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	15
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	16

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.03.03 «Линейная и нелинейная электротехника» для подготовки магистра по направлению подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленности Электроснабжение

Цель освоения дисциплины: Целью освоения дисциплины «Линейная и нелинейная электротехника» является изучение магистрантами методов анализа электрических и магнитных цепей как математических моделей электротехнических объектов. Дисциплина является профилирующей для студентов энергетических специальностей, способствует развитию у студентов логического и абстрактного мышления с практической реализацией ее содержания, развитию способности:

- к самоорганизации и самообразованию;
- применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования;
- готовность к участию в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;
- обучения принципам и методам разработки, создания, распространения и использования цифровых технологий в электроэнергетике; получение базовых знаний о современных цифровых технологиях, используемых в профессиональной деятельности и практические навыки их использования.

Место дисциплины в учебном плане: Дисциплина «Линейная и нелинейная электротехника» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, учебного плана по направлению подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенций): ПКос-1 (ПКос-1.1) — способность рассчитывать и проектировать электротехническое оборудование, в котором используются традиционные, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии; ПКос-3 (ПКос-3.1) — способность выполнять работы по повышению эффективности и надежности электротехнического оборудования.

Краткое содержание дисциплины: Линейные электрические цепи синусоидального тока. Анализ типовых фрагментов цепей синусоидального тока на основе компьютерных технологий. Режимы работы трехфазных цепей. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных двухполюсников и четырехполюсников. Переходные процессы в электрических цепях второго порядка. Применение цифровых технологий при расчете электрических цепей.

Общая трудоемкость дисциплины: 2 зач. единицы (72 часа/в т.ч. 4 часа практическая подготовка).

Промежуточный контроль: 3-й семестр: зачет с оценкой

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Линейная и нелинейная электротехника» является: изучение студентами методов анализа электрических цепей как математических моделей электротехнических объектов; исследование электромагнитных процессов, протекающих в современных электротехнических установках; освоение современных методов моделирования электромагнитных процессов с использованием компьютерных технологий. Дисциплина «Линейная и нелинейная электротехника» является в своей основе теоретической и способствует развитию у студентов логического и абстрактного мышления с практической реализацией ее содержания.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- основные законы электрических цепей;
- методы анализа и расчета линейных и нелинейных электрических цепей в установившихся и переходных режимах;
- методы моделирования электромагнитных процессов с помощью ЭВМ;
- компьютерные программы для расчета электрических цепей.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Линейная и нелинейная электротехника» включена в обязательный перечень ФГОС ВО в цикл Б1.В. Реализация в дисциплине требований ФГОС ВО, ОПОП ВО и учебного плана по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

Дисциплина непосредственно базируется на таких предшествующих курсах бакалавриата, как математика (2 курс 3 семестр, физика (2 курс, 3 семестр), информационные технологии (3 курс, 4 семестр), компьютерное проектирование AUTOCAD (2 курс, 3 семестр), теоретические основы электротехники (2 курс, 3 семестр), электрические измерения (2 курс, 4 семестр), опираясь на следующие разделы перечисленных дисциплин: «Дифференциальное и интегральное исчисление», «Решение линейных и нелинейных дифференциальных уравнений», «Векторный анализ», «Теория функций комплексного переменного», «Комплексный метод расчета как метод алгебраизации дифференциальных уравнений». Дисциплина знакомит магистрантов с методами исследования электрических цепей как математических моделей реальных электротехнических и электронных устройств. Знание этих вопросов необходимо всем специалистам по направлению «Электроэнергетика и электротехника».

Рабочая программа дисциплины «Линейная и нелинейная электротехника» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п.п.	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикатор достижения компетенции и его содержание	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-1	Способность рассчитывать и проектировать электротехническое оборудование, в котором используются традиционные, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии	ПКос-1.1 - Демонстрирует знания основных технических средств и методов математического моделирования электротехнического оборудования	Основные законы и методы анализа электрических и магнитных цепей, основные цифровые инструменты при решении профессиональных задач (Mathcad, Matlab, Maple, Mathtematica, MS Office: Word, Excel и др.)	Самостоятельно применять методы расчета электрических и магнитных цепей в стационарном и переходном режиме; применять соответствующий физико-математический аппарат для анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с использованием специализированных инженерных расчетных программ	Методами оценки состояния электрооборудования и технических средств автоматизированных систем управления технологическими процессами; способностью систематизировать, анализировать и представлять результаты инженерных расчетов с использованием современных цифровых технологий (Excel, PowerPoint, Zoom, Miro и др.)
2.	ПКос-3	Способность выполнять работы по повышению эффективности и надежности электротехнического оборудования	ПКос-3.1 - Демонстрирует знания режимов работы основного электротехнического оборудования	Основные методы моделирования энергетических процессов электрических цепях в стационарном и переходном режимах	Применять методы расчета электрических цепей при проектировании технологического оборудования с использованием компьютерных технологий	Навыками использования стандартных средств автоматизации проектирования энергетических сельскохозяйственных установок и средств автоматизации

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ/по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часа), их распределение по видам работ в семестре №3 представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоемкость, час.	
	Всего	семестр 3
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	72/4	72/4
Аудиторная работа:	72/4	72/4
лекции (Л)	14	14
практические занятия (ПЗ)	30/4	30/4
лабораторные работы (ЛР)		
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35	0,35
Самостоятельная работа (СРС)	27,65	27,65
Расчетно-графическая работа (РГР) (подготовка)	10	10
самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям)	8,65	8,65
Подготовка к зачёту с оценкой	9	9
Вид контроля		Зачет с оценкой

4.2. Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Раздел 1. Линейные электрические цепи синусоидального тока. Тема 1. Анализ типовых фрагментов цепей синусоидального тока на основе компьютерных технологий. Тема 2. Режимы работы трехфазных цепей.	16	4	10			2
Раздел 2. Двухполюсники и четырехполюсники. Тема 1. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных двухполюсников. Тема 2. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных четырехполюсников и расчет их характеристик.	17/2	4	10/2			3
Раздел 3. Расчет переходных процессов в трехфазных цепях. Тема 1. Классический метод расчета переходных процессов в трехфазных цепях. Тема 2. Операторный метод расчета переходных процессов в трехфазных цепях.	19,65/2	6	10/2			3,65
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)					0,35	
Расчетно-графическая работа (подготовка)	10					10
Зачет с оценкой	9					9
Итого по дисциплине	72/4	14	30/4		0,35	27,65

Раздел 1. Линейные электрические цепи синусоидального тока.

Тема 1. Анализ типовых фрагментов цепей синусоидального тока на основе компьютерных технологий. Применение цифровых технологий при расчете электрических цепей.

Мгновенное и действующее значение синусоидальных токов и напряжений. Векторное представление синусоидальных функций времени, векторные диаграммы. Представление синусоидальных токов и напряжений комплексными числами. Основные элементы цепи синусоидального тока и их характеристики. Анализ сложных цепей синусоидального тока на основе компьютерных технологий. Компенсация реактивной мощности. Компьютерные программы для расчета электрических цепей.

Тема 2. Режимы работы трехфазных цепей.

Типовые режимы работы трехфазных цепей. Аварийные режимы работы трехфазных цепей: обрыв нейтрального провода, короткие замыкания на землю, межфазные короткие замыкания, обрыв линейного провода в схеме «треугольник». Расчет трехфазных цепей в аварийных режимах.

Раздел 2. Двухполюсники и четырехполюсники.

Тема 1. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных двухполюсников.

Виды эквивалентных схем замещения пассивных двухполюсников. Моделирование процесса экспериментального определения параметров эквивалентных схем замещения пассивных двухполюсников.

Тема 2. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных четырехполюсников и расчет их характеристик.

Уравнения и коэффициенты пассивных четырехполюсников в различных режимах их работы. Моделирование режимов работы и определение коэффициентов четырехполюсников. Определение характеристических сопротивлений передаточных функций четырехполюсников. Схемы замещения четырехполюсников и их параметры.

Раздел 3. Переходные процессы в электрических цепях второго порядка.

Тема 1. Классический метод расчета переходных процессов в трехфазных цепях.

Причины возникновения переходных процессов в трехфазных цепях. Расчет и анализ характера переходных процессов при обрыве нейтрального провода. Расчет и анализ характера переходных процессов при переключении нагрузки со «звезды» на «треугольник». Расчет и анализ характера переходных процессов при обрыве линейного провода при соединении нагрузки «треугольником».

Тема 2. Операторный метод расчета переходных процессов в трехфазных цепях.

Прямое и обратное преобразование Лапласа. Операторные схемы элементов цепей. Теорема разложения. Расчет свободных составляющих переходных параметров в трехфазных цепях.

4.3. Лекции и лабораторные/практические занятия¹

Таблица 4

Содержание лекций, лабораторных/практических занятий и контрольных мероприятий

№ п.п.	№ раздела	№ и название лекций/лабораторных занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенций)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов	
1	Раздел 1. Линейные электрические цепи синусоидального тока					14
	Тема 1. Анализ типовых фрагментов цепей синусоидального тока на основе компьютерных технологий. Применение цифровых технологий при расчете электрических цепей	Лекция №1. Анализ типовых фрагментов цепей синусоидального тока на основе компьютерных технологий. Применение цифровых технологий при расчете электрических цепей	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Дискуссия.	2	
		Лабораторная/практическая работа №1. Исследование характеристик активно-реактивных цепей синусоидального тока	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита отчета по лаб. раб. №1	5	
	Тема 2. Режимы работы трехфазных цепей.	Лекция №2. Режимы работы трехфазных цепей.	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Дискуссия.	2	
		Лабораторная/практическая работа №2. Компенсация реактивной мощности	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита отчета по лаб. раб. №2	5	
2	Раздел 2. Двухполосники и четырехполосники					14/2
	Тема 1. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных двухполосников	Лекция №3. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных двухполосников	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Дискуссия.	2	
		Лабораторная/практическая работа №3. Исследование пассивных двухполосников (применение программ EWB, MS Word, MS Excel)	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита отчета по лаб. раб. №3	5/2	
	Тема 2. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных четырехполосников и расчет их характеристик	Лекция №4. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных четырехполосников и расчет их характеристик	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Дискуссия.	2	
		Лабораторная/практическая работа №4. Исследование пассивных четырехполосников	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита отчета по лаб. раб. №4	5	
3	Раздел 3. Расчет переходных процессов в цепях второго порядка					16/2
	Тема 1. Классический метод расчета переходных процессов в трехфазных цепях.	Лекция №5. Классический метод расчета переходных процессов в трехфазных цепях.	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Дискуссия.	3	
		Лабораторная/практическая работа №5. Исследование переходных процессов в трехфазных цепях при обрыве нейтрального провода (применение программ EWB, MS Word, MS Excel)	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита отчета по лаб. раб. №5	4/2	
		Лабораторная/практическая работа №6. Исследование переходных процессов в трехфазных цепях при переключении нагрузки со «звезды» на «треугольник».	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита отчета по лаб. раб. №6	4	
	Тема 2. Операторный метод расчета переходных процессов в трехфазных цепях.	Лекция №6. Операторный метод расчета переходных процессов в трехфазных цепях.	ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Дискуссия.	3	
Лабораторная/практическая работа №7. Исследование переходных процессов в трехфазных цепях при обрыве линейного провода.		ПКос-1 (ПКос-1.1); ПКос-3 (ПКос-3.1)	Защита отчета по лаб. раб. №6	2		

4.4. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№п.п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
1	Раздел 1. Линейные электрические цепи синусоидального тока	
	Тема 1. Анализ типовых фрагментов цепей синусоидального тока на основе компьютерных технологий. Применение цифровых технологий при расчете электрических цепей	Частотные и фазовые характеристики цепей. Частотная избирательность цепей. Передаточные функции. Электрические фильтры. Изучить компьютерные программы для расчета электрических цепей (ПКОС-1 (ПКОС-1.1); ПКОС-3 (ПКОС-3.1))
	Тема 2. Режимы работы трехфазных цепей.	Расчет трехфазных цепей в аварийных режимах. (ПКОС-1 (ПКОС-1.1); ПКОС-3 (ПКОС-3.1))
2	Раздел 2. Двухполюсники и четырехполюсники	
	Тема 1. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных двухполюсников	Частотные и фазовые характеристики двухполюсников. (ПКОС-1 (ПКОС-1.1); ПКОС-3 (ПКОС-3.1))
	Тема 2. Разработка эквивалентных схем замещения пассивных четырехполюсников и расчет их характеристик	Передаточные функции и характеристические сопротивления пассивных четырехполюсников. (ПКОС-1 (ПКОС-1.1); ПКОС-3 (ПКОС-3.1))
3	Раздел 3. Расчет переходных процессов в цепях второго порядка	
	Тема 1. Классический метод расчета переходных процессов в трехфазных цепях.	Определение начальных условий при расчете переходных процессов в симметричных трехфазных цепях в аварийных режимах. (ПКОС-1 (ПКОС-1.1); ПКОС-3 (ПКОС-3.1))
	Тема 2. Операторный метод расчета переходных процессов в трехфазных цепях	Операторные схемы трехфазных цепей при расчете свободных составляющих переходных параметров. (ПКОС-1 (ПКОС-1.1); ПКОС-3 (ПКОС-3.1))

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Линейная и нелинейная электротехника» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются элементы инновационных технологий.

Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения магистрантами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) и инновационным технологиям:

- основные формы теоретического обучения: консультации, зачет с оценкой;
- основные формы практического обучения: практические занятия, лабораторные работы;
- дополнительные формы организации обучения: расчетно-графическая работа, тестирование знаний и самостоятельные работы магистрантов.

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средств обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям. Соотнесенность тем в структуре содержания дисциплины, применяемых для их изучения технологий и соответствующих им форм и методов (и средств) обучения представлены ниже в таблице 6.

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме – дискуссии, решение типовых задач, совместная работа магистрантов в группе при проведении практических занятий и выполнения лабораторных работ. Например, первый час каждого занятия – в форме объяснения преподавателем решения типовых задач. После этого следует выдавать индивидуальные задания. Второй час каждого занятия проводится в интерактивной форме. Для этого предложить магистрантам выполнить решение типовых задач или ответить на вопросы дискуссии. Преподаватель оценивает выполнение и проводит анализ результатов.

Таблица 6

№ п.п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Современный пульт диспетчерского управления	ПЗ
2.	Подстанция 220/10 кВ	ПЗ

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

При изучении разделов дисциплины «Линейная и нелинейная электротехника» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий;
- промежуточный.

Текущий контроль знаний предполагает посещение лекций и лабораторных занятий, проведение дискуссий, защита расчетно-графической работы, защита лабораторных работ.

Промежуточный контроль знаний: зачет с оценкой.

В учебном процессе применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости магистрантов. Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Знания оцениваются по четырех бальной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Для допуска к дифференцированному зачету по курсу необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение практических занятий, выполнение и защиту лабораторных работ, выполнение и защиту расчетно-графической работы.

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

1. При изучении дисциплины «Линейная и нелинейная электротехника» предусмотрена расчетно-графическая работа (РГР).

РГР выполняется магистрантом во внеурочное время с использованием любых информационных материалов. РГР носит расчетный характер и оформляется в текстовом редакторе Word.

Примерная тематика РГР: «Расчет переходных процессов в цепях второго порядка».

Вариант 1. «Расчет переходных процессов в трехфазной цепи при переключении нагрузки со «звезды» на «треугольник».

Вариант 2. «Расчет переходных процессов в трехфазной цепи при обрыве нейтрального провода».

Вариант 3. «Расчет переходных процессов в разветвленных цепях синусоидального тока второго порядка».

2. Пример дискуссии для текущего контроля знаний обучающихся:

Темы дискуссий по разделу 1. Линейные электрические цепи синусоидального тока.

Вопросы дискуссии по теме 1. «Анализ типовых фрагментов цепей синусоидального тока на основе компьютерных технологий».

1. Мгновенные и действующие значения синусоидальных токов и напряжений и их параметры. Угол φ , коэффициент мощности цепи.

2. Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока как метод алгеброизации дифференциальных уравнений.

3. Частотные и фазовые характеристики типовых фрагментов цепей синусоидального тока и их практическое применение в электронных устройствах.

3. Пример заданий и вопросов при защите лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся.

Лабораторные работы по разделу. **Линейные электрические цепи синусоидального тока.**

Лабораторная работа №1. «Исследование характеристик активно-реактивных цепей синусоидального тока».

1. Исследовать частотную зависимость типовых активно-реактивных цепей.
2. Экспериментально определить углы сдвига фаз активно-реактивных цепей.
3. Сравнить экспериментальные данные с результатами расчетов.

На защите лабораторной работы магистрант должен предъявить преподавателю отчет по лабораторной работе, содержащий:

1. Фамилию, имя, отчество магистранта и номер его группы.

2. Название лабораторной работы, схему измерений.
3. Результаты исследования в виде таблиц, графиков, векторных диаграмм.

Выводы по полученным результатам

Задания и контрольные вопросы при защите лабораторной работы.

1. Что характеризует угол φ ?
2. Перечислите основные виды активно-реактивных цепей.
3. Что называется входной частотной функцией активно-реактивных цепей?
4. Что называется передаточной частотной функцией активно-реактивных цепей?
5. При каких условиях активно-реактивная цепь является интегрирующей цепью?
6. При каких условиях активно-реактивная цепь является дифференцирующей цепью?
7. В схеме последовательного колебательного контура $u = 100\sin 314t$,

$I = 2\sin 314t$, $R = X_L = 100$ Ом. Определить емкость конденсатора.

8. Определить действующее напряжение источника в схеме последовательного колебательного контура при $U_R = 100$ В, $U_L = 200$ В, $U_C = 80$ В.

9. В схеме параллельного колебательного контура $\underline{U} = j100$ В, $I_R = 10$ А, $I_L = 20$ А, $I_C = 40$ А. Построить векторную диаграмму цепи.

10. Что покажет ваттметр на входе схемы параллельного колебательного контура при $R_2 = 100$ Ом и $I_2 = I_3 = I_4 = 1$ А?

11. Установите соотношение между мощностями в цепи с последовательным соединением элементов R - L - C в момент резонанса.

4. Примерный перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию

Вопросы к зачету с оценкой

1. Законы Кирхгофа и их применение для расчета электрических цепей (на примере разветвленной цепи синусоидального тока)
2. Метод эквивалентных преобразований и его применение для расчета электрических цепей синусоидального тока: преобразование пассивных и активных элементов.
3. Мощности в цепи синусоидального тока. Мгновенная и активная мощность. Треугольники проводимостей и мощностей.
4. Уравнение второго закона Кирхгофа в дифференциальной и комплексной формах. Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока (на примере разветвленной цепи синусоидального тока). Векторные и топографические диаграммы.
5. Передаточные функции частотно зависимых цепей.
6. Добротность частотно зависимых цепей.
7. Избирательность частотно зависимых цепей.
8. Фильтры и их применение. Виды фильтров по назначению и по конструкции.
9. Виды схем трехфазных цепей.
10. Расчет симметричной и несимметричной четырех проводной трехфазной цепи без нагрузки в нейтральном проводе. Векторная диаграмма цепи.
11. Расчет трёхфазной цепи с несимметричной нагрузкой, соединённой звездой без нейтрального провода. Векторная диаграмма цепи.
12. Расчет трёхфазной цепи с симметричной и несимметричной нагрузкой, соединённой треугольником. Векторная диаграмма цепи.
13. Расчет трёхфазной цепи с несимметричной нагрузкой, соединённой звездой с нагрузкой в нейтральном проводе.
14. Аварийные режимы работы трехфазных цепей.
15. Экспериментальное определение параметров элементов схем замещения двухполюсников.
16. Четырехполюсники. Уравнения и коэффициенты четырехполюсника.
17. Экспериментальное определение коэффициентов четырехполюсника.
18. Эквивалентная T-образная и П-образная схема замещения четырехполюсника.
19. Передаточные функции пассивных четырехполюсников.

20. Характеристические сопротивления пассивных четырехполюсников.
21. Переходные процессы в неразветвленной цепи второго порядка (включение цепи R, L, C на постоянное напряжение).
22. Переходные процессы в разветвленной цепи 2-го порядка.
23. Операторный метод расчета переходных процессов: прямое и обратное преобразование Лапласа.
24. Операторный метод расчета переходных процессов: операторные схемы элементов цепей.
25. Операторный метод расчета переходных процессов: теорема разложения и ее

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для допуска к зачету с оценкой по дисциплине «Линейная и нелинейная электротехника» необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение практических занятий, лабораторных работ, выполнение и защиту РГР.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов. Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Знания оцениваются по четырех бальной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 8

Критерии оценивания результатов обучения (зачет с оценкой)

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « отлично » заслуживает магистрант, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно. Магистрант, выполнивший и защитивший расчетно-графическую работу на высоком качественном уровне; не затрудняется с ответом при видоизменении задания; справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими видами применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « хорошо » заслуживает магистрант, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Магистрант, выполнивший и защитивший РГР; усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; обладающий основными профессиональными компетенциями; в основном сформировал практические навыки
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « удовлетворительно » заслуживает магистрант, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; выполнивший и защитивший расчетно-графическую работу; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Магистрант допускает неточности в ответе, недостаточно правильно формулирует, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « неудовлетворительно » заслуживает магистрант, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа экзаменационных вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий. Магистрант, выполнивший и защитивший РГР; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Бакалов, В.П. Основы анализа цепей: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений, обучающихся по напр. подготовки 210700 "Инфокоммуникационные техн. и системы связи"/В.П. Бакалов, О.Б. Журавлева, Б.И. Крук. 2-е изд., стер. - М.: Горячая линия-Телеком, 2014. - 592 с.
2. Ляпин, В.Г. Электротехника и электроника. Элементы, схемы, системы: учебное пособие/В.Г. Ляпин, Г.С. Зиновьев, А.В. Соболев. – М.: ООО «Реарт», 2018. – 183 с. Режим доступа: <http://elibr.timacad.ru/dl/local/d9391.pdf> (дата обращения 19.12.2019).
3. Соболев, А.В. Теоретические основы электротехники. Электронный ресурс кафедры «Электроснабжения и электротехники» РГАУ/А.В. Соболев, А.А. Меренков, В.И. Загинайлов. - М, 2017.

7.2. Дополнительная литература

1. Теоретические основы электротехники. Сборник задач: учебное пособие для бакалавров/ Л.А. Бессонов [и др.]; под редакцией Л.А. Бессонова. - 5-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2022. - 527 с. Текст: электронный//ЭБС Юрайт [сайт]. – URL:<https://urait.ru/bcode/426249> (дата обращения: 19.12.2019).
2. Арсеньев, Г.Н. Основы теории цепей: учебн. пособие/Г.Н.Арсеньев, В.Н.Бондаренко, И.А.Чепурнов; под ред. Г.Н.Арсеньева. - М.: ФОРУМ, 2015.- 448 с.
3. Горбунов, А.Н. Теоретические основы электротехники: учебник для вузов/А.Н.Горбунов, И.Д.Кабанов, А.В. Кравцов. И.А. Редько.2-е изд., перераб. и доп. - М.: УМЦ "Триада", 2005. – 304с.
4. Соболев, А.В. Основы теории электрических цепей. Практикум/А.В. Соболев, В.И. Загинайлов, В.Г. Ляпин; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. - Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2020. - 76 с. Текст: электронный. Режим доступа: <https://doi.org/10.34677/2019.039>
5. Ляпин, В.Г. Электротехника и электроника. Рабочая тетрадь в 3-х частях. Часть 1. Электротехника/В.Г. Ляпин, А.В. Соболев, А.А. Игудин; Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К.А. Тимирязева. - Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2020. - 105 с. Текст: электронный. Режим доступа: <http://elibr.timacad.ru/dl/local/s05112020-1.pdf>.
Лабораторные/практические работы выполняются в соответствии с рабочей тетрадью.

7.3. Нормативные правовые акты

1. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила выполнения электрических схем.
2. ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
3. ГОСТ 2.728-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.
4. ГОСТ 2.723-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.
5. ГОСТ 2.725-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие.
6. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р. 2. ГОСТ 32144 2013.

7.4. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Линейная и нелинейная электротехника» являются лабораторные и практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. По курсу предусмотрено выполнение расчетно-графической работы. Лабораторные и практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://www.shat.ru> (Электронные учебные материалы по электротехнике, МАНиГ).
2. http://window.edu.ru/window/library?p_rid=24979 (Электротехника и электроника. Трехфазные электрические цепи: учебное пособие).
3. <http://www.cnsnb.ru> . Электронный каталог центральной научной сельскохозяйственной библиотеке (ГНЦНСХБ Россельхозакадемии).
4. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в формате. pdf для бесплатного перекачивания).
5. <http://opdo.timacad.ru/> Образовательный портал РГАУ МСХА им. К.А Тимирязева. Электронный ресурс кафедры «Электроснабжения и электротехники». Теоретические основы электротехники (открытый доступ).
6. <https://cyberleninka.ru> научная электронная библиотека «КиберЛенинка»
7. Математическая программа с графическим редактором SMath Studio <https://ru.smath.com/>

9. Перечень программного обеспечения

Таблица 9

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Авторы	Год разработки
1	Раздел 1. Линейные электрические цепи синусоидального тока	MS Word MS Power Point MS Excel Zoom Microsoft Teams Mirapolis Virtual Room Miro Jamboard	Оформительская Презентация Расчетная Программный продукт для математических расчетов Виртуальная доска	Microsoft Miro Google	2010
2	Раздел 2. Двухполюсники и четырехполюсники	MS Word MS Power Point MS Excel Zoom Microsoft Teams Mirapolis Virtual Room Miro Jamboard	Оформительская Презентация Расчетная Программный продукт для математических расчетов Виртуальная доска	Microsoft Miro Google	2010
3	Раздел 3. Переходные процессы в трехфазных цепях	MS Word MS Power Point MS Excel Zoom Microsoft Teams Mirapolis Virtual Room Miro Jamboard	Оформительская Презентация Расчетная Программный продукт для математических расчетов Виртуальная доска	Microsoft Miro Google	2010

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
24 корпус, аудитория №103 учебная аудитория для проведения: занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы	1. Парты 26 шт. 2. Стулья 52 шт. 3. Доска меловая 2 шт. 4. Экран (Инв. № 410138000002640) 5. Проектор (Инв. № 410138000002634)
24 корпус, аудитория №106 учебная лаборатория для проведения занятий семинарского, лабораторно-практического типа, компьютерный класс с интерактивной доской	Инв. № 410124000602952 на весь компьютерный класс 1. Интерактивная доска 1 шт. 2. Системный блок 16 шт. 3. Монитор – 16 шт. 4. Парты – 18 шт. 5. Стулья – 32 шт. 6. Лабораторный стенд «Теория электрических цепей» (Инв. № 410124000603063) 7. Доска меловая – 1 шт.

**Для самостоятельной работы магистрантов используются ресурсы центральной научной библиотеки имени Н.И. Железнова, включающие 9 читательских залов, организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет-доступом, в т.ч. 5 компьютеризованных читальных залов, а также для самоподготовки в общежитиях №5 и №4.

11. Методические рекомендации магистрантам по освоению дисциплины

Учебный курс «Линейная и нелинейная электротехника» является основополагающим для магистрантов, обучающихся по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение. В этом курсе магистрант получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при расчете и анализе электрических цепей переменного тока. Полученные знания необходимы магистранту для успешной работы на производстве по выбранному направлению.

Методические рекомендации для успешного освоения магистрантом дисциплины «Линейная и нелинейная электротехника» сводятся к следующему:

- активно изучать теоретический материал, излагаемый на лекциях. Самостоятельно производить расчеты при обработке экспериментальных данных и осуществлять их графическую интерпретацию с использованием интерактивных программных сред;
- на практических занятиях обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты;
- регулярно посещать тематические выставки, например, международный форум «Электрические сети», «Золотая осень» и др.

Самостоятельная работа магистрантов предполагает подготовку к самостоятельным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение домашних контрольных работ, выполнение РГР. При самостоятельной работе следует рекомендовать магистрантам использовать электронные учебные пособия. Расчетно-графическую работу рекомендуется выполнять последовательно и систематически в соответствии с этапами расчета переходных процессов. При возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Магистрант, пропустивший практическое занятие, обязан получить у преподавателя индивидуальное задание, выполнить его в виде контрольной задачи и сдать.

Магистрант, пропустивший лабораторную работу, обязан ее отработать.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Формы организации учебного процесса по дисциплине «Линейная и нелинейная электротехника» включает проведение практических и лабораторных занятий, консультации, самостоятельная работа магистрантов. Преподавание дисциплины «Линейная и нелинейная электротехника» требует особых методических подходов вследствие специфики общей подготовки магистрантов.

Практические занятия являются одним из важнейших видов учебных занятий с магистрантами. Они должны сконцентрировать внимание магистрантов на наиболее сложных и узловых вопросах и быть ориентированы на последующее применение излагаемого материала при выполнении лабораторных работ. Поскольку объем практических занятий ограничен, то рассматриваемый на них материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируется плакатами и другими техническими средствами обучения. При этом следует обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Обращается внимание магистрантов на те вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной литературе. В заключении занятия преподаватель должен подвести итог и сформулировать задачи на исследования в процессе лабораторных работ. Еще раз обратить внимание на тот объем материала, который подлежит самостоятельному изучению.

Самостоятельная работа магистрантов включает проработку проведения расчетов, подготовку к лабораторным работам, выполнение РГР, изучение дополнительной литературы, подготовку к сообщению на практических занятиях и конференциях.

Изучение курса сопровождается постоянным контролем самостоятельной работы магистрантов, разбором и обсуждением выполненных домашних заданий, с последующей корректировкой принятых ошибочных решений. Контроль выполнения индивидуальных домашних заданий осуществляет ведущий дисциплину преподаватель.

Преподавание дисциплины основано на максимальном использовании активных форм обучения и самостоятельной работы магистрантов. Под руководством преподавателя магистранты должны самостоятельно осуществлять поиск необходимой информации и принимать обоснованные решения по конкретным ситуациям.

Программу разработал:

Ляпин В.Г., к.т.н., доцент

(подпись)