

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт архитектуры, строительства и энергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института


С.Н. Авдеев
« 30 » 08 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСТРОЙСТВАХ И СИСТЕМАХ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

направление подготовки / специальность

13.04.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Оптимизация электроэнергетических сетей

(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины. Формирование готовности генерировать и использовать новые идеи, способности находить творческие решения профессиональных задач, готовности принимать нестандартные решения; формирование готовности решать инженерно-технические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения, способности применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности, готовности использовать прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора устройств электротехнического и электроэнергетического оборудования, готовности решать инженерно-технические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения.

Задачи: 1) изучить основные методы математического моделирования электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики; 2) научиться применять математические программные пакеты для решения расчётных прикладных задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 «Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики» относится к элективным дисциплинам базовой части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана магистратуры по профилю «Оптимизация электроэнергетических сетей».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1. Способен выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового, теоретического и экспериментального характера для нужд электроэнергетической области	ПК-1.1. Способен выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового характера для нужд электроэнергетической области. ПК-1.2. Способен теоретически и экспериментально исследовать процессы, происходящие в объектах электроэнергетики. ПК-1.3. Способен теоретически и экспериментально исследовать свойства технических объектов в электроэнергетике.	Знать: методы математического моделирования электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики для выполнения фундаментальных и прикладных работ; Уметь: выполнять фундаментальные и прикладные работы для нужд электроэнергетической области; Владеть: методами теоретического и вычислительно-экспериментального исследования процессы, происходящие в объектах электроэнергетики.	Перечень рейтинговых контрольных и зачётных вопросов и задач.
ПК-2. Способен решать задачи аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуаль-	ПК-2.1. Способен к аналитическому обобщению научно-технической информации. ПК-2.2. Способен составлять математические модели объектов электроэнергетики. ПК-2.3. Способен осу-	Знать: способы составления математических моделей объектов электроэнергетики; Уметь: аналитически обобщать научно-техническую информацию на основе математических моделей; Владеть: инструментами выбора способов решения задач из суще-	Перечень рейтинговых контрольных и зачётных вопросов и задач.

ных способов решения задач	ществлять выбор способов решения задач из существующего многообразия.	ствующего многообразия.	
ПК-3. Способен разрабатывать планы и методические программы проведения исследований и разработок	ПК-3.1. Способен разрабатывать планы проведения исследований и разработок. ПК-3.2. Способен конкретизировать планы проведения исследований и разработок путём составления методических материалов и программ.	Знать: методы математического моделирования для разработки планов проведения исследований; Уметь: конкретизировать планы проведения исследований и разработок путём составления методических материалов и программ; Владеть: способами разработки планов проведения исследований и разработок на основе математических моделей.	Перечень рейтинговых контрольных и зачётных вопросов и задач.
ПК-5. Способен выполнять сбор и анализ данных для проектирования объектов профессиональной деятельности, а также составлять конкурентоспособные варианты технических решений	ПК-5.1. Способен выполнять сбор и анализ данных для проектирования объектов профессиональной деятельности. ПК-5.2. Способен составлять и отбирать конкурентоспособные варианты технических решений при проектировании объектов профессиональной деятельности.	Знать: технологию сбора и анализа данных для проектирования объектов профессиональной деятельности на основе математических моделей; Уметь: составлять и отбирать конкурентоспособные варианты технических решений при проектировании объектов профессиональной деятельности на основе математических моделей; Владеть: технологией составления отбора конкурентоспособных вариантов технических решений при проектировании объектов профессиональной деятельности на основе математических моделей.	Перечень рейтинговых контрольных и зачётных вопросов и задач.
ПК-6. Способен обосновывать выбор целесообразного решения при проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК-6.1. Способен обосновывать выбор целесообразного решения при проектировании по технико-экономическим критериям. ПК-6.2. Способен решать задачи оптимизации проектных решений по технико-экономическим критериям.	Знать: методы математического моделирования для обоснования выбора целесообразного решения при проектировании по техническим критериям; Уметь: решать задачи оптимизации проектных решений по техническим критериям на основе математических моделей; Владеть: методами математического моделирования для обоснования выбора целесообразного решения при проектировании по техническим критериям.	Перечень рейтинговых контрольных и зачётных вопросов и задач.
ПК-11. Способен контролировать режимы функционирования объектов профессиональной деятельности, определять неисправности	ПК-11.1. Способен контролировать режимы функционирования объектов профессиональной деятельности по показаниям контрольно-измерительных приборов и визуально. ПК-11.2. Способен определять неисправности в работе объектов электро-	Знать: что контролировать в режимах функционирования объектов профессиональной деятельности по результатам имитации математических моделей; Уметь: имитировать математические модели объектов профессиональной деятельности для составления методик контроля режимов функционирования объектов профессиональной деятельности по	Перечень рейтинговых контрольных и зачётных вопросов и задач.

правности в их работе	энергетики	приборам и визуально; Владеть: способностью определения неисправностей в работе объектов электроэнергетики по результатам имитации математических моделей.	
-----------------------	------------	---	--

4. ОБЪЁМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Понятие об электрофизических процессах, классификация методов их математического и компьютерного моделирования	2	1		2			6	
2	Схемотехнические методы, основанные на топологических понятиях и соотношениях	2	2		2			6	
3	Построение сигнальных графов простейших цепей силовой электроники	2	3		2			6	
4	Построение структурных схем простейших цепей силовой электроники в ПО имитационного моделирования	2	4		2			6	
5	Построение структурных схем магнитных цепей трансформаторов в ПО имитационного моделирования	2	5		2			6	
6	Построение структурных схем трансформаторов в ПО имитационного моделирования	2	6		2			6	Рейтинг-контроль № 1
7	Построение структурных схем, моделирующих и отображающих энергетические параметры моделируемых устройств	2	7		2			6	
8	Проведение вычислительных экспериментов с разработанными структурными моделями	2	8		2			6	
9	Постановка задач анализа физических полей на основе диф-	2	9-10		4			10	

	дифференциальных уравнений в частных производных								
10	Реализация моделей физических полей в математическом ПО	2	11-12		4			10	Рейтинг-контроль № 2
11	Методы расчёта интегральных параметров физических полей и их реализация в математическом ПО	2	13		2			6	
12	Комбинирование пространственно- распределённого и интегрального уровней моделирования электрофизических процессов	2	14		2			6	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 2 семестр:					28			80	Зачёт
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине					28			80	Зачёт

**Тематический план
форма обучения – заочная**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Понятие об электрофизических процессах, классификация методов их математического и компьютерного моделирования	2	1	0,5	0,5	0,5		6	
2	Схемотехнические методы, основанные на топологических понятиях и соотношениях	2	2	0,5	0,5	0,5		6	
3	Построение сигнальных графов простейших цепей силовой электроники	2	3	0,5	0,5	0,5		6	
4	Построение структурных схем простейших цепей силовой электроники в ПО имитационного моделирования	2	4	0,5	0,5	0,5		7	
5	Построение структурных схем магнитных цепей трансформаторов в ПО имитационного моделирования	2	5	0,5	0,5	0,5		6	
6	Построение структурных схем трансформаторов в ПО имитационного моделирования	2	6	0,5	0,5	0,5		7	Рейтинг-контроль № 1

7	Построение структурных схем, моделирующих и отображающих энергетические параметры моделируемых устройств	2	7	0,5	0,5	0,5		6	
8	Проведение вычислительных экспериментов с разработанными структурными моделями	2	8	0,5	0,5	0,5		6	
9	Постановка задач анализа физических полей на основе дифференциальных уравнений в частных производных	2	9-10	0,5	0,5	0,5		14	
10	Реализация моделей физических полей в математическом ПО	2	11-12	0,5	0,5	0,5		14	Рейтинг-контроль № 2
11	Методы расчёта интегральных параметров физических полей и их реализация в математическом ПО	2	13	0,5	0,5	0,5		6	
12	Комбинирование пространственно-распределённого и интегрального уровней моделирования электрофизических процессов	2	14	0,5	0,5	0,5		6	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 2 семестр:				6	6	6		90	Зачёт
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине				6	6	6		90	Зачёт

Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Понятие об электрофизических процессах, классификация методов их математического и компьютерного моделирования.

Тема 2. Схмотехнические методы, основанные на топологических понятиях и соотношениях.

Тема 3. Построение сигнальных графов простейших цепей силовой электроники.

Тема 4. Построение структурных схем простейших цепей силовой электроники в ПО имитационного моделирования.

Тема 5. Построение структурных схем магнитных цепей трансформаторов в ПО имитационного моделирования.

Тема 6. Построение структурных схем трансформаторов в ПО имитационного моделирования.

Тема 7. Построение структурных схем, моделирующих и отображающих энергетические параметры моделируемых устройств.

Тема 8 Проведение вычислительных экспериментов с разработанными структурными моделями.

Тема 9. Постановка задач анализа физических полей на основе дифференциальных уравнений в частных производных.

Тема 10. Реализация моделей физических полей в математическом ПО.

Тема 11. Методы расчёта интегральных параметров физических полей и их реализация в математическом ПО.

Тема 12. Комбинирование пространственно-распределённого и интегрального уровней моделирования электрофизических процессов.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Вопросы по разделам программы для проведения текущего контроля

Рейтинг- контроль 1.

1. Какие процессы называют электрофизическими? Что изучает электрофизика как наука?
2. Чем отличаются друг от друга методы математического моделирования электрофизических процессов на интегральном и пространственно- распределённом уровне?
3. Чем отличаются друг от друга методы математического моделирования электрофизических процессов во временной и в частотной области?
4. Чем отличаются друг от друга схемотехнические и структурные методы моделирования?
5. На каких соотношениях основан нелинейный метод узловых потенциалов?
6. На каких соотношениях основан нелинейный метод напряжений ветвей дерева?
7. На каких соотношениях основан нелинейный метод контурных токов?
8. В чём заключается принципиальное отличие статических и динамических режимов работы электрических цепей с точки зрения математического моделирования?
9. На каких матричных соотношениях базируется нелинейный метод переменных состояния применительно к электрическим цепям?
10. На какие группы нужно разбивать ветви цепи, чтобы автоматизировать построение матричных уравнений относительно переменных состояния?
11. Почему для представления всей системы уравнений Кирхгофа достаточен только блок матрицы главных сечений, относящийся только к ветвям связи?
12. Почему для автоматизации построения матричных уравнений относительно переменных состояния блок матрицы главных сечений, относящийся только к ветвям связи, нужно разбивать на 9 блоков?
13. Какой вид имеют матричные дифференциальные уравнения линейных электрических цепей относительно потокоцеплений индуктивных элементов и зарядов ёмкостных элементов?
14. Как вычисляются блоки матрицы коэффициентов и матрицы входов в линейных уравнениях относительно переменных состояния?
15. Как выражаются токи и напряжения ветвей через переменные состояния?

Рейтинг- контроль 2.

1. Какой вид имеет нелинейная схема замещения магнитной цепи однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния?
2. Какой вид имеют уравнения потоков и магнитных напряжений для магнитной цепи однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния?
3. Какой вид имеет сигнальный граф электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния, без учёта магнитного гистерезиса и вихревых токов в пластинах магнитопровода?
4. Какой вид имеет структурная схема (в Simulink) электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния, без учёта магнитного гистерезиса и вихревых токов в пластинах магнитопровода?
5. Каким образом в структурной модели однофазного трансформатора учитываются вихревые токи в пластинах магнитопровода?
6. Какой вид имеет сигнальный граф электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния и вихревых токов в пластинах магнитопровода, но без учёта магнитного гистерезиса?
7. Какой вид имеет структурная схема (в Simulink) электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния и вихревых токов в пластинах магнитопровода, но без учёта магнитного гистерезиса?
8. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего электроэнергию, потреблённую объектом за всё время моделирования?
9. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего средний коэффициент мощности объекта за всё время моделирования?

10. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего усреднённый коэффициент полезного действия объекта за всё время моделирования?
11. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего электроэнергию, потреблённую объектом за последний временной период заданной длительности?
12. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего средний коэффициент мощности объекта за последний временной период заданной длительности?
13. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего усреднённый коэффициент полезного действия объекта за последний временной период заданной длительности?
14. Как влияет нелинейность основной кривой намагничивания материала магнитопровода на форму кривой первичного тока при пуске трансформатора?
15. Как влияет нелинейность основной кривой намагничивания материала магнитопровода на форму кривой первичного тока при пуске трансформатора?

Рейтинг- контроль 3.

1. Что представляет собой краевая задача анализа физического поля в техническом устройстве?
2. По каким признакам классифицируются уравнения математической физики (PDE) с точки зрения построения математических моделей процессов на пространственно- распределённом уровне и с точки зрения численной реализации в математическом ПО?
3. Что такое одномерные, двумерные, трёхмерные, n-мерные PDE?
4. Что такое стационарные и нестационарные PDE? В каких случаях они применяются при моделировании технических устройств?
5. Чем отличаются друг от друга скалярные, векторные, тензорные, матричные PDE?
6. На каких типовых уравнениях базируется скалярная коэффициентная форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
7. На каких типовых уравнениях базируется матричная коэффициентная форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
8. На каких типовых уравнениях базируется скалярная «генеральная» форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
9. На каких типовых уравнениях базируется матричная «генеральная» форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
10. На каких типовых уравнениях базируется ослабленная проекционная форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
11. Какие типы геометрических объектов поддерживаются в 1D и 2D моделях в COMSOL Multiphysics?
12. Какие типы геометрических объектов поддерживаются в 3D моделях в COMSOL Multiphysics?
13. Какие типы подобластей поддерживаются в 1D, 2D и 3D моделях в COMSOL Multiphysics?
14. Какие типы переменных поддерживаются в 1D, 2D и 3D моделях в COMSOL Multiphysics?
15. Какие технологии расчёта интегральных параметров физических полей поддерживаются в моделях COMSOL Multiphysics?

Контрольные вопросы по СРС.

1. Составить схемотехническую математическую модель переходных процессов в линейной «лестничной» электрической цепи с 5 резистивными, 4 индуктивными, 4 ёмкостными элементами, основанную на методе переменных состояния, с автоматизированным построением системы дифференциальных уравнений.
2. Составить схемотехническую математическую модель переходных процессов в нелинейной мостовой электрической цепи (диодного выпрямителя с таблично заданными ВАХ диодов) с резистивной нагрузкой, индуктивным и ёмкостным фильтром, основанную на методе переменных состояния, с автоматизированным построением системы дифференциальных уравнений.
3. Составить схемотехническую математическую модель переходных процессов в нелинейной электрической цепи диодно- конденсаторного умножителя напряжения с автоматизированным построением системы дифференциальных уравнений.
4. Составить структурную Simulink- модель переходных процессов в линейной «лестничной» электрической цепи с 5 резистивными, 4 индуктивными, 4 ёмкостными элементами, основанную на методе переменных состояния.

5. Составить структурную Simulink- модель переходных процессов в нелинейной мостовой электрической цепи (диодного выпрямителя с таблично заданными ВАХ диодов) с резистивной нагрузкой, индуктивным и ёмкостным фильтром, основанную на методе переменных состояния.
6. Составить структурную Simulink- модель переходных процессов в нелинейной электрической цепи диодно- конденсаторного умножителя напряжения.
7. Составить структурную Simulink- модель электромагнитных процессов в однофазном трансформаторе с учётом нелинейности магнитной цепи, потока рассеяния, но без учёта гистерезиса и вихревых токов в пластинах магнитопровода.
8. Составить структурную Simulink- модель электромагнитных процессов в однофазном трансформаторе с учётом нелинейности магнитной цепи, потока рассеяния и вихревых токов в пластинах магнитопровода, но без учёта гистерезиса.
9. Составить 1D COMSOL-модель распространения волны тока и напряжения вдоль двухпроводной линии. К чему приведёт появление неоднородностей вдоль линии?
10. Составить 1D COMSOL-модель распространения волны тока и напряжения вдоль четырёхпроводной линии (один провод считать общим, т.е. «массой»).
11. Составить 1D COMSOL-модель поверхностного эффекта в жиле и оболочке коаксиального кабеля в пространственно- частотной форме.
12. Составить 2D COMSOL-модель поверхностного эффекта в жиле и оболочке коаксиального кабеля в пространственно- частотной форме.
13. Составить 2D COMSOL-модель эффекта близости двух жил в кабеле в пространственно- частотной форме.
14. Составить 2D COMSOL-модель системы поперечных электрических параметров силового кабеля с полупроводящими электростатическими экранами.
15. Составить 2D COMSOL-модель системы продольных электрических параметров силового кабеля (влиянием земли пренебречь, общим проводником считать металлическую оболочку кабеля).

5.2. Вопросы к зачёту

1. Понятие об электрофизических процессах.
2. Краткая классификация методов математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов.
3. Нелинейная формулировка метода узловых потенциалов для анализа статических режимов электрических цепей.
4. Нелинейная формулировка метода напряжений ветвей дерева для анализа статических режимов электрических цепей.
5. Нелинейная формулировка метода контурных токов для анализа статических режимов электрических цепей.
6. Нелинейная формулировка метода переменных состояния применительно к электрическим цепям с сосредоточенными параметрами.
7. Формирование уравнений относительно переменных состояния с помощью топологических соотношений теории цепей.
8. Линейная формулировка метода переменных состояния применительно к электрическим цепям с сосредоточенными параметрами с матричными определяющими выражениями для матриц коэффициентов, входов, выходов и обходов.
9. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного однополупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
10. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного однополупериодного выпрямителя с индуктивным фильтром.
11. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного двухполупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
12. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного двухполупериодного выпрямителя с индуктивным фильтром.
13. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного трёхпульсного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
14. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного трёхпульсного выпрямителя с индуктивным фильтром.

15. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного шестипульсного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
16. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного шестипульсного выпрямителя с индуктивным фильтром.
17. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink, соответствующую электромагнитной схеме замещения однофазного трансформатора.
18. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего активную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии.
19. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего реактивную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии по «площади вольт-амперной характеристики».
20. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего реактивную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии по «площади вебер-кулонной характеристики».
21. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего полную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии.
22. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего действующее значение периодической величины.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
Основная литература		
1. Моделирование в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Ф. Шаталов, И. Н. Воротников, М. А. Ма-степаненко и др. – Ставрополь: АГРУС, 2014. – 140 с. – ISBN 978-5-9596-1059-3.	2014	http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=514263
2. Моделирование электротехнических систем/ Гурова Е.Г. – Новосибир.: НГТУ, 2014. – 52 с.: ISBN 978-5-7782-2569-5.	2014	http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=548131 http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778225695.html
3. Моделирование систем. Часть 1 : учебное пособие / Н. К. Лисяк, В. В. Лисяк ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 106 с. - ISBN 978-5-9275-2504-1.	2017	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927525041.html
Дополнительная литература		
1. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB: учеб. пособие / Г.Л. Коткин, Л.К. Попов, В.С. Черкасский. 2-е изд., испр. и доп. Новосибир. гос. ун-т. -Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2017. - 203 с. - ISBN 978-5-4437-0608-5.	2017	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785443706085.html
2. Расчет электрических полей устройств	2008	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN

высокого напряжения: учебное пособие для вузов / И.П. Белоедова, Ю.В. Елисеев, Е.С. Колечицкий и др.; под ред. Е.С. Колечицкого. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 248 с.: ил. – ISBN 978-5-383-00072-4.		N9785383000724.html
3. Методы математического моделирования процессов и систем: учебное пособие / А.В. Лихачев. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. - 96 с. - ISBN 978-5-7782-2655-5.	2015	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226555.html

6.2. Периодические издания

1. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий».
2. Журнал «Вестник РАН».
3. Журнал «Вычислительные технологии».
4. Журнал «Квант».
5. Журнал «Успехи математических наук».

6.3. Интернет-ресурсы

1. http://www.electroclub.info/article/comp_modeling.htm
2. http://dSPACE.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/22121/06_42_000958.pdf
3. <http://bek.sibadi.org/fulltext/ED461.pdf>
4. http://inductor-jmag.ru/programmy_dlja_modelirovaniija_jelektromagnitnyh_i_teplovyh_zadach_v_2d_i_3d/
5. https://www.comsol.ru/shared/downloads/IntroductionToCOMSOLMultiphysics_5.2_ru.pdf

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Практические занятия проводятся в *компьютерном классе 519-3*.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения

1. Microsoft Office
2. MATLAB
3. Comsol Multiphysics

Рабочую программу составил доцент Шмелёв В.Е.

ВШМ

Рецензент (представитель работодателя)

Начальник проектного отдела ООО «МФ Электро» Чебрякова Ю.С.

ЧЮС

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Электротехника и электроэнергетика»

Протокол № 1 от 30 августа 2021 года

Заведующий кафедрой Бадалян Норайр Петикович

Н.П. Бадалян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Протокол № 1 от 30 августа 2021 года

Председатель комиссии Бадалян Норайр Петикович

Н.П. Бадалян

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

НАИМЕНОВАНИЕ

образовательной программы направления подготовки *код и наименование ОП*, направленность: *наименование (указать уровень подготовки)*

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой _____ / _____

Подпись

ФИО