

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель ректора по развитию УП

\_\_\_\_\_ А.Н. Ярыгин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

Заведующий кафедрой

«Электроснабжение и электротехника»

\_\_\_\_\_ В.В. Вахнина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

Б1.В.ДВ.01.01

(индекс дисциплины)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Моделирование систем электроснабжения

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальность в соответствии с ФГОС ВО)

Электроснабжение

(направленность (профиль))

Форма обучения: заочная

### Распределение часов дисциплины по курсам и видам занятий (по учебному плану)

Количество ЗЕТ	3						
Часов по РУП	108						
Виды контроля на курсах	Экзамены	Зачеты		Курсовые проекты	Курсовые работы	Контрольные работы (для заочной формы обучения)	
		5					
	№№ курса						
	1	2	3	4	5	6	Итого
ЗЕТ по курсам					3		3
Лекции					6		6
Лабораторные							
Практические					12		12
Контактная работа					18		18
Сам. работа					86		86
Контроль					4		4
Итого					108		108

Тольятти, 2016

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВО)

**Рецензирование рабочей программы дисциплины:**



Отсутствует



Учебная (рабочая) программа одобрена на заседании кафедры «Электроснабжение и электротехника» (протокол заседания № 2 от «23» сентября 2015 г.).



Рецензент

\_\_\_\_\_  
(должность, ученое звание, степень)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» декабря 2021 г.**

**Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:**

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник учебно-методического управления

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Л.Р. Хамидуллова

(И.О. Фамилия)

**АННОТАЦИЯ**  
**дисциплины (учебного курса)**  
**Б1.В.ДВ.01.01 Моделирование систем электроснабжения**

(индекс и наименование дисциплины (учебного курса))

**1. Цель и задачи изучения дисциплины (учебного курса)**

Цель – сформировать у бакалавров умения и навыки создания и анализа математических моделей; сформировать знания о формах математического описания установившихся режимов энергосистем, способах задания исходной информации, алгоритмах решения систем уравнений, алгоритмах решения оптимизационных задач.

Задачи:

1. Научить законам механики и электротехники в описании реальных технических систем.
2. Научить основным этапам создания моделей, физической и математической модели объекта.
3. Научить методам проверки адекватности модели, её тестирования.
4. Научить численным методам решения систем алгебраических и дифференциальных уравнений.

**2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть, дисциплины по выбору).

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – «Физика», «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины и основы электропривода», «Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах».

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) – «Электротехнологические установки предприятий», «Производственная практика (Научно исследовательская работа)», «Системы электроснабжения промышленных предприятий», «Автоматизация электроэнергетических систем».

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (учебному курсу), соотносённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
- способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2)	Знать: современные научные и прикладные задачи электроэнергетики, методы и средства их решения, технологии моделирования
	Уметь: использовать математический аппарат при моделировании работы элементов систем электроснабжения; технические средства для реализации задач построения имитационной модели; обеспечивать достоверность получения результатов моделирования элементов системы электроснабжения
	Владеть: методикой анализа системы электроснабжения; методикой построения и анализа имитационной модели системы электроснабжения
- способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3)	Знать: основные законы электротехники
	Уметь: использовать основные законы электротехники при составлении и анализе электрических
	Владеть: базовыми навыками моделирования электрических элементов для исследования различных электрофизических процессов

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
- способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике (ПК-1)	Знать: основные компьютерные программы моделирования электроэнергетических объектов и систем
	Уметь: использовать технологии моделирования электроэнергетических объектов и систем с целью проведения численных экспериментальных исследований
	Владеть: основными методами и приемами исследовательской и практической работы в области моделирования с помощью программ MathCAD и MatLab
- способность обрабатывать результаты экспериментов (ПК-2)	Знать: основные методы обработки экспериментальных величин
	Уметь: применять нормативные документы в своей области, обрабатывать, анализировать и представлять результаты измерений, оценивать достоверность решений, принимаемых по их результатам
	Владеть: навыками работы с информационной техникой

### Тематическое содержание дисциплины (учебного курса)

Раздел, модуль	Подраздел, тема
Введение	Предмет и задачи курса. Основные положения курса
1. Инструментальные средства моделирования	1.1. Системы компьютерной математики (СКМ). 1.2. Основы работы с СКМ MATLAB.
2. Основные этапы создания математической модели.	2.1. Постановка задачи моделирования. Основные сведения. 2.2. Физическая и математическая модели объекта. 2.3. Способы математического описания стационарных и динамических систем. 2.4. Тестирование и прогноз. 2.5. Аспекты проверки адекватности модели.
3. Численные методы решения систем уравнений.	3.1. Методы решения систем линейных уравнений. 3.2. Метод обратной матрицы, формулы Крамера. 3.3. Методы Гаусса, простой итерации и Зейделя 3.4. Методы решения нелинейных уравнений. 3.5. Метод Зейделя. 3.6. Метод Ньютона. 3.7. Методы решения дифференциальных уравнений. 3.8. Понятие численного решения задачи Коши. 3.9. Метод Адамса. 3.10. Методы Эйлера и Рунге-Кутты. 3.11. Применение математических пакетов для численного решения систем уравнений.
4. Математические модели установившихся режимов энергосистем и методы их решения	4.1. Общие сведения о схемах замещения. 4.2. Формы записи параметров электрических систем 4.3. Общие сведения о формах математического описания установившихся режимов энергосистем 4.4. Системы уравнений узловых напряжений и методы их решения 4.5. Системы нелинейных уравнений баланса мощности в тригонометрической форме; методы их решения 4.6. Степени свободы электрических систем
5. Оптимизационные методы решения энергетических задач	5.1. Понятия и условия локального и глобального экстремумов функций. 5.2. Математическая формулировка задач на безусловный и относительный экстремум. 5.3. Метод неопределенных множителей Лагранжа, геометрическая интерпретация метода. 5.4. Основные энергетические насосы ТЭС. 5.5. Постановка задачи оптимизации режимов энергосистем, метод решения.

**Общая трудоемкость дисциплины (учебного курса) – 3 ЗЕТ.**

**Разработчик программы:**

доцент, доцент, к.т.н.

В.Н. Кузнецов

#### 4. Структура и содержание дисциплины (учебного курса) **Моделирование систем электроснабжения**

(наименование дисциплины (учебного курса))

Курс изучения: **5**

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)	Рекомен- дуемая ли- тература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведения лекций, лаборатор- ных, практических занятий, методы обучения, реализую- щие применяемую образовательную технологию	в ча- сах				Формы организации самостоятельной работы
		лекций	лабораторных	практических							
Введение	Предмет и задачи курса. Основные по- ложения курса	0,5		–		Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция	1	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве- тов на вопросы.	Проектор Ноутбук Экран	Проверка усвоения теоретического материала	№ 1 осн 1-4 доп
1. Инструмен- тальные средства моделирования	1.1. Системы компью- терной математики (СКМ). 1.2. Основы работы с СКМ MATLAB.	0,5		2	+	Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция, практическое за- нятие в групповой форме	8	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве- тов на вопросы. Подготовка к прак- тическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и провер- ка усвоения ма- териала	№ 1 осн 1-4 доп
2. Основные эта- пы создания ма- тематической мо- дели.	2.1.Постановка задачи моделирования. Ос- новные сведения. 2.2.Физическая и ма- тематическая модели объекта. 2.3.Способы матема- тического описания стационарных и ди- намических систем. 2.4.Тестирование и прогноз.	1		2	+	Проблемная лек- ция, информаци- онная лекция, практическое за- нятие в групповой форме	8	Изучение теорети- ческого материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой отве- тов на вопросы. Подготовка к прак- тическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и провер- ка усвоения ма- териала	№ 1 осн 1-4 доп

	2.5.Аспекты проверки адекватности модели.										
<b>3. Численные методы решения систем уравнений.</b>	3.1.Методы решения систем линейных уравнений. 3.2.Метод обратной матрицы, формулы Крамера. 3.3.Методы Гаусса, простой итерации и Зейделя 3.4.Методы решения нелинейных уравнений. 3.5.Метод Зейделя. 3.6.Метод Ньютона. 3.7. Методы решения дифференциальных уравнений. 3.8. Понятие численного решения задачи Коши. 3.9. Метод Адамса. 3.10. Методы Эйлера и Рунге-Кутта. 3.11. Применение математических пакетов для численного решения систем уравнений.	1		3	+	Проблемная лекция, информационная лекция, практическое занятие в групповой форме	14	Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и проверка усвоения материала	№ 1 осн 1-4 доп
<b>4. Математические модели установившихся режимов энергосистем и методы их решения</b>	4.1. Общие сведения о схемах замещения. 4.2. Формы записи параметров электрических систем 4.3. Общие сведения о формах математического описания установившихся режимов энергосистем 4.4.Системы уравне-	1,5		2	+	Проблемная лекция, информационная лекция, практическое занятие в групповой форме	10	Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и проверка усвоения материала	№ 1 осн 1-4 доп

	ний узловых напряжений и методы их решения 4.5.Системы нелинейных уравнений баланса мощности в тригонометрической форме; методы их решения 4.6.Степени свободы электрических систем										
5. Оптимизационные методы решения энергетических задач	5.1.Понятия и условия локального и глобального экстремумов функций. 5.2. Математическая формулировка задач на безусловный и относительный экстремум. 5.3. Метод неопределенных множителей Лагранжа, геометрическая интерпретация метода. 5.4. Основные энергетические насосы ТЭС. 5.5 Постановка задачи оптимизации режимов энергосистем, метод решения.	1,5		3	+	Проблемная лекция, информационная лекция, практическое занятие в групповой форме	9	Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на вопросы. Подготовка к практическим занятиям	Проектор Ноутбук Экран	Оценка решения практических работ и проверка усвоения материала	№ 1 осн 1-4 доп
Итого:		6		12		86					
		108									

## 5. Критерии и нормы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Оценка ответов по теоретической части	Необходимо посещение лекционных и практических занятий	«зачтено»	Студент ответил на все контрольные вопросы, выполнил практическое задание
Оценка выполнения практических заданий		«не зачтено»	Студент не ответил на контрольные вопросы, не выполнил практическое задание

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Зачет	Для допуска к зачету необходимо выполнение всех форм текущего контроля	«зачтено»	Студент обладает глубокими и прочными знаниями программного материала; при ответе продемонстрировал исчерпывающее, последовательное и логически стройное изложение; правильно сформулировал понятия и закономерности по вопросу; защитил реферат
		«не зачтено»	Студент не знает значительную часть программного материала; допустил существенные ошибки в процессе изложения; не умеет выделить главное и сделать вывод; приводит ошибочные определения; не защитил реферат



## 6. Критерии и нормы оценки курсовых работ (проектов)

*Данный раздел не предусмотрен учебным планом*

## 7. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

*Данный раздел не предусмотрен учебным планом*

## 8. Вопросы к зачёту

№ п/п	Вопросы
1.	Моделирование. Подobie явлений (абсолютное подобие, полное подобие, неполное подобие, приближенное подобие).
2.	Физические модели. (натуральные, квазинатуральные, масштабные, аналоговые модели).
3.	Математическая модель (аналитическая, численная, имитационная модели).
4.	Основные требования к моделям (адекватность, простота, потенциальность, универсальность, точность, экономичность).
5.	Классификация математических моделей (Структурные математические модели, функциональные математические модели).
6.	Блочнo-иерархический подход к проектированию моделей (микроуровень, макроуровень, метауровень).
7.	Деление функциональных математических моделей по способу представления свойств объекта (аналитические математические модели, алгоритмические математические модели, имитационные математические модели).
8.	Принципы моделирования (принцип множественности моделей, принцип информационной достаточности, принцип осуществимости, принцип агрегирования, принцип параметризации).
9.	Условия, достоинства, недостатки, примеры натурного моделирования
10.	Условия, достоинства, недостатки, примеры полунатурного моделирования
11.	Разница между натурным и физическим моделированием
12.	Условия, достоинства, недостатки, примеры физического моделирования
13.	Область математического моделирования.
14.	Математическое моделирование – как этап других видов моделирования
15.	Математическое моделирование – как самостоятельный вид моделирования
16.	Разновидности математических моделей
17.	Иерархия математических моделей
18.	Достоинства, недостатки, примеры математического моделирования
19.	Имитационное компьютерное моделирование сложных систем. Примеры программных сред имитационного моделирования
20.	Критерии подобия, определяющие подобия
21.	Способы определения критериев подобия. Преобразования критериев подобия
22.	Линейные и нелинейные подобия
23.	Примеры критериев подобия электрических цепей
24.	Примеры критериев подобия электромагнитных полей
25.	Критерии электродинамического подобия.
26.	Условия создания моделей
27.	Оценка адекватности модели
28.	Обработка результатов моделирования

№ п/п	Вопросы
29.	Основные этапы моделирования
30.	Основные методы решения задач моделирования
31.	Вычислительные методы в моделировании
32.	Погрешности моделирования
33.	Оценка обусловленности вычислительной задачи
34.	Контроль правильности модели
35.	Матричная форма записи систем уравнений, составляемых в процессе моделирования, виды матриц
36.	Метод обратной матрицы, формулы Крамера.
37.	Метод Гаусса.
38.	Метод простой итерации.
39.	Метод Зейделя для решения систем линейных уравнений.
40.	Метод Зейделя для решения систем нелинейных уравнений.
41.	Метод Ньютона.
42.	Метод Эйлера.
43.	Метод Рунге-Кутты.
44.	Схемы замещения. Формы записи параметров электрических систем.
45.	Формы математического описания установившихся режимов энергосистем.
46.	Системы уравнений узловых напряжений и методы их решения.
47.	Системы нелинейных уравнений баланса мощности в тригонометрической форме; методы их решения.
48.	Степени свободы электрических систем.
49.	Понятия и условия локального и глобального экстремумов функций.
50.	Математическая формулировка задач на безусловный и относительный экстремум.
51.	Метод неопределенных множителей Лагранжа.
52.	Постановка задачи оптимизации режимов энергосистем, метод решения.

## 9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 9.1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Инструментальные средства моделирования	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Устный опрос. Тест
2	Основные этапы создания математической модели.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Устный опрос. Тест
3	Численные методы решения систем уравнений.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Устный опрос. Тест

4	Математические модели установившихся режимов энергосистем и методы их решения	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Устный опрос. Тест
4	Оптимизационные методы решения энергетических задач	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Устный опрос. Тест

## 9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 9.2.1. Опрос по теоретическому материалу

Опрос по теоретическому материалу при выполнении практических заданий и обсуждение полученных результатов.

#### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил больше чем на половину вопросов;
- оценка «не зачтено» - если студент ответил на половину или меньше вопросов.

### 9.2.2. Типовые тестовые задания

Электроэнергетическая система это:

Часть энергосистемы, которая состоит из электростанций, электросетей и потребителей электроэнергии, связанных между собой

Энергосистема, которая состоит из теплоэлектростанций, тепло- и электросетей и потребителей тепло- и электроэнергии, связанных между собой

Часть энергосистемы, которая состоит из теплоцентрали, теплосетей и потребителей тепла, связанных между собой

Электрическая цепь, состоящая из генератора, трансформатора, ЛЭП и потребителей

Часть энергосистемы, которая состоит из генератора, трансформатора и потребителей

Существуют следующие режимы электрической системы:

Нормальные установившиеся, статические, динамические

Нормальные установившиеся, нормальные переходные, аварийные установившиеся, послеаварийные установившиеся

Статические, динамические; аварийные, переходные

Аварийные, доаварийные установившиеся

Постоянные, переменные

Параметры режима электрической системы:

$I, U, P, Q, S, f$

$B, H, \mu$

$r, x, g, b, k_T$

$R, L, C$

$\Delta I, \Delta U, \Delta f$

Параметры системы:

$I, U, f$

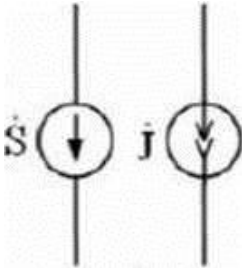
$B, H, \mu$

$r, x, g, b, k_T$

$P, Q, S$

$\Delta I, \Delta U, \Delta f$

Элемент, схема замещения которого показана на рисунке, это:



Реактор

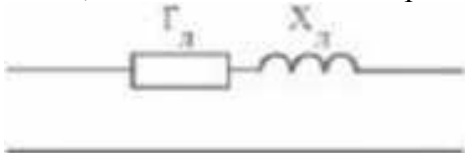
Линия электропередачи

Трансформатор

Источник

Нагрузка

Элемент, схема замещения которого показана на рисунке, это:



Реактор

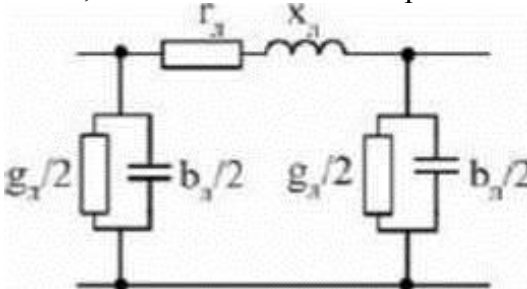
Линия электропередачи

Трансформатор

Источник

Нагрузка

Элемент, схема замещения которого показана на рисунке, это:



Реактор

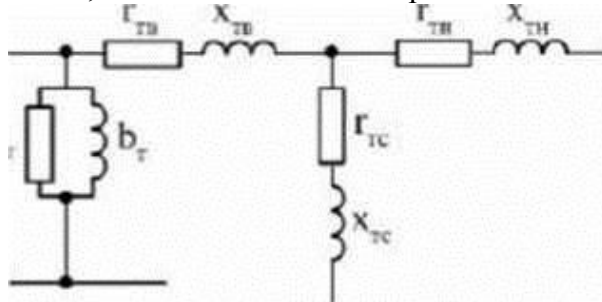
Линия электропередачи

Трансформатор

Генератор

Нагрузка

Элемент, схема замещения которого показана на рисунке, это:



Реактор

Линия электропередачи

Трансформатор

Источник

Нагрузка

Точные методы для решения систем линейных алгебраических уравнений:

Методы хорд, секущих,

Методы Зейделя, простой итерации, Якоби

Методы Крамера, Гаусса, обратной матрицы, LU-разложения

Методы Ньютона, касательных

Методы Рунге Кутты, Эйлера

Метод Зейделя применяется для решения:

Трансцендентных уравнений

Нелинейных алгебраических уравнений

Систем линейных алгебраических уравнений

Дифференциальных уравнений первого порядка

Дифференциальных уравнений второго порядка

Достаточные условия сходимости метода Зейделя для решения СЛАУ:

$$\max_i \sum_{j=1}^n |\alpha_{ij}| > 1, \max_j \sum_{i=1}^n |\alpha_{ij}| > 1, \sqrt{\sum |\alpha_{ij}|^2} > 1$$

$$\max_i \sum_{j=1}^n |\alpha_{ij}| < 1, \max_j \sum_{i=1}^n |\alpha_{ij}| < 1, \sqrt{\sum |\alpha_{ij}|^2} < 1$$

$$\max_i \sum_{j=1}^n |\alpha_{ij}| > 0, \max_j \sum_{i=1}^n |\alpha_{ij}| > 0, \sqrt{\sum |\alpha_{ij}|^2} > 0$$

$$\max_i \sum_{j=1}^n |\alpha_{ij}| < 0, \max_j \sum_{i=1}^n |\alpha_{ij}| < 0, \sqrt{\sum |\alpha_{ij}|^2} < 0$$

$$\max_i \sum_{j=1}^n |\alpha_{ij}| = 0, \max_j \sum_{i=1}^n |\alpha_{ij}| = 0, \sqrt{\sum |\alpha_{ij}|^2} = 0$$

Решения нелинейных уравнений состоит из следующих этапов:

Отделение корней, уточнение корней

Уточнение корней, определение на сходимость

Отделение корней, определение на сходимость

Определение на сходимость

Нахождение отрезка где сходиться функция

Для решения нелинейных уравнений применяется следующие методы:

Зейделя, простой итерации, Якоби

Крамера, Гаусса, обратной матрицы, LU-разложения

Бисекции, простой итераций, Ньютона, хорд, секущих

Рунге Кутты, Эйлера

Классический, операторный

Метод бисекции применяется для решения:

Дифференциальных уравнений

Систем линейных уравнений

Нелинейных уравнений

Систем нелинейных уравнений

Транспортной задачи

Метод хорд применяется для решения:

Систем линейных уравнений

Дифференциальных уравнений

Транспортной задачи

Нелинейных уравнений

Систем дифференциальных уравнений

Тождественное преобразование  $x = \varphi(x)$  применяется в методе:

Бисекции Ньютона

Хорд

Простой итерации

Секущих

Достаточное условие сходимости метода Ньютона

$$f''(x) \neq 0, f(x^{(0)}) + f''(x^{(0)}) > 0$$

$$f''(x) \neq 0, f(x^{(0)}) + f''(x^{(0)}) < 0$$

$$f''(x) \neq 0, f(x^{(0)}) + f''(x^{(0)}) > 1$$

$$f''(x) \neq 0, f(x) + f''(x) > 0$$

$$f''(x) \neq 0, f(x^{(0)}) + f''(x^{(0)}) < 1$$

Условия завершения процесса итерации:

$$\left| x^{(k+1)} - x^{(k)} \right| > \varepsilon$$

$$\left| x^{(k+1)} - x^{(k)} \right| = 0,001$$

$$\left| x^{(k+1)} - x^{(k)} \right| \leq \varepsilon$$

$$\left| x^{(k)} - x^{(k+1)} \right| \leq \varepsilon$$

$$\left| x^{(k+1)} + x^{(k)} \right| \leq \varepsilon$$

По методу хорд  $x^{(k+1)}$  вычисляется по формуле:

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} + \frac{f(x^{(k)})}{f'(x^{(k)})}$$

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - \frac{f(x^{(k)})}{f'(x^{(k)})}$$

$$x^{(k+1)} = \varphi(x^{(k)})$$

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - \frac{f(x^{(k)})}{f(b) - f(x^{(k)})} (b - x^{(k)})$$

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - \frac{f(x^{(k)})}{f(x^{(k)}) - f(x^{(k-1)})} (x^{(k)} - x^{(k-1)})$$

Формула  $x^{(k+1)} = \varphi(x^{(k)})$  используется в методе:

Ньютона-Бройдена

Секущих

Простых итераций

Хорд

Бисекции

Формула  $x^{(k+1)} = x^{(k)} - \frac{f(x^{(k)})}{f(x^{(k)}) - f(x^{(k-1)})} (x^{(k)} - x^{(k-1)})$  используется в методе:

Ньютона

Секущих

Простых итераций

Хорд

Бисекции

Для решения систем нелинейных уравнений применяются методы:

Простой итераций, Зейделя, Ньютона, Ньютона-Рафсона

Бисекций, хорд, Ньютона-Бройдена

Крамера, Гаусса, обратной матрицы, LU разложения

Рунге Кутты, Эйлера

Классический, операторный

### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил больше чем на половину вопросов теста;
- оценка «не зачтено» - если студент ответил на половину или меньше вопросов теста.

### **10. Образовательные технологии и методические указания по освоению дисциплины**

Для оценки знаний, умения и уровня профессиональных компетенций, приобретаемых выпускником в процессе изучения дисциплины «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике», используются следующие образовательные технологии:

- лекции с использованием мультимедийного оборудования;
- практические занятия с устным опросом студентов и закреплением теоретического материала;
- индивидуальные и групповые консультации по теоретическим и практическим вопросам курса;
- выполнение практических заданий, которые позволяют приобрести практические знания и навыки решения задачи и работы с нормативной, методической, научно-технической и справочной литературой;
- проведение семинара с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся;
- проведение различных форм самостоятельной работы, которая включает подготовку к лекционным и практическим занятиям.



## 11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (учебного курса)

### 11.1. Обязательная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум и др.)	Количество в библиотеке
1	Компьютерное моделирование [Электронный ресурс] : учебник / В. М. Градов [и др.]. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2017. - 264 с. - ISBN 978-5-906818-79-9	Учебник	ЭБС "ZNANIUM.COM"

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

(подпись)

А.М. Асаева

(И.О. Фамилия)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### 11.2. Дополнительная литература и учебные материалы (аудио-, видеопособия и др.)

- фонд научной библиотеки ТГУ:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум и др.)	Количество в библиотеке
1	Алиев И. И. Моделирование электротехнических устройств [Электронный ресурс] : метод. указ. для самостоятельной работы студентов направления подготовки 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения / И. И. Алиев, И. А. Гурина. - Черкесск : БИЦ СевКавГГТА, 2013. - 45 с.	Учебное пособие	ЭБС «IPRbooks»
2	Моделирование в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ф. Шаталов [и др.] ; Ставропольский государственный аграрный университет. - Ставрополь : АГРУС, 2014. - 140 с. - ISBN 978-5-9596-1059-3	Учебное пособие	ЭБС «IPRbooks»
3	Гурина И. А. Моделирование электротехнических устройств [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие для выполнения контрольных работ по дисциплине «Моделирование электротехнических устройств» для студентов направления подготовки 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» / И. А. Гу-	Учебно-методическое пособие	ЭБС «IPRbooks»

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное посо- бие, учебно- методическое пособие, прак- тикум и др.)	Количество в библиотеке
	рина. - Черкесск : БИЦ СевКавГГТА, 2014. - 32 с.		
4	Ощепков А. Ю. Системы автоматического управления [Электрон- ный ресурс] : теория, применение, моделирование в MATLAB : учеб. пособие / А. Ю. Ощепков. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 208 с. - (Учебники для вузов. Специальная литера- тура). - ISBN 978-5-8114-1471-0	Учебное пособие	ЭБС "Лань"

### 11.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- Web of Science [Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: Clarivate Analytics, 2016. – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус.,англ.;
- Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004. – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Springer Link [Электронный ресурс] : [база данных].– Switzerland: SpringerNature, 1842. – Режим доступа : link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Science Direct [Электронный ресурс] : коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018. – Режим доступа : sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Cambridge university press [Электронный ресурс] : журналы издательства. – Cambridge: Cambridge university press, 2018 . – Режим доступа : cambridge.org. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- NEICON [Электронный ресурс] : электронная информация : архив научных журналов. – Москва : НЭИКОН, 2002. – Режим доступа : neicon.ru/resources/archive. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

### 11.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2	Office Standart	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно
3	MathCAD	15	Акт п/п от 21.07.2009г. (Гос. Контракт № 487 от 28.05.2009г.), срок действия - бессрочно
4	MATLAB & Simulink	5	Договор № 652/2014 от 07.07.2014г., срок действия - бессрочно

### 11.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м²	Количество посадочных мест
1.	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования	Проектор, экран; стол ученический (моноблок) двухместный, стол ученический (моноблок) трехместный, стол преподавательский, стул преподавательский, доска	445020 Самарская область, г. Тольятти, ул. Ушакова, 57, позиция по ТП № 19а, 2 этаж, (Э-211)	49,5	48

№ п/п	Наименование оборудо- ванных учебных кабин- тов, лабораторий, мастер- ских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, ма- стерских и др.	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	(выполнения курсовых ра- бот). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных кон- сультаций. Учебная ауди- тория для проведения заня- тий текущего контроля и промежуточной аттеста- ции.	аудиторная.			
2.	Лаборатория "Моделиро- вание электрических си- стем. Внутривзаводское электрообеспечение и режи- мы". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учеб- ная аудитория для курсово- го проектирования (выпол- нения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консуль- таций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и про- межуточной аттестации.	Экран, столы учениче- ские двухместные (моно- блок), стол преподава- тельский, стул препода- вательский, доска (мар- керная), комплект типо- вого лабораторного обо- рудования, ПК.	445020 Самарская область, г. Тольятти, ул. Ушакова, 57, позиция по ТП № 2, 2 этаж, (Э-210)	52	20
3.	Компьютерный класс. По- мещение для самостоя- тельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых ра- бот). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных кон- сультаций. Учебная ауди- тория для проведения заня- тий текущего контроля и промежуточной аттеста- ции.	Стол ученические, сту- лья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет	445020 Самарская область, г. Тольятти, Центральный р-н, ул. Белорусская, д.14, позиция по ТП № 48, 4 этаж, (Г-401)	84,8	16