

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.01.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование систем электроснабжения

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль)
Электроснабжение

Форма обучения: заочная

Год набора: 2017

Общая трудоемкость: 3 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	9	Итого
Форма контроля	Зачет	
Вид занятий		
Лекции	12	12
Лабораторные	8	8
Практические		
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация		
Контактная работа	18,25	18,25
Самостоятельная работа	86	86
Контроль	3,75	3,75
Итого	108	108

Рабочую программу составил(и):

старший преподаватель Нагаев Д.А.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана
направления подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» декабря 2022 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Электроснабжение и электротехника»

(протокол заседания № 2 от «05» сентября 2016 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – 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.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: дисциплины Блока 1 части, формируемой участниками образовательных отношений направления подготовки бакалавриата 13.03.02 «Физика», «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины и основы электропривода», «Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Электротехнологические установки», «Системы электроснабжения промышленных предприятий», «Системы электроснабжения городов».

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения объектов	ПК-1.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения объектов	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
ПК-3 Способен применять знание особенностей характеристик элементов электрических сетей, способов производства и использования электрической энергии в профессиональной	ПК-3.4 Демонстрирует знание современных информационных технологий при решении задач в профессиональной деятельности	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

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
деятельности		информационной техникой

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Раздел 1. Введение. Инструментальные средства моделирования	Лек.	Предмет и задачи курса. Основные положения курса. 1.1. Системы компьютерной математики (СКМ). 1.2. Основы работы с СКМ MATLAB.	9	2	-	-	Зачет
	Лр.	Определение эквивалентного сопротивления разветвленной цепи с помощью компьютерной и математической модели	9	2	-	-	Отчет о лабораторной работе
Раздел 2. Основные этапы создания математической модели.	Лек.	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.	9	2	-	-	Зачет
	Лр.	Расчет токов и напряжений в электрической цепи постоянного тока с помощью компьютерной и математической модели	9	2	-	-	Отчет о лабораторной работе
Раздел 3. Численные методы решения систем уравнений.	Лек.	3.1. Методы решения систем линейных уравнений. 3.2. Метод обратной матрицы, формулы Крамера.	9	2	-	-	Зачет

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		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.					
	Лр.	Определение эквивалентного сопротивления разветвленной цепи, содержащей реактивные элементы с помощью компьютерной и математической модели	9	2	-	-	Отчет о лабораторной работе
Раздел 4. Математические модели установившихся режимов энергосистем и методы их решения	Лек.	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	9	2	-	-	Зачет

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		напряжений и методы их решения 4.5.Системы нелинейных уравнений баланса мощности в тригонометрической форме; методы их решения 4.6.Степени свободы электрических систем					
	Лр.	Расчет токов и напряжений в электрической цепи переменного тока с помощью компьютерной и математической модели	9	2	-	-	Отчет о лабораторной работе
Раздел 5. Оптимизационные методы решения энергетических задач	Лек.	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.	9	2	-	-	Зачет
	Лек.	5.4. Основные энергетические насосы ТЭС. 5.5 Постановка задачи оптимизации режимов энергосистем, метод решения.	9	2	-	-	Зачет
	Ср.	Самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к промежуточной аттестации	9	84	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		Контроль	9	3,75		-	
	ПА	Сдача зачета	9	0,25	-	-	
Итого:				108	-		

5. Образовательные технологии

Для оценки знаний, умения и уровня профессиональных компетенций, приобретаемых выпускником в процессе изучения дисциплины «Моделирование систем электроснабжения», используются технологии традиционного обучения:

- лекции с использованием мультимедийного оборудования;
- Лабораторные занятия с устным опросом студентов и закреплением теоретического материала; выполнение задания в соответствии с инструкциями и методическими указаниями преподавателя, получение результата;
- групповая дискуссия по результатам лекционных занятий и по вопросам для самоконтроля при защите лабораторных работ;
- проведение различных форм самостоятельной работы, которая включает подготовку к лекционным и лабораторным занятиям: конспектирование, проработку конспекта лекций, дополнение конспекта материалами из рекомендованной нормативной, методической, научно-технической и справочной литературы.

6. Методические указания по освоению дисциплины

6.1. Обучающимся необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы дисциплины (далее – РПД), с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине.

6.2. Методические указания по подготовке к лекционным занятиям.

В ходе лекций рассматриваются основные понятия тем, связанные с ними теоретические и практические проблемы, даются рекомендации для самостоятельной работы и подготовке к практическим занятиям. Поэтому изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Обучающимся необходимо: перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, ее основные вопросы, рекомендуемую литературу, что позволит сэкономить время на освоение темы на аудиторном занятии; перед очередной лекцией необходимо просмотреть/повторить материалы предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам.

6.3. Методические указания по подготовке к лабораторным занятиям.

В ходе лабораторных занятий углубляются и закрепляются знания обучающихся по ряду рассмотренных на лекциях вопросов, знаний по проведению эксперимента, снятию показаний с приборов. На лабораторных занятиях развиваются способности использовать современные информационные технологии, управлять информацией с применением прикладных программ; использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных продуктов. При подготовке к лабораторным занятиям каждый обучающийся должен:

- изучить рекомендованную литературу;
- изучить материалы лекций;
- подготовить ответы на все вопросы по изучаемой теме;
- подготовить и оформить отчет по лабораторной работе.

В процессе подготовки к лабораторным занятиям обучающиеся могут воспользоваться консультациями преподавателя.

6.4. Самостоятельная работа включает в себя выполнение различного рода заданий и самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к практическим занятиям. Контроль самостоятельной работы обучающихся над программой курса осуществляется в ходе практических занятий (устный опрос, решение задач, публичное выступление с докладом по выбранной теме, тестирование).

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
9	ПК-1 (ПК-1.1)	Вопросы к зачету № 1 – 52 Лабораторные работы № 1 – 4
9	ПК-3 (ПК-3.4)	Вопросы к зачету № 1 – 52 Лабораторные работы № 1 – 4

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1 Практические работы

(наименование оценочного средства)

- Определение эквивалентного сопротивления разветвленной цепи с помощью компьютерной и математической модели
- Расчет токов и напряжений в электрической цепи постоянного тока с помощью компьютерной и математической модели
- Определение эквивалентного сопротивления разветвленной цепи, содержащей реактивные элементы с помощью компьютерной и математической модели
- Расчет токов и напряжений в электрической цепи переменного с помощью компьютерной и математической модели

Методические указания к практическим работам находятся в папке УМКД на кафедре «Электроснабжение и электротехника» и в библиотеке ТГУ.

Критерии оценки:

- оценка «**защищено**» выставляется студенту, если выполнено физическое исследование на лабораторном стенде и студент грамотно ответил по теоретической и практической части материала;
- оценка «**не защищено**» выставляется студенту, если не выполнено физическое исследование на лабораторном стенде или студент неграмотно ответил по теоретической и практической части материала;

7.2.3 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

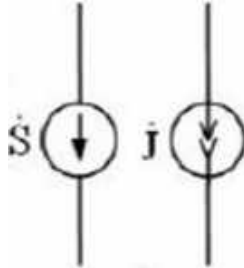
Параметры режима электрической системы:

- I, U, P, Q, S, f
- B, H, μ
- r, x, g, b, k_{τ}
- R, L, C
- $\Delta I, \Delta U, \Delta f$

Параметры системы:

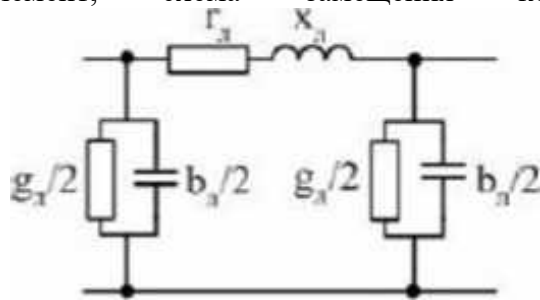
- I, U, f
- B, H, μ
- r, x, g, b, k_{τ}
- P, Q, S
- $\Delta I, \Delta U, \Delta f$

Элемент, схема замещения которого показана на рисунке, это:



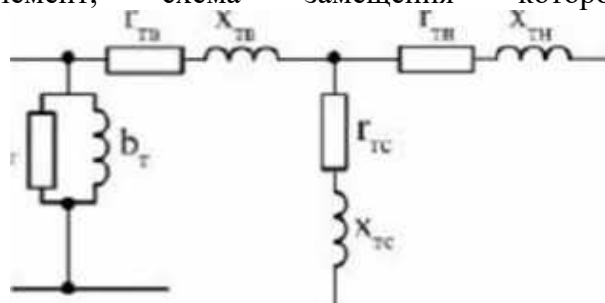
- Реактор
- Линия электропередачи
- Трансформатор
- Источник
- Нагрузка

Элемент, схема замещения которого показана на рисунке, это:



- Реактор
- Линия электропередачи
- Трансформатор
- 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:

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

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

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 Кутта, 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:

- $|x^{(k+1)} - x^{(k)}| > \varepsilon$
- $|x^{(k+1)} - x^{(k)}| = 0,001$
- $|x^{(k+1)} - x^{(k)}| \leq \varepsilon$
- $|x^{(k)} - x^{(k+1)}| \leq \varepsilon$
- $|x^{(k+1)} + x^{(k)}| \leq \varepsilon$

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 Кутта, 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.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 9

п/п	Вопросы к зачету
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.	Блочно-иерархический подход к проектированию моделей (микроуровень, макроуровень, метаяуровень).
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 натурального 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
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.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
8	Зачет	«зачтено»	оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если обучающийся изложил материал грамотно, содержание ответа соответствует содержанию вопроса, тема вопроса полностью раскрыта
		«не зачтено»	оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если обучающийся не раскрыл содержание вопроса или отклонился от заданной темы

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Аксёнов М.И.	Моделирование электропривода	Учебное пособие	2017	ЭБС «ZNANIUM.COM»
2	Градов В.М.	Компьютерное моделирование	Учебное пособие	2018	ЭБС «ZNANIUM.COM»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Шаталов А.Ф	Моделирование в электроэнергетике	учебное пособие	2014	ЭБС «IPRbooks»
2	Гурина И.А	Моделирование электротехнических устройств	учебно-методическое пособие	2014	ЭБС «IPRbooks»
3	Нагаев Д.А.	Моделирование систем электроснабжения	практикум	2016	Методический кабинет кафедры

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- 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.

8.4. Перечень программного обеспечения

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

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для	Столы ученические двухместные (моноблок), стол ученический трехместный моноблок, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), кафедра, экран, проектор,

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Э-609)	процессор, жалюзи
2	Компьютерный класс. Помещение для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Лаборатория «Цифровое моделирование в электроэнергетике» (Э-601)	Экран, проектор, ПК, двухместные парты, трехместные столы, стулья ученические, стол для конференций.
3	Помещение для самостоятельной работы студентов (Г-401)	Стол ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет