

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФЭСУ  Бурковский А.В.

«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Математическое моделирование энергетических систем»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроснабжение

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2018

Автор программы  / Черных Т.Е. /

И.о. заведующего кафедрой  
Электромеханических  
систем и электроснабжения  /Шелякин В.П./

Руководитель ОПОП  /Ситников Н.В./

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Сформировать у обучающихся знания и умения в области математического моделирования, а так же способы использования результатов моделирования в сфере профессиональной деятельности.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

– познакомить с современными программными продуктами, которые используются для моделирования электроэнергетических объектов и систем.

– сформировать навыки по получению, выбору и использованию современных методов математического моделирования в задачах электроэнергетики и электротехники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование энергетических систем» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование энергетических систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ПК-1	Знать основные современные методы математического моделирования
	Уметь использовать основные методики математического описания объектов электроэнергетических систем при решении задач профессиональной сферы деятельности
	Владеть современными программными продуктами для имитационного моделирования процессов в электроэнергетических системах

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование энергетических систем» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	72	72
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы	144	144
з.е.	4	4

##### заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		9
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	14	14
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
<b>Самостоятельная работа</b>	126	126
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+

Общая трудоемкость академические часы	144	144
з.е.	4	4

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Общие вопросы моделирования.	Основные понятия и определения. Классификация моделей и видов моделирования. Математическое и компьютерное моделирование.	6	12	-	21	39
2	Моделирование элементов и систем электроснабжения	Математические модели базовых элементов энергетических систем. Моделирование источников питания. Моделирование трансформаторов. Моделирование линий электропередач.	10	16	18	30	74
3	Оптимизационные задачи электроснабжения	Основные понятия и определения. Оптимизация. Цели и методы оптимизации. Линейное и нелинейное программирование.	2	8	-	21	31
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>72</b>	<b>144</b>

#### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Общие вопросы моделирования.	Основные понятия и определения. Классификация моделей и видов моделирования. Математическое и компьютерное моделирование.	1	-	-	27	28
2	Моделирование элементов и систем электроснабжения	Математические модели базовых элементов энергетических систем. Моделирование источников питания. Моделирование трансформаторов. Моделирование линий электропередач.	2	6	4	72	84
3	Оптимизационные задачи электроснабжения	Основные понятия и определения. Оптимизация. Цели и методы оптимизации. Линейное и нелинейное программирование.	1	-	-	27	28
<b>Итого</b>			<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>126</b>	<b>144</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

- Использование численных и технических расчетов в среде SCILAB в области электроэнергетики
- Арифметические выражения в SCILAB. Форматный вывод в командное окно.
- Исследование динамических систем при помощи SCILAB.
- Иммитационное моделирование элементов систем электроснабжения с помощью модуля Xcos среды SCILAB.

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать основные современные методы математического моделирования	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать основные методики математического описания объектов электроэнергетических систем при решении задач профессиональной сферы деятельности	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть современными программными	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	продуктами для имитационного моделирования процессов в электроэнергетических системах		рабочих программах	в рабочих программах
--	---	--	--------------------	----------------------

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения, 9 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	Знать основные современные методы математического моделирования	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь использовать основные методики математического описания объектов электроэнергетических систем при решении задач профессиональной сферы деятельности	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть современными программными продуктами для имитационного моделирования процессов в электроэнергетических системах	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

– Что такое модель объекта?

А. Объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение всех свойств оригинала

В. Объект-оригинал, который обеспечивает изучение некоторых своих свойств

С. Объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение

некоторых свойств оригинала

D. Объект-оригинал, который обеспечивает изучение всех своих свойств – Какие граничные условия называются естественными?

A. Условия, налагаемые на функцию, которая ищется.

B. Условия, которые накладываются на производные функции, ищется, по пространственным координатам.

C. Условия, наложено на различные внешние силовые факторы, действующие на точки поверхности тела.

D. Условия, наложено на различные внутренние факторы, которые действуют внутри тела.

– Какой тип математических моделей использует алгоритмы?

A. Аналитические.

B. Знаковые.

C. Имитационные.

D. Детерминированные.

– Какой тип моделей выделен в классификации по принципам построения.

A. Наглядные.

B. Аналитические.

C. Знаковые.

D. Математические.

– Какие зависимые переменные существуют в моделях микроуровня?

A. Время.

B. Пространственные координаты.

C. Плотность и масса.

D. Фазовые координаты.

– Какой метод дискретизации модели относится к микроуровня?

A. Метод свободных сетей.

B. Метод конечных разностей.

C. Метод узловых давлений.

D. Табличный метод.

– Что называют краевыми условиями для системы уравнений математической модели?

A. Условия, накладываемые на границе исследуемой области и в начальный момент времени.

B. Условия, налагаемые на функцию, ищут.

C. Условия, налагаемые на производные искомой функции.

D. Условия, накладываемые в начальный момент времени.

– Укажите, какой из этапов выполняется при математическом моделировании после анализа.

A. Создание объекта, процесса или системы.

B. Проверка адекватности модели и объекта, процесса или системы на основе вычислительного и натурального эксперимента.

C. Корректировка постановки задачи после проверки адекватности модели.

D. Использование модели.

– Какие зависимые переменные существуют в моделях макроуровня?

A. Время и характеристики потока.

B. Фазовые переменные типа потенциала.

C. Пространственные координаты.

D. Фазовые переменные типа потока.

– Какие формулировки МКЭ существуют в зависимости от функции, ищут?

A. В перемещениях и деформациях

B. В деформациях.

C. В напряжениях и градиентах.

D. Смешанная и гибридная.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

– Используя программу SCILAB построить график функции на произвольном отрезке

$$y = 4 - \cos x^2$$

– Используя программу SCILAB найти корень уравнения

$$x - \sin x = 0.25$$

– Используя программу SCILAB найти численно корни полинома

$$x^2 - 12x - 4 = 0$$

– Используя программу SCILAB найти численное решение системы с заданной начальной точкой

$\begin{cases} x = e^x \cos y - 1 \\ y = e^x \sin y + 1 \end{cases}$	$(-0,9; 1,4)$
--	---------------

– Используя программу SCILAB решить систему в матричной форме

$$\begin{cases} 4x_1 + x_2 + 4x_3 = 138, \\ 2x_1 + 4x_2 + 6x_3 = 225, \\ x_1 + 2x_2 + x_3 = 80 \end{cases}$$

– Используя программу SCILAB найти определённый интеграл функции  $f(x)$  на отрезке  $[a, B]$

$\frac{x+1}{\sqrt{x}}$	1	6
------------------------	---	---

– Используя программу SCILAB найти значение первой производной функции  $f(x)$  в точке  $x$ .

$e^{-x^2}$	2
------------	---

– Используя программу SCILAB найти произведение положительных элементов вектора, стоящих на местах, кратных 3. Добавить к исходной матрице новую последнюю строку, состоящую из сумм элементов каждого столбца. Добавить справа к полученной матрице столбец минимальных значений каждой строки. Вывести исходные и полученные данные в виде:



Исходный вектор:

2. -3. 7. 9. -3. -4. 7. 3. 1.

Произведение положительных элементов на местах, кратных 3: 7

Исходная матрица:

2. 3. 4. 5.

-3. 4. -6. 9.

Измененная матрица:

2. 3. 4. 5. 2.

-3. 4. -6. 9. -6.

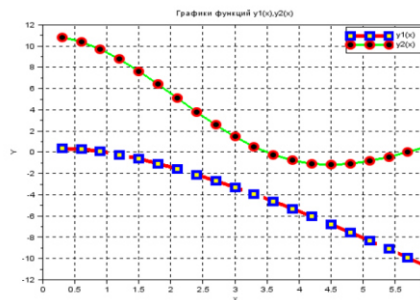
-1. 7. -2. 14. -2.

– Используя программу SCILAB создать массив значений аргумента, и получить массивы значений двух функций. Использовать поэлементные операции с массивами. Построить графики двух функций в одном окне. Задать такие шаг и диапазон изменения аргумента, которые показаны в примере. Применить все возможности оформления линий, маркеров и окон.

Даны две функции одного аргумента:

$$y_1(x) = x \ln \frac{1}{|x|}, \quad y_2(x) = 1 + 10 \frac{\sin x}{x}.$$

Построить графики, задав шаг и диапазон аргумента как на рисунке:



– Используя программу SCILAB построить трехмерное графическое изображение тора. Поверхность тора в декартовых координатах (x,y,z) может быть задана параметрически через независимые аргументы  $\alpha$  и  $\beta$  которые принимают значения от  $-\pi$  до  $\pi$ :

$$x = \sin \alpha (2 + \sin \beta),$$

$$y = \cos \alpha (2 + \sin \beta),$$

$$z = \cos \beta.$$

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

– В программе SCILAB задать мощности  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  трех потребителей электроэнергии на участке промышленного предприятия и их координаты  $x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3$ . Рассчитать координаты  $x_0, y_0$  центра нагрузок по формулам:

$$x_0 = \frac{P_1 x_1 + P_2 x_2 + P_3 x_3}{P_1 + P_2 + P_3}, \quad y_0 = \frac{P_1 y_1 + P_2 y_2 + P_3 y_3}{P_1 + P_2 + P_3}.$$

Вывести рассчитанные и исходные значения в виде:

КООРДИНАТЫ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК:

$$x_0 = 21.02 \text{ м} \quad y_0 = 34.03 \text{ м}$$

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Номер	X, м	Y, м	P, кВт
1	13.50	45.00	55.80
2	20.00	32.00	17.40
3	35.00	15.60	31.30

– В программе SCILAB задать значения сопротивления  $r$ , индуктивности  $L$  и емкости  $C$ , подключенных параллельно к двум узлам, и амплитуду  $U_m$  и частоту  $f$  приложенного к этим узлам синусоидального напряжения. Определить циклическую частоту  $\omega$ , амплитуду  $I_m$  и угол  $\varphi$  сдвига фазы суммарного тока:

$$\omega = 2\pi f, \quad I_m = U_m \sqrt{\frac{1}{r^2} + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2},$$
$$\varphi = \arctg\left(r\left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)\right).$$

Выдать исходные и расчетные значения в виде:

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

$$r=10.0 \text{ Ом} \quad L=0.1500 \text{ Гн} \quad C=0.0120 \text{ Ф}$$

Напряжение на зажимах, В:

$$U=20.00*\cos(314*t)$$

РАСЧЕТНЫЙ СУММАРНЫЙ ТОК, А:

$$I=75.00*\cos(314*t-88)$$

– В программе SmathStudio найдите распределение величины напряжения и тока вдоль ЛЭП 500 кВ длиной  $L = 500$  км при холостом ходе и при передаче мощности нагрузки меньше и больше натуральной мощности линии. Конструкция фазы линии: 3хАС-400/51.

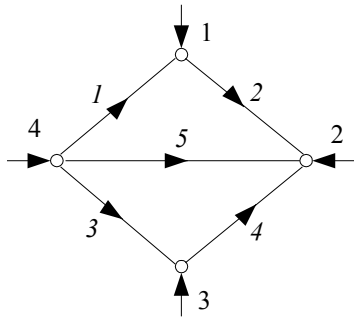
– В программе SmathStudio выполните оценку погрешностей двух упрощенных математических моделей ЛЭП – уравнений идеальной линии и уравнений для П-образной схемы замещения без учета распределенности параметров – для конкретной ЛЭП 500 кВ. Для этого построим зависимости напряжения в начале линии  $U_1$  от длины линии при передаче мощности нагрузки, близкой к натуральной мощности линии. Конструкция фазы линии: 3хАС-400/51.

– В программе SmathStudio постройте внешнюю характеристику силового трансформатора ТРДЦН-63000/110 по его математической модели –

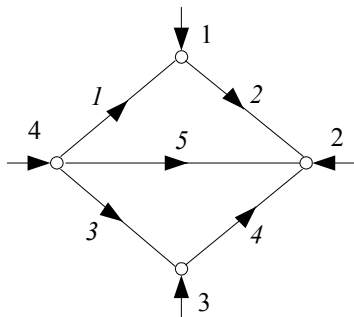
Г-образной схеме замещения.

– В программе SmathStudio найдите коэффициенты статической характеристики нагрузки по опытным данным для активной и реактивной мощности и определите их регулирующие эффекты.

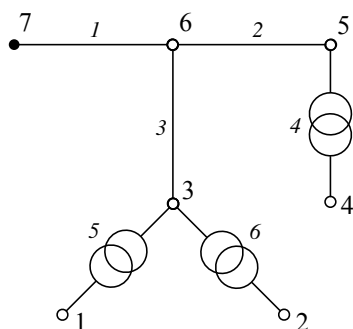
– В программе SmathStudio рассчитайте напряжения в узлах и токи в ветвях схемы электрической сети, граф которой изображен на рисунке по заданным параметрам.



– В программе SmathStudio рассчитайте напряжения в узлах и потоки мощности в ветвях схемы сети, граф которой изображен на рисунке по заданным параметрам.

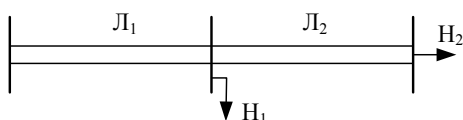


– В программе SmathStudio рассчитайте напряжения в узлах электрической сети при несовпадении базисного и балансирующего узлов.



Ветви 1, 2 и 3 графа – это линии электропередачи 110 кВ, выполненные проводом марки АС-120/19 с погонными параметрами  $r_0 = 0,249$  Ом/км;  $x_0 = 0,427$  Ом/км;  $b_0 = 2,6$  мкСм/км. Три двухобмоточных трансформатора имеют номинальные напряжение обмоток высшего и низшего напряжения соответственно 115 и 11 кВ.

В программе SmathStudio получите эквивалентную схему сети, изображенной на рисунке, посредством представления ее эквивалентным четырехполюсником и П-образной схемой замещения. Нагрузку  $H_1$  представим в эквиваленте схемой замещения. Вычислите напряжение и мощность в начале схемы сети по известным напряжению и мощности в конце схемы по уравнению эквивалентного четырехполюсника и эквивалентной схеме замещения.



Параметры ЛЭП –  $L_1$  и  $L_2$ :

Эл е-м ент	Марка провода	$U_{ном},$ кВ	$L,$ км	Количес тво цепей	$r_0,$ Ом/км	$x_0,$ Ом/к м	$g_0,$ мкСм/ км	$b_0,$ мкСм/к м
$L_1$	АС-240/ 32	220	80	2	0,118	0,435	0	2,604
$L_2$	АС-240/ 32	220	40	2	0,118	0,435	0	2,604

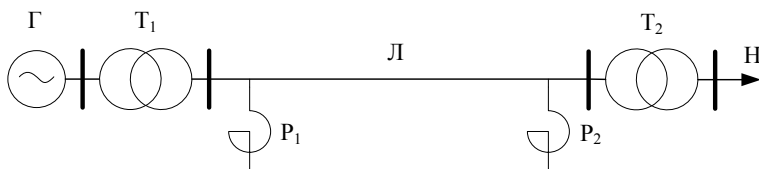
Мощность нагрузки  $H_1$ :  $\underline{S}_{H1} = 80 + j36$  МВ⊙А.

Мощность нагрузки  $H_2$ :  $\underline{S}_{H2} = 120 + j50$  МВ⊙А. Напряжение на шинах нагрузки  $H_2$ :  $U_2 = 226$  кВ.

– В программе SmathStudio получите эквивалентную схему электропередачи,

показанной на рисунке. Преобразуйте для этого элементы  $T_1$ ,  $P_1$ ,  $L$ ,  $P_2$  и  $T_2$  в эквивалентную схему, представленную четырехполосником и П-образной схемой замещения. Вычислим напряжение и мощность в начале электропередачи по известным напряжению и мощности в ее конце по уравнению эквивалентного четырехполосника.

Схема имеет одноцепную ЛЭП и по одному трансформатору с обеих сторон.



Параметры трансформаторов –  $T_1$  и  $T_2$  :

Элемент	Тип	$S_{\text{НОМ}}$ , МВ · А	$U_{\text{ВН}}$ , кВ	$U_{\text{НН}}$ , кВ	$R$ , Ом	$X$ , Ом	$P_x$ , кВт	$Q_x$ , квар
$T_1$	ТЦ-630000/500	630	525	15,75	0,9	61,3	500	2205
$T_2$	3хАОДЦТН-1670 00/500	3x167	500	230	1,0	61,1	3x125	3x2004

Параметры ЛЭП –  $L$ :

Элемент	Конструкция фазы	$U_{\text{НОМ}}$ , кВ	$L$ , км	$r_0$ , Ом/км М	$x_0$ , Ом/км М	$g_0$ , мкСм/км	$b_0$ , мкСм/км
$L$	3хАС-500/64	500	525	0,2	0,304	0,08	3,64

Параметры реакторов –  $P_1$  и  $P_2$  :

Элемент	Тип	$S_{\text{НОМ}}$ , МВ · А	$U_{\text{НОМ}}$ , кВ	$\square P$ , кВт
$P_1$ и $P_2$	3хРОДЦ-60	3 x 60	525	3 x 150

Мощность нагрузки –  $H$ :  $\underline{S}_H = 350 + j140$  МВ·А. Напряжение на шинах нагрузки 220 кВ.

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

- Дайте определения понятиям «модель», «оригинал», «моделирование»
- Каковы основные цели моделирования технических объектов?
- Назовите и кратко охарактеризуйте основные этапы моделирования
- Назовите возможные классификационные признаки моделей
- Приведите классификацию и дайте примеры идеальных (абстрактных) моделей
- Приведите классификацию и дайте примеры материальных моделей

- Охарактеризуйте особенности физического и натурального моделирования, приведите примеры их использования в задачах электроснабжения
- Дайте характеристику математических моделей; приведите их примеры.
- Назовите достоинства и особенности математического моделирования
- Охарактеризуйте основные этапы компьютерного моделирования
- Основные требования к математическим моделям
- Классификация математических моделей
- Основное отличие между структурными и функциональными математическими моделями, их достоинства и недостатки?
- Основное отличие между аналитическими и алгоритмическими математическими моделями, их достоинства и недостатки?
- Характеристика имитационных математических моделей; область их применения, преимущества.
- Основные типы задач моделирования в электроснабжении, краткая характеристика
- Особенности задач моделирования в электроснабжении, требования к точности выходных данных.
- Математические модели простейших элементов электротехнических устройств.
- Математическая модель резистора в цепи переменного тока, временные диаграммы напряжения, тока, мощности и энергии.
- Математическая модель индуктивности в цепи переменного тока, временные диаграммы напряжения, тока, мощности и энергии.
- Математическая модель емкости в цепи переменного тока, временные диаграммы напряжения, тока, мощности и энергии.
- Математические модели источников питания систем электроснабжения и какие существуют особенности их моделирования.
- Математическая модель двигателей для учета подпитки места короткого замыкания.
- Математическая модель двухобмоточного силового трансформатора.
- Математическая модель трехобмоточного силового трансформатора.
- Математическая модель линии электропередач.
- Основные методы моделирования электрических нагрузок, их достоинства и недостатки.

#### **7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент

набрал менее 10 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 14 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 15 до 18 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 19 до 20 баллов.)

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Общие вопросы моделирования.	ПК-1	Тест, устный опрос, выполнение индивидуальных заданий
2	Моделирование элементов и систем электроснабжения	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, выполнение индивидуальных заданий
3	Оптимизационные задачи электроснабжения	ПК-1	Тест, устный опрос, выполнение индивидуальных заданий

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

**Митрофанов, С.В.** Моделирование в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Семенова; С.В. Митрофанов. - Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. - 144 с. - ISBN

978-5-7410-1346-5. URL: <http://www.iprbookshop.ru/61379.html>

**Моделирование в электроэнергетике** / А.Ф. Шаталов. - Ставрополь : Агрус, 2014. - 140 с. - ISBN 978-5-9596-1059-3. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277510>

**Моделирование в электроэнергетике** [Электронный ресурс] : Учебное пособие / М. А. Мастепаненко [и др.]. - Ставрополь : АГРУС, 2018. - 128 с. - ISBN 978-5-9596-1419-5. URL: <http://www.iprbookshop.ru/92966.html>

208-2021 **Математическое моделирование систем электроснабжения** [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ № 4-9 для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электроснабжение» и «Моделирование систем электроснабжения»); направления 35.03.06 «Агроинженерия» (профиль «Электроснабжение и электрооборудование сельскохозяйственных предприятий») всех форм обучения / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", Каф. электромеханических систем и электроснабжения; сост.: Т.Е. Черных, А.В. Тикунов. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2021. - Электрон. текстовые и граф. данные (1,60 Мб).

209-2021 **Математическое моделирование систем электроснабжения** [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-3 для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электроснабжение» и «Моделирование систем электроснабжения»); направления 35.03.06 «Агроинженерия» (профиль «Электроснабжение и электрооборудование сельскохозяйственных предприятий») всех форм обучения / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", Каф. электромеханических систем и электроснабжения; сост.: Т.Е. Черных, А.В. Тикунов. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2021. - Электрон. текстовые и граф. данные (1,11 Мб).

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader
- Internet explorer;
- SCILAB;



- SMath Studio.
- Компас-График LT.

#### 8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

#### 8.2.3 Информационные справочные системы

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

#### 8.2.4 Современные профессиональные базы данных

- ФГУП «Стандартинформ». Адрес ресурса: <http://www.gostinfo.ru/catalog/gostlist/>
- Netelectro Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>
- Marketelectro Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>
- Чертежи.ru Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>
- БАЗА ДАННЫХ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ и ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ Адрес ресурса: <https://online-electric.ru/dbase.php>
- База данных ГОСТов по энергетике. Адрес ресурса: <https://www.ruscable.ru/doc/docgost/>
- Единая система конструкторской документации. URL: [https://standartgost.ru/0/2871-edinaya\\_sistema\\_konstruktorskoj\\_dokumentatsii](https://standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktorskoj_dokumentatsii)
- Чертежи.ru Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>

### **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

**Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

**Дисплейный класс**, оснащенный программным обеспечением для проведения лабораторного практикума.

### **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Математическое моделирование энергетических систем» .



Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков моделирования систем электроснабжения и их отдельных элементов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на персональных компьютерах с установленным соответствующим программным обеспечением в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

### 6 Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	
3	<p>Проведена актуализация РПД согласно изменению ФГОС ВО (редакция с изменениями №1456 от 26.11.2020).</p> <p>Актуализирован разделы 8.1 и 8.2 в части состава используемого методического обеспечения, а также программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем</p>	31.08.2021	