

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент  А. В. Белоусов

« 28 »  2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИКЕ

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Электропривод и автоматика

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем
Кафедра электроэнергетики и автоматика

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28 февраля 2018 г.;
- плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: _____ А. В. Погорелов
канд. техн. наук _____ А. С. Солдатенков

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматизации

« 15 » мая 2021 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент _____ А. В. Белоусов

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматизации

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент _____ А. В. Белоусов

« 15 » мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 20 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент _____ А. Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональная	ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.9. Выполняет математическое и имитационное моделирование элементов систем управления и электротехнических устройств	<p>Знания принципов моделирования, методов анализа и синтеза математических моделей, программного обеспечения имитационного моделирования в энергетике.</p> <p>Умения составлять математические модели; применять полученные знания для имитационного моделирования в энергетике.</p> <p>Навыки разработки и оценки адекватности математических и имитационных моделей в энергетике.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Компетенция ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Высшая математика
2	Физика
3	Химия
4	Численные методы
5	Основы теории управления
6	Имитационное моделирование в энергетике
7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации: зачет (5 семестр).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	53	53
лекции	17	17
лабораторные	34	34
практические	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	55	55
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	46	46
Экзамен	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Основы математического моделирования в энергетике					
1	Моделирование в решении задач энергетике.	1			0,5
2	Классификация математических моделей, применяемых в энергетике.	2			1
3	Основные требования, предъявляемые к математическим моделям и методам их решения.	2			1
4	Критерии оценки качества математических моделей в энергетике.	2			1
2. Технология имитационного моделирования в энергетике					
1	Технология имитационного моделирования	2			1

2	Этапы имитационного моделирования	2			0,5
3	Программные средства имитационного моделирования в энергетике	2			1
3. Решение задач электротехники с помощью моделирования					
1	Имитационное моделирование элементов и объектов, применяемых в энергетике	1		10	10
2	Создание имитационных моделей цепей постоянного и переменного тока	1		8	10
3	Моделирование трехфазных цепей при различных схемах соединения источников электрической энергии и потребителей	1		8	10
4	Моделирование переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока.	1		8	10
	ВСЕГО	17		34	46

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий.
Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 5				
1	Решение задач электротехники с помощью моделирования	Получение первичных навыков работы с программным обеспечением для решения задач энергетики	4	4
2		Изучение библиотеки блоков расширений Simulink и SimPowerSystems программного пакета MATLAB	6	6
3		Создание имитационных моделей цепей постоянного и переменного тока	8	8
4		Моделирование трехфазных цепей при различных схемах соединения источников электрической энергии и потребителей	8	8
5		Моделирование переходных процессов в электрических цепях	8	8
	ВСЕГО		34	34

4.4. Содержание курсового проекта/работы.
Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

4.5. Содержание расчетно-графического задания.
Расчетно-графическое задание учебным планом не предусмотрено.

4.6. Содержание индивидуального домашнего задания.

Индивидуальное домашнее задание имеет целью научить студента имитационному моделированию электрических машин (трансформаторов, двигателей). В процессе выполнения задания студент должен рассчитать и составить имитационную модель в соответствии с вариантом.

Исходные данные для выполнения ИДЗ: паспортные данные трансформатора и паспортные данные двигателя.

В процессе выполнения индивидуального домашнего задания необходимо:

- осуществить расчет параметров имитационной модели;
- составить имитационную модель;
- выбрать измерительные приборы;
- измерить показания приборов;
- проанализировать полученные результаты.

Объем времени на самостоятельную работу, необходимого для выполнения задания составляет 9 часов.

ИДЗ оформляется на листах формата А4 объемом до 10-15 страниц и включает:

- титульный лист;
- постановка задачи;
- основная часть: принципиальная схема, имитационная модель, описание элементов модели, результаты моделирования, выводы;
- список используемой литературы.

Пример ИДЗ

Таблица 1. Исходные данные

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВА	Номинальные напряжения, кВ		Потери, кВт		Напряжения КЗ, %	Ток ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТМ-100/10/0,4 У1	100	10	0,4	0,2	1,3	4,5	2,5

Необходимо рассчитать параметры модели силового трехфазного двухобмоточного трансформатора (см. рис. 1) из библиотеки SimPowerSystems системы динамического моделирования MATLAB-Simulink.

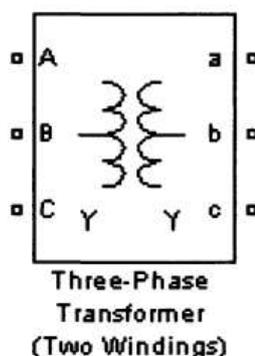


Рис. 1. Пиктограмма блока двухобмоточного трансформатора в SimPowerSystem

Параметры модели связаны со схемой замещения силового двухобмоточного

трансформатора (рис. 2).

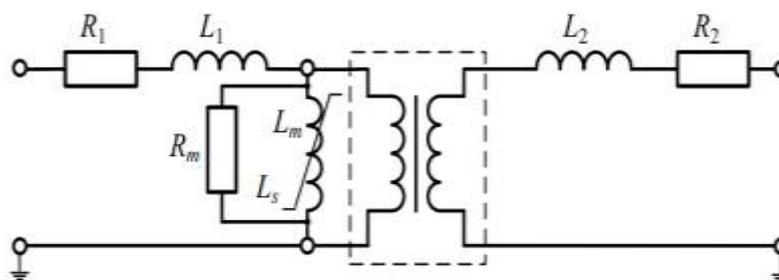


Рис. 2. Модель силового двухобмоточного трансформатора

Все необходимые параметры схемы замещения были посчитаны с помощью пакета прикладных программ MATLAB. Листинг программы по расчёту параметров представлен дальше.

Листинг 1

```
f=50;
w=2*pi*f;
m=3;
%звезда - 10/0.4
S1_3=100000; %номинальная мощность, ВА
U1_3=10000; %Uвн, В
U2_3=380; %Uнн, В
U0kz_3=4.5; %Uкз, %
Pkz_3=1300/m; %Ркз, Вт
Ixx_3=2.5; %Ixx, %
Pxx_3=200/m; %Рxx, Вт
S1f_3=S1_3/m; %мощность на фазу, ВА
U1f_3=U1_3/sqrt(3); %Uвн_ф, В
I1f_3=S1f_3/U1f_3; %Iвн_ф=Iвн_л, А
%ОПЫТ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ
Ukz_3=U0kz_3/100*U1f_3; %Uкз, В
Zkz_3=Ukz_3/I1f_3; %Zкз, Ом
cosfikz_3=Pkz_3/(Ukz_3*I1f_3); %cos(fi_кз)
Rkz_3=cosfikz_3*Zkz_3; %Rкз, Ом
Xkz_3=sqrt(1-cosfikz_3^2)*Zkz_3; %Xкз, Ом
n_3=U2_3/U1_3; %коэффициент трансформации
R1_3=Rkz_3/2; %R1, Ом
X1_3=Xkz_3/2; %X1, Ом
L1_3=X1_3/(w); %L1, Гн
R2_3=R1_3*n_3^2; %R2, Ом
X2_3=X1_3*n_3^2; %X2, Ом
L2_3=X2_3/(w); %L2, Гн
Z1_3=sqrt(R1_3^2+X1_3^2); %Z1, Ом
Z2_3=sqrt(R2_3^2+X2_3^2); %Z2, Ом
cosfi1_3=R1_3/Z1_3; %cos(fi1)
cosfi2_3=R2_3/Z2_3; %cos(fi2)
Zb_3=U1_3^2/S1_3; %Zб, Ом
%ОПЫТ ХОЛОСТОГО ХОДА
```

$I_{0_3} = I_{xx_3} * I_{1f_3} / 100;$	% I_{xx} , А
$\cos\phi_{0_3} = P_{xx_3} / U_{1f_3} / I_{0_3};$	% $\cos(\phi_{1_xx})$
$\sin\phi_{0_3} = \sqrt{1 - \cos\phi_{0_3}^2};$	% $\sin(\phi_{1_xx})$
$Z_{m_3} = U_{1f_3} / I_{0_3};$	% Z_{xx} , Ом
$R_{m_3} = P_{xx_3} / (I_{0_3}^2);$	% R_m , Ом (ветвь намагничивания)
$X_{m_3} = \sqrt{Z_{m_3}^2 - R_{m_3}^2};$	% X_m , Ом (ветвь намагничивания)
$L_{m_3} = X_{m_3} / \omega;$	% L_m , Гн (ветвь намагничивания)
$R_{o1_3} = R_{1_3} / Z_{b_3};$	% R_1 , о.е
$R_{o2_3} = R_{2_3} / Z_{b_3} / n_{3}^2;$	% R_2 , о.е
$L_{o1_3} = X_{1_3} / Z_{b_3} / \omega;$	% L_1 , о.е.
$L_{o2_3} = X_{2_3} / Z_{b_3} / n_{3}^2 / \omega;$	% L_2 , о.е.
$R_{m_{o_3}} = R_{m_3} / Z_{b_3};$	% R_m , о.е. (ветвь намагничивания)
$L_{m_{o_3}} = X_{m_3} / Z_{b_3} / \omega;$	% L_m , о.е. (ветвь намагничивания)

В данной программе исходными данными являются такие параметры, как:

- Частота, $f = 50$ Гц (промышленная частота переменного тока в России);
- Число фаз, $m = 3$ (так как нагрузка трёхфазная);
- Номинальная полная мощность трансформатора, $S_{ном} = 100000$ ВА (паспортные данные);
- Напряжение на высокой стороне, $U_{ВН} = 10000$ В (паспортные данные);
- Напряжение на низкой стороне, $U_{НН} = 380$ В (паспортные данные);
- Напряжение короткого замыкания, $U_K = 4,5$ % (паспортные данные);
- Потери короткого замыкания, $P_{кз} = 1300$ Вт (паспортные данные);
- Ток холостого хода, $I_{xx} = 2,5$ % (паспортные данные);
- Потери холостого хода, $P_{xx} = 200$ Вт (паспортные данные).

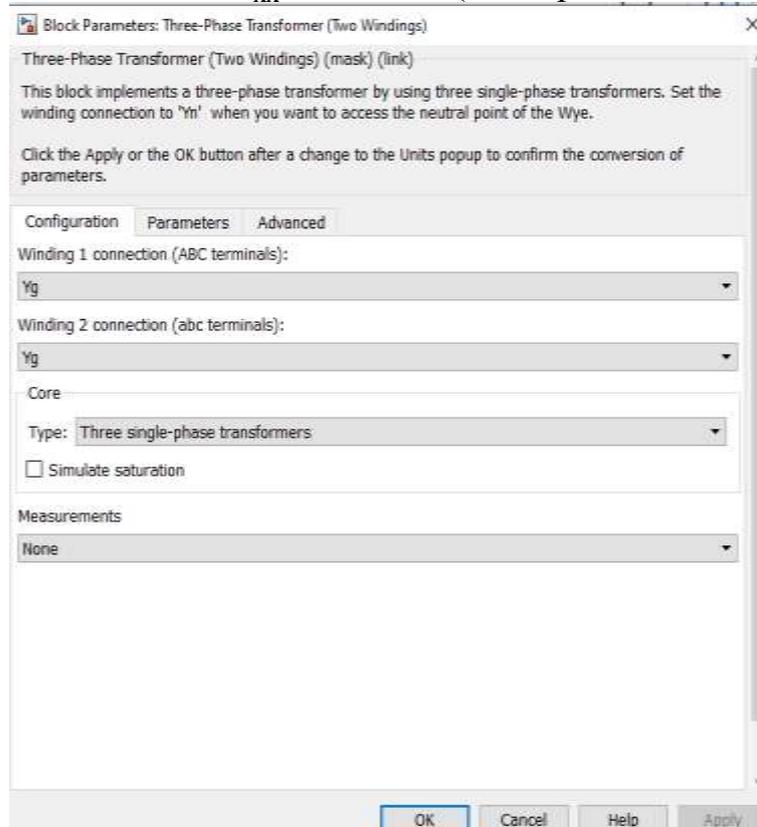


Рис. 3. Вкладка «Конфигурация» двухобмоточного трансформатора

Здесь был указан тип трансформатора (в плане количества фаз), а также

соединение обмоток ВН и НН.

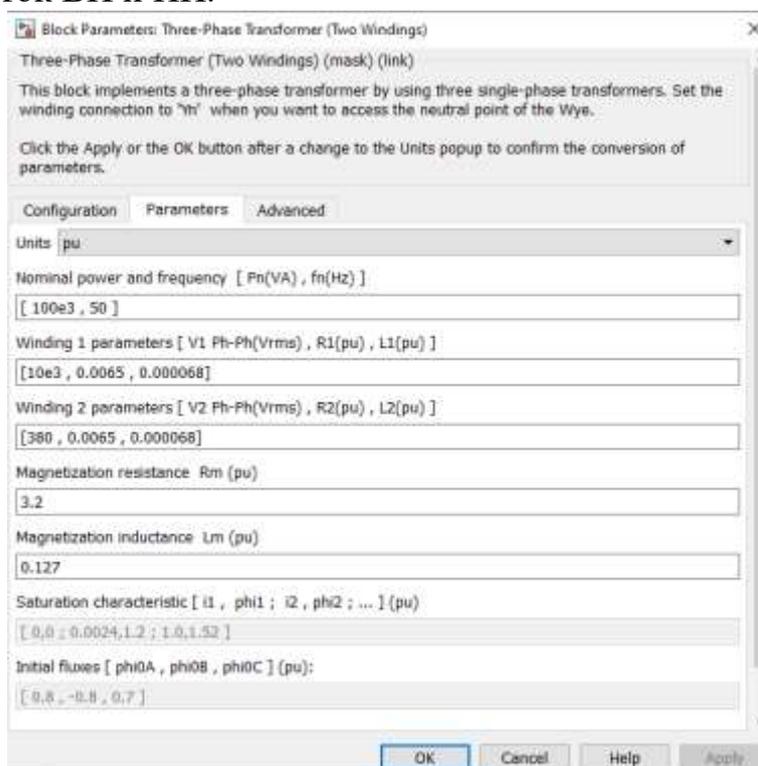


Рис. 4. Вкладка «Параметры» двухобмоточного трансформатора

Здесь указаны посчитанные параметры силового трансформатора исходя из полученных данных при расчёте Т-образной схемы замещения трансформатора.

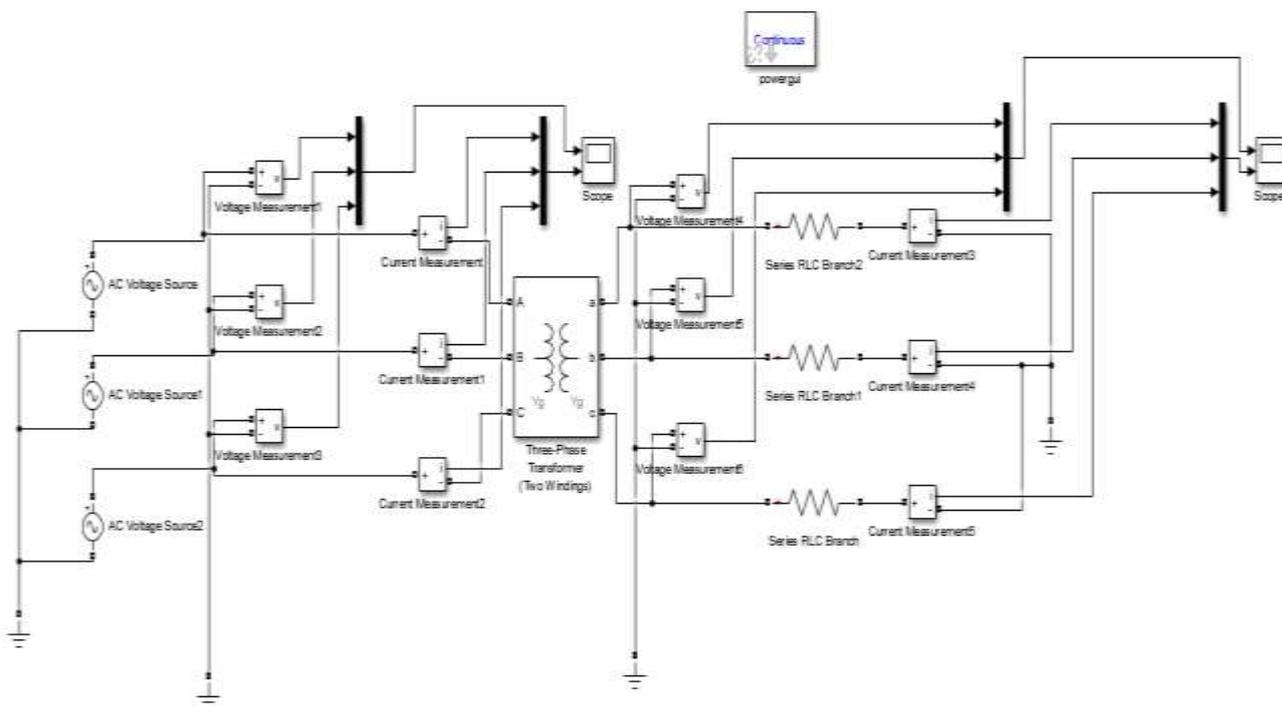


Рис. 5. Имитационная модель трехфазного двухобмоточного трансформатора

По результатам имитационного моделирования были получены диаграммы амплитудных фазных значений токов и напряжений на сторонах ВН и НН трансформатора, приведенные ниже (см. рис. 6-7).

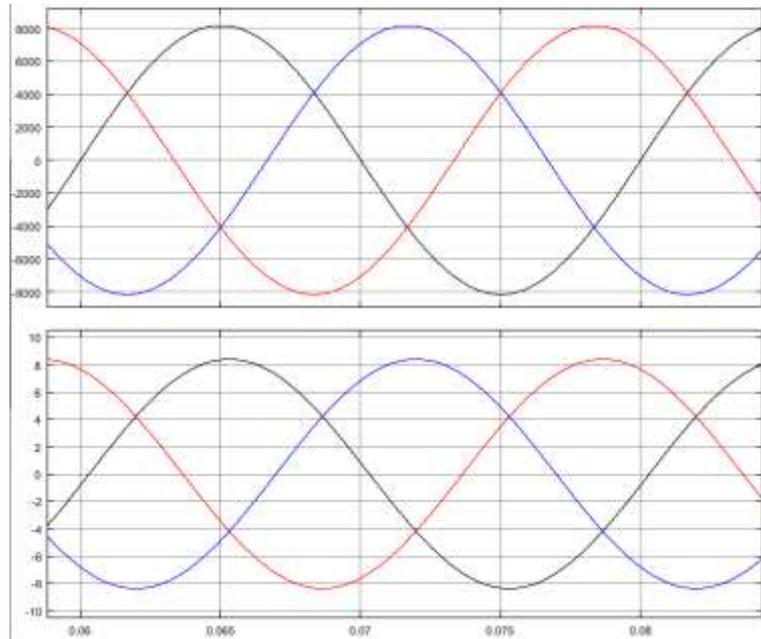


Рис. 6. Диаграммы напряжений и токов обмотки ВН моделирования силового трансформатора в MATLAB Simulink

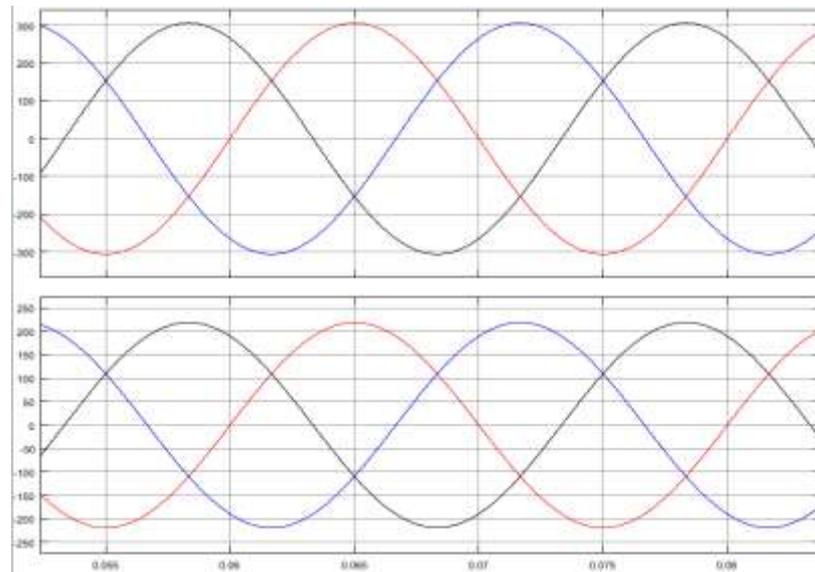


Рис. 7. Диаграммы напряжений и токов НН моделирования силового трансформатора в MATLAB Simulink

Переведем амплитудные значения напряжений ВН и НН в действующие:

$$U_{\text{действВН}} = U_{\text{амплВН}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = 8200 \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = 10,04 \text{ кВ};$$

$$U_{\text{действНН}} = U_{\text{амплНН}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = 310 \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = 379,67 \text{ кВ}.$$

По номинальным данным трансформатора найдем токи ВН и НН:

$$I_{\text{действВН}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}} \cdot \sqrt{2} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \sqrt{2} = 8,16 \text{ А};$$

$$I_{\text{действНН}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НН}}} \cdot \sqrt{2} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} \cdot \sqrt{2} = 204,12 \text{ А}.$$

Сведем полученные данные в таблицу 2.

Таблица 2. Сравнение полученных значений

	Модель	Номинальные данные
Ток ВН, А	8,2	8,16
Ток НН, А	208,3	204,12
Напряжение ВН, кВ	10,04	10
Напряжение НН, кВ	379,67	0,4

Проанализировав полученные результаты моделирования и номинальным данные трансформатора, можно сделать вывод, что имитационная модель силового трансформатора марки ТМ-100/10/0,4 разработана правильно.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенция ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-3.9. Выполняет математическое и имитационное моделирование элементов систем управления и электротехнических устройств	Зачет, выполнение индивидуального домашнего задания, защита лабораторных работ

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце пятого семестра обучения в форме зачета.

Вопросы для подготовки к зачету

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основы математического моделирования энергетике	<ol style="list-style-type: none"> 1. Моделирование в решении задач энергетики. 2. Общая классификация моделей. 3. Математическая модель, основные понятия и определения. 4. Классификация математических моделей. 5. Основные требования, предъявляемые к математическим моделям и методам их решения. 6. Математическая модель электротехнической системы. 7. Классификация математических моделей, применяемых в энергетике. 8. Критерии оценки качества математических моделей электротехнических систем и систем управления.
2	Технология имитационного моделирования в энергетике	<ol style="list-style-type: none"> 1. История развития имитационного моделирования. 2. Численные методы в энергетике. 3. Технология имитационного моделирования. 4. Этапы имитационного моделирования. 5. Сходимость имитационных моделей. 6. Языки программирования для создания моделей. 7. Модельно-ориентирование программирование. 8. Программные средства моделирования в энергетике.
3	Решение задач электротехники с помощью моделирования	<ol style="list-style-type: none"> 1. Имитационное моделирование электротехнических систем и систем управления в MATLAB. 2. Специализированный язык программирования MATLAB. 3. Структура программного комплекса MATLAB. 4. Структура расширения Simulink. 5. Базовая библиотека блоков Simulink. 6. Библиотека блоков SimPowerSystem. 7. Создание имитационных моделей цепей постоянного и переменного тока. 8. Моделирование трехфазных цепей при различных схемах соединения источников электрической энергии и потребителей. 9. Моделирование переходных процессов в электрических цепях постоянного тока. 10. Расчет моделей трансформаторов и двигателей.

Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы “Не предусмотрено учебным планом”

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение 5 семестра - в форме защиты лабораторных работ и выполнения индивидуального домашнего задания.

Защита лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и

методические указания к работе, приведен порядок выполнения работы, содержание отчета и перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения работы и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Получение первичных навыков работы с программным обеспечением для решения задач энергетики.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какими преимуществами обладает MATLAB перед другими программными средствами для моделирования, позволяющими решать задачи электроэнергетики? 2. Объясните структуру программного комплекса MATLAB. 3. Опишите функциональные возможности главной структуры MATLAB. 4. Опишите специализированный язык программирования MATLAB. 5. Опишите алгоритм создания программ с использованием языка MATLAB. 6. Как пользоваться различными расширениями MATLAB?
2.	Лабораторная работа №2. Изучение библиотеки блоков расширений Simulink и SimPowerSystems программного пакета MATLAB.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какими функциональными возможностями обладает расширение Simulink? 2. Опишите базовую библиотеку блоков Simulink и приведите примеры блоков. 3. Опишите алгоритм создания подсистем (Substems). 4. Какими функциональными возможностями обладает расширение SimPowerSystem? 5. Опишите алгоритм настройки Simulink для корректной работы MATLAB с SimPowerSystem. 6. Опишите библиотеку блоков SimPowerSystem и приведите примеры блоков.
3.	Лабораторная работа №3. Создание имитационных моделей цепей постоянного и переменного тока	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие основные блоки требуются для создания цепей постоянного тока? 2. Какие основные блоки требуются для создания модели цепей переменного тока? 3. Как настроить блоки для моделирования источников питания постоянного тока? 4. Как настроить блоки для моделирования источников питания переменного тока? 5. Как настроить блоки для моделирования активных и реактивных элементов электрических цепей? 6. Какие измерительные блоки необходимо подключить для исследования электрических цепей?
4.	Лабораторная работа №4. Моделирование трехфазных цепей при различных схемах соединения источников электрической энергии и потребителей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Из чего состоят трехфазные цепи? 2. Какие блоки необходимы, чтобы создать модель трехфазной цепи? 3. Как настроить блоки для моделирования трехфазных источников питания? 4. Как настроить блоки для моделирования трехфазной нагрузки? 5. Какие измерительные блоки необходимо подключить для исследования трехфазных цепей? 6. Каким образом можно измерять активную и реактивную мощность в трехфазной цепи?
5.	Лабораторная работа №5. Моделирование переходных процессов в электрических цепях	<ol style="list-style-type: none"> 1. Причины возникновения переходных процессов в электрических цепях. 2. Какие блоки требуются для создания переходных процессов в электрических цепях? 3. Как настроить блоки для моделирования включения и выключения? 4. Какие измерительные блоки необходимо подключить для исследования переходных процессов? 5. Опишите результаты моделирования интегрирующих и дифференцирующих цепей. 6. Каким образом можно учитывать паразитные емкости и индуктивности в модели электрической цепи.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета (2 семестр) используется следующая шкала оценивания: не зачтено, зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей компетенций являются

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Полнота ответов на вопросы
	Логика изложения знаний
Умения	Самостоятельность выполнения ИДЗ
	Качество оформления ИДЗ и отчетов для лабораторных работ
	Умение делать выводы по результатам выполнения ИДЗ и лабораторных работ
Навыки	Выбор методики выполнения ИДЗ
	Анализ полученных результатов ИДЗ и лабораторных работ
	Обоснование полученных результатов ИДЗ и лабораторных работ

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

При промежуточной аттестации в форме **зачета**:

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Знание терминов, определений и понятий	Не знает терминов, определений и понятий, применяемых при описании моделей и алгоритмов имитационного моделирования	Знает термины, определения и понятия, применяемые при описании моделей и алгоритмов имитационного моделирования
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство задаваемых вопросов про имитационное моделирование в энергетике	Дает полные ответы на большую часть заданных вопросов про имитационное моделирование в энергетике
Логика изложения знаний	Излагает знания без логической последовательности описания алгоритмов имитационных моделей.	Излагает знания без нарушений в логической последовательности описания алгоритмов имитационных моделей

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Самостоятельность выполнения ИДЗ	Не выполнено ИДЗ, в том числе и с дополнительной помощью	Выполнено ИДЗ задание в основном самостоятельно
Качество оформления ИДЗ и отчетов для лабораторных работ	ИДЗ и лабораторные работы оформлено настолько неряшливо, что не поддаются проверке	ИДЗ и отчеты по лабораторным работам оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями пояснения блоков
Умение делать выводы по результатам	Не умеет формулировать выводы по разработке и исследованию моделей имитационных моделей в	Допускаются небольшие неточности при формулировании выводов по разработке и исследовании имитационных моделей

выполнения ИДЗ и лабораторных работ	энергетике	в энергетике
-------------------------------------	------------	--------------

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Выбор методики выполнения ИДЗ	Неверно выбрана методика выполнения ИДЗ	Методика выполнения ИДЗ выбрана верно
Анализ и обоснование полученных результатов лабораторных работ и ИДЗ	Не произведен анализ результатов имитационного моделирования устройств электротехники и системы управления	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов моделирования устройств электротехники и системы управления
Обоснование полученных результатов лабораторных работ и ИДЗ	Представляемые результаты имитационного моделирования устройств электротехники и системы управления не обоснованы	Представляемые результаты имитационного моделирования устройств электротехники и системы управления обоснованы и в целом аргументированы

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Компьютерный класс М424, оснащенный презентационной техникой (проектор Acer Projector P1165) и персональными компьютерами (Intel Core i3-8100 CPU 3.60 ГГц/ Gigabyte Z370 HD3/ RAM 8192 Мб/ HDD 1 Тб/ NVIDIA GeForce GTX 750/ AOC 23,8"/ ASUS DRW-24D5MT/ Wi-Fi/ LAN100Mb/ CyberPower BS850E), подключенными к локальной сети университета с доступом в интернет.
2	Учебная аудитория для лабораторных работ, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Компьютерный класс М424, оснащенный презентационной техникой (проектор Acer Projector P1165) и персональными компьютерами (Intel Core i3-8100 CPU 3.60 ГГц/ Gigabyte Z370 HD3/ RAM 8192 Мб/ HDD 1 Тб/ NVIDIA GeForce GTX 750/ AOC 23,8"/ ASUS DRW-24D5MT/ Wi-Fi/ LAN100Mb/ CyberPower BS850E), подключенными к локальной сети университета с доступом в интернет. специализированное программное обеспечение для расчета и моделирования различных систем в установившемся и переходном режимах: Matlab 2013b, v.8.2.0.701 (№ дог.Ах025341)

3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
---	---	---

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020
4	MATLAB 2013b, v.8.2.0.701	№ дог. 362444
5	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Родионов, Ю. В. Основы математического моделирования: учебное электронное издание : учебное пособие / Ю. В. Родионов, А. Д. Нахман ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018. – 111 с. : табл., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=570456>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8265-1886-1. – Текст : электронный.

2. Крутько, А. А. Математическое моделирование технологических процессов : учебное пособие / А. А. Крутько ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2019. – 141 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682122>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8149-2882-5. – Текст : электронный.

3. Любченко, В. Я. Применение математического моделирования в задачах электроэнергетики : учебное пособие / В. Я. Любченко, С. В. Родыгина; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 72 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574837>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3627-1. – Текст : электронный.

4. Вагин, Д. В. Численное моделирование динамических систем, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями : учебное пособие / Д. В. Вагин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 63 с. : табл., граф., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573956>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3941-8. – Текст : электронный.

5. Бурьков, Д. В. Математическое и имитационное моделирование электротехнических и робототехнических систем : учебное пособие : [16+] / Д. В. Бурьков, Ю. П. Волощенко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 159 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612169> (дата обращения: 18.02.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3625-2. – Текст : электронный.

6. Эльберг, М. С. Имитационное моделирование : учебное пособие : [16+] / М. С. Эльберг, Н. С. Цыганков. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2017. – 128 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497147>. – Библиогр.: с. 124-125. – ISBN 978-5-7638-3648-6. – Текст : электронный.

7. Березовская, Е. А. Имитационное моделирование : учебное пособие / Е. А. Березовская ; Южный федеральный университет, Экономический факультет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2018. – 76 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499496>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2426-6. – Текст : электронный.

8. Моделирование и визуализация экспериментальных данных: лабораторный практикум : учебное пособие : / авт.-сост. Е. В. Крахоткина. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2018. – 125 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=563171>. – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.exponenta.ru/documentation-center.html>. – Заглавие с экрана.

2. Simscape – Моделирование и симуляция междисциплинарных физических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://exponenta.ru/simscape>. – Заглавие с экрана.

3. Matlab & Toolboxes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/>. – Заглавие с экрана.

4. Сообщество Экспонента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hub.exponenta.ru/?utm_source=hub&utm_medium=matlab.exponenta.ru&utm_campaign=exp_hub_traffic. – Заглавие с экрана.

5. MATLAB Central : An open exchange for the MATLAB and Simulink user community [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/>. – Заглавие с экрана.

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ¹

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями²

Протокол № _____ заседания кафедры от «____» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

¹ Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

² Нужно подчеркнуть