

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета Энергетика систем управления Бурковский А.В.

«31» августа 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Математическое моделирование электротехнических комплексов и систем»
Направление подготовки 13.03.04 Электроэнергетика и электротехника

Профиль «Технология проектирования и производства электрических машин для устойчивой работы в заданных условиях с учетом геометрии воздушного зазора»

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

/ Фурсов В.Б./

Заведующий кафедрой
Электропривода, автомати-
ки и управления в техниче-
ских системах

/ Бурковский В.Л./

Руководитель ОПОП

/ Кононенко К.Е./

Воронеж 2018

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование основных научно-практических, общесистемных знаний в области моделирования и исследования электромеханических систем.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Изучение вопросов применения различных способов и средств моделирования и исследования электромеханических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование электротехнических комплексов и систем» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.О.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование электротехнических комплексов и систем» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий

ОПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-1	Знает и выработывает стратегию решения поставленной задачи (составляет модель, определяет ограничения, выработывает критерии, оценивает необходимость дополнительной информации).
	Умеет анализировать проблемную ситуацию и осуществляет её декомпозицию на отдельные задачи.
	Владеет навыками формирования возможных вариантов решения задач.
ОПК-2	Знает как выбрать необходимый метод исследования для решения поставленной задачи.

	Умеет проводит анализ полученных результатов. .
	Владеет навыками представления результатов выполненной работы

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование электротехнических комплексов и систем» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции		
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	90	90
Курсовой проект		
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы	180	180
з.е.	5	5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	38	38
В том числе:		
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	20	20
Самостоятельная работа	133	133
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+

Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	180 5	180 5
--	----------	----------

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	Математическое моделирование сложных электрических цепей и электроники	Моделирование симплексного ШИМ на основе математического описания. Моделирование однофазного и трехфазного корректора коэффициента мощности. Активный выпрямитель. Моделирование векторного ШИМ: использование координат $\alpha\beta$.	0	6	12	30	48
2	Математическое моделирование электро-механических систем	MATLAB приложение для моделирования сложного механического движение машин и механизмов, используя законы теоретической механики. Simulink библиотека Simscape Multibody. Моделирование электромеханических задач. Моделирование привода механического пресса. Моделирование простейшего манипулятора, осуществляющего заданное движение. Моделирование электромеханического равновесия – сегвей.	0	6	12	30	48
3	Математическое моделирование электро-гидравлических систем	Регулируемый электропривод для гидросистем. MATLAB приложение для моделирования сложной машиностроительной гидравлики. Моделирование электро - гидравлического пресса. Библиотека Simscape Fluids Hydraulics (Isothermal). Моделирование поддержания давления в гидро-магистрале.	0	6	12	30	48
Итого			0	18	36	90	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Математическое моделирование сложных электрических цепей и электроники	Моделирование симплексного ШИМ на основе математического описания. Моделирование однофазного и трехфазного корректора коэффициента мощности. Активный выпрямитель. Моделирование векторного ШИМ: использование координат $\alpha\beta$.	0	6	6	40	52
2	Математическое моделирование электро-механических систем	MATLAB приложение для моделирования сложного механического движение машин и механизмов, используя законы теоретической механики. Simulink библиотека Simscape Multibody. Моделирование электромеханических задач. Моделирование привода механического пресса. Моделирование простейшего манипулятора, осуществляющего заданное движение. Моделирование электромеханического равновесия – сегвей.	0	6	6	40	52
3	Математическое моделирование электро-гидравлических систем	Регулируемый электропривод для гидросистем. MATLAB приложение для моделирования сложной машиностроительной гидравлики. Моделирование электро - гидравлического пресса. Библиотека Simscape Fluids Hydraulics (Isothermal). Моделирование поддержания давления в гидро-магистрале.	0	6	8	53	67
Итого			0	18	20	133	171

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Моделирование сложных электрических цепей и электроники. Корректоры коэффициента мощности.
2. Моделирование сложных электрических цепей и электроники. Векторная ШИМ.
3. Математическое моделирование электро-механических систем. Моделирование механики. Моделирование привода механического пресса.
4. Моделирование электромеханического равновесия – сегвей.
5. Моделирование электро-гидравлических систем. Поддержания давления в гидро-магистрали.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Задачи, решаемые при выполнении контрольных работ:

1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий. (УК-1)
2. Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы. (ОПК-2)

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
УК-1	Знает системы автоматизированного проектирования; требования нормативных документов к устройству системы электропривода.	Может создать математическую модель электромеханической системы.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок,

			рабочих программах	предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять правила разработки проектов для организации авторского надзора за изготовлением, испытанием, внедрением и эксплуатацией системы электропривода.	Может самостоятельно построить компьютерную модель системы управления электроприводом.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками анализа замечаний и предложений, возникающих в процессе изготовления, испытания, внедрения и эксплуатации системы электропривода .	Умеет оценить адекватность построенной модели электропривода	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-2	Знать правила разработки проектов системы электропривода; системы автоматизированного проектирования электропривода.	Может выбрать соответствующий метод численного решения построенной математической модели электропривода	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять процедуры и методики разработки проектов системы электропривода для анализа результатов испытаний, внедрения и эксплуатации системы электропривода.	Может настроить алгоритм численного решения построенной математической модели электропривода	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками анализа замечаний и предложений, возникающих в процессе изготовления, испытания, внедрения и эксплуатации системы электропривода.	Может обосновать метод численного решения построенной математической модели электропривода, исправить построенную модель по результатам моделирования.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
УК-1	Знает системы автоматизированного проектирования; требования нормативных документов к устройству системы электропривода.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь применять правила разработки проектов для организации авторского надзора за изготовлением, испытанием, внедрением и эксплуатацией системы электропривода.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками анализа замечаний и предложений, возникающих в процессе изготовления, испытания, внедрения и эксплуатации системы электропривода	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-2	Знать правила разработки проектов системы электропривода; системы автоматизированного проектирования электропривода.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь применять процедуры и методики разработки проектов системы электропривода для анализа результатов испытаний, внедрения и эксплуатации системы электропривода.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками анализа замечаний и	Решение прикладных задач в конкретной пред-	Задачи решены в полном	Продемонстрирован верный	Продемонстр	Задачи не решены

	предложений, возникающих в процессе изготовления, испытания, внедрения и эксплуатации системы электропривода.	метной области	объеме и получены верные ответы	ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	ирован верный ход решения в большинстве задач	
--	---	----------------	---------------------------------	--	---	--

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

1. Что такое корректор коэффициента мощности?

1. Тиристорный выпрямитель. 2. Батарея статических конденсаторов. 3. Активный выпрямитель.

2. Что такое активный выпрямитель?

1. Обычный выпрямитель, работающий на активную нагрузку. 2. Обычный выпрямитель, работающий на реактивную нагрузку. 3. Выпрямитель на тиристорах. 4. Выпрямитель на транзисторах.

3. Корректор коэффициента мощности – это выпрямитель или система автоматического регулирования?

1. Практически обычный выпрямитель. 2. Регулируемый инвертор с обратной связью по току и напряжению. 3. Просто система автоматического регулирования.

4. Какое напряжение получается на выходе корректора коэффициента мощности?

1. Равное входному. 2. Меньше входного. 3. Больше входного.

5. Диапазон регулирования у активного выпрямителя?

1. Большой. 2. Малый. 3. Отсутствует.

6. Как корректируется коэффициент мощности?

1. Путем подбора величины емкости. 2. Настройкой ПИ регуляторов. 3. Изменением уровня напряжения питания. 4. Установкой настраиваемого фильтра.

7. Для чего используется корректор коэффициента мощности?

1. Для питания систем автоматического управления. 2. Для питания электрических двигателей. 3. Для управления синхронными двигателями с постоянными магнитами. 4. В электроэнергетических системах большой мощности вместо синхронных компенсаторов. 5. В системах с рекуперацией электрической энергии.

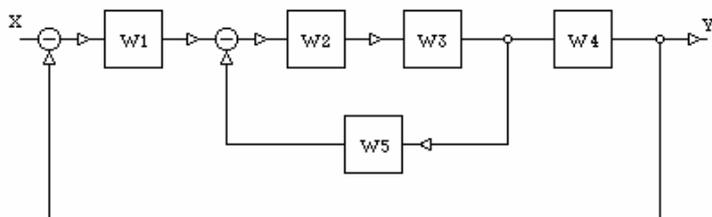
7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. На рисунке приведена структурная схема системы автоматического регулирования (САР), заданы передаточные функции различных звеньев САР. В соответствии с вариантом:

Рассчитайте

- амплитудно-частотную (ФЧХ) и фазо-частотную (ФЧФ) характеристики разомкнутой и замкнутой системы; по ним определите, устойчива САР или нет;
- амплитудно-фазовая характеристику;
- нули и полюса линейной САР;

Рассчитайте переходную характеристику САР. Соответствует ли переходный процесс различным частотным характеристикам?



$$W_1 = k_1; \quad k_1 = 1.4;$$

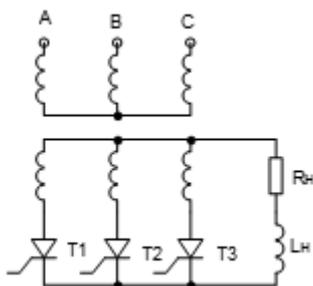
$$W_2 = \frac{k_2}{T_1 p + 1}; \quad k_2 = 63; \quad T_1 = 0.5 \text{ с};$$

$$W_3 = \frac{k_3}{p}; \quad k_3 = 0.316;$$

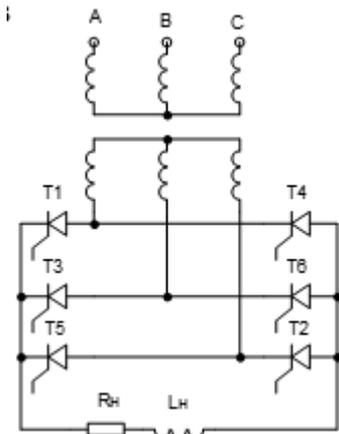
$$W_4 = \frac{k_4}{T_4 p + 1}; \quad k_4 = 3.56; \quad T_4 = 0.01 \text{ с};$$

$$W_5 = \frac{T_2 p + 1}{T_3 p + 1}; \quad T_2 = 0.25 \text{ с}; \quad T_3 = 0.05 \text{ с}.$$

2. Постройте заданную модель управляемого выпрямителя на тиристорах (SimPowerSystem); в качестве генераторов импульсов использовать источники прямоугольного сигнала (Simulink). Источник питания может быть включен напрямую, без трансформатора.

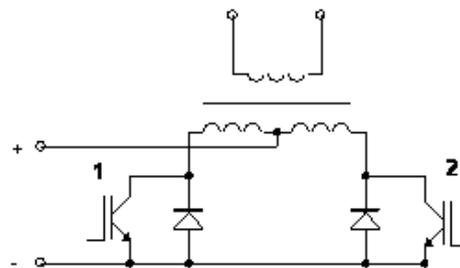


3. Постройте модель преобразователя, используя блоки *PLL* (система фазового регулирования), *Pulse Generator* (импульсный генератор) и *Universal Bridge* (универсальный мост) из SimPowerSystem. Результаты моделирования сравнить.

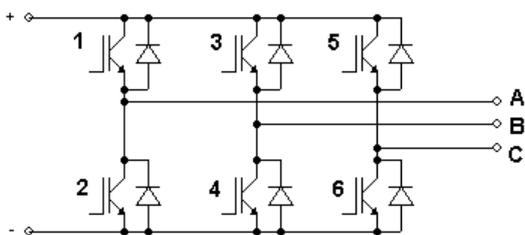


4. Постройте выходную характеристику – среднее напряжение на нагрузке от угла отпирания тиристора $U(\alpha)$ тиристорного преобразователя заданной конструкции при различной нагрузке, для всего диапазона регулирования.

5. Постройте модель инвертора из элементов и SimPowerSystem и генератор импульсов из элементов Simulink.



6. Построить модель инвертора блок *Universal Bridge* (Универсальный мост) из SimPowerSystem. Результаты моделирования сравнить.



7. Постройте модель двигателя постоянного тока (см. приложение) в системе Simulink, предварительно рассчитав все необходимые параметры по данным таблицы. Исследуйте модель: пуск двигателя на холостом ходу и под нагрузкой. Представьте ее в виде субмодели. Создайте маску субмодели для ввода параметров двигателя.

Двигатель							Нагрузка			
$P_{ном}$	$U_{ном}$	$n_{ном}$	$I_{ном}$	$R_{я}$	$L_{я}$	J	J_1	J_2	C_{12}	β_{12}
кВт	В	об/мин	А	Ом	Гн	кгм ²	кгм ²	кгм ²	Н·м	Н·м·с
4	220	1500	20.	0.65	0.008	0.33	0.52	0.35	14600	511

8. Воспользуйтесь моделью двигателя постоянного тока в SimPowerSystem. Введите параметры и подключите двигатель к источнику. Проведите моделирование аналогичное предыдущему случаю. Сравните результаты. Сделайте выводы.

9. Включите в модели двухмассовую нагрузку, создав модель нагрузки. Исследуйте поведение системы. Как изменится переходный процесс, если внутренняя вязкость станет на порядок меньше? Используя блоки SimPowerSystem, постройте аналогичную модель. Исследуйте ее.

10. Воспользуйтесь моделью синхронный двигатель с постоянными магнитами в SimPowerSystem. Постройте систему с обратной связью от датчика положения ротора с а) синусоидальным источником питания и б) с импульсным источником от инвертора и в) ШИМ регулятором синусоидального типа. Проведите моделирование; сравните результаты.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Трехфазный синхронный генератор работает на практически постоянную нагрузку при изменяемых оборотах вала. Какой разброс в скорости допускает генератор, если в качестве выпрямителя используется управляемый активный выпрямитель (корректор коэффициента мощности)? Допустимое отклонение напряжения на нагрузке 5%.

Параметры генератора: $p = 4$; $R = 0.62 \text{ Ом}$; $L = 0.002075 \text{ Гн}$; $\Psi_m = 0.08627 \text{ Вб}$; номинальная скорость 3000 об/мин; параметры нагрузки: $R_H = 6 \text{ Ом}$; $C_H = 1500 \text{ мкФ}$; $U_H = 80 \text{ В}$

2. Постройте в **Simulink** математическую модель трехфазного синхронного двигателя с постоянными магнитами в переменных **abc**. Выберите любую встроенную модель СДПМ в **SimPowerSystem** и сравните модели.

$$\begin{aligned} u_A &= R i_A + L \frac{di_A}{dt} - \omega \cdot \Psi_m \cdot \sin(\varphi), & J \frac{d\omega}{dt} &= M_{дв} - M_c \\ u_B &= R i_B + L \frac{di_B}{dt} - \omega \cdot \Psi_m \cdot \sin\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right), & \frac{d\varphi}{dt} &= \omega \\ u_C &= R i_C + L \frac{di_C}{dt} - \omega \cdot \Psi_m \cdot \sin\left(\varphi + \frac{2\pi}{3}\right), \end{aligned}$$

$$M_{дв} = -\Psi_m \cdot \left[\sin(\varphi) \cdot i_A + \sin\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) \cdot i_B + \sin\left(\varphi + \frac{2\pi}{3}\right) \cdot i_C \right]$$

3. Постройте в **Simulink** математическую модель трехфазного синхронного двигателя с постоянными магнитами в координатах **dq**. Выберите любую встроенную модель СДПМ в **SimPowerSystem** и сравните модели.

$$\begin{cases} u_d = R \cdot i_d + L \frac{di_d}{dt} - p\omega L \cdot i_q \\ u_q = R \cdot i_q + L \frac{di_q}{dt} + p\omega L i_d + p\omega \Psi_m \end{cases} \quad M_d = \frac{3}{2} p \cdot \Psi_m \cdot i_q$$

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_{\text{дв}} - M_c$$

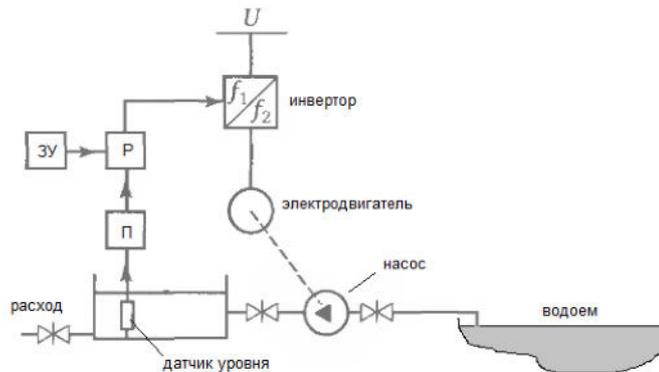
4. Постройте в Simulink математическую модель шагового двигателя.

$L = 1$ мГн; $R = 0.1$ Ом; $\Psi_m = 0.04$ Вб; $J = 0.0002$ кгм²;
 $b = 0.01$ кгм²/с; $p = 3$; $M_0 = 0.01$ Нм; $M_C = 0.2$ Нм.
 Напряжение источника 10 В.

5. Вибровыравниватель представляет собой эксцентрик массой 2 кг, вращаемый электродвигателем со скоростью 10 об/с. Смоделируйте этот вибровыравниватель, если масса остальной части 10 кг.

6. Постройте механическую модель маятника Фуко

7. Постройте электро-гидравлическую систему поддержания уровня жидкости в баке. На схеме: П – преобразователь сигнала с датчика; ЗУ – задатчик уровня; Р – регулятор. Бак объёмом 20 м³; площадь основания 8 м²; насос по умолчанию Model parameterization 2D tables. Задачу следует упростить.



8. Какой мощности должен быть электрический двигатель на гидравлическом домкрате, чтобы поднимать автомобиль массой 1600 кг на высоту 2 м за 2 мин? Смоделируйте этот процесс.

9. Тележка крана массой $m_1 = 200$ кг перемещается с грузом $m_2 = 500$ кг, висящем на тросе длиной $\ell = 5$ м, под действием силы $F = 1000 \cos(4\pi t)$, Н. Уравнения Лагранжа дают уравнения колебаний данной системы:

$$(m_1 + m_2) \frac{d\dot{x}}{dt} - m_2 \ell \left(\frac{d\dot{\phi}}{dx} \cos \phi - \dot{\phi}^2 \sin \phi \right) = F$$

$$\ell \frac{d\dot{\phi}}{dt} = \frac{dx}{dt} \cos \phi - g \sin \phi$$

Постройте Simulink модель данной системы.

10. Электрическая машина с ограниченным углом поворота на $\pm 20^\circ$ описывается уравнениями

$$L \frac{di}{dt} + Ri - p\omega \Psi_m \cos(p\phi) = u,$$

$$J \frac{d\omega}{dt} = -pI \Psi_m \cos(p\phi) - M_n(\phi),$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \omega$$

Реактивный момент нагрузки зависит от угла положения ротора и аппроксимируется функцией:

$$M_p(\varphi) = 7.855\sin(2p\varphi) + 7\sin(4p\varphi) - 3.14\sin(6p\varphi), \text{ [мНм]}$$

Параметры машины: $\Psi_m = 0.0151$ Вб; $L = 0.8$ мГн; $R = 2.4$ Ом; $p = 4$; $J = 1.3e-7$ кгм²; напряжение питания 14 В. Момент нагрузки 0.035 Нм. Постройте модель машины и систему регулирования, отрабатывающую заданный угол.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Математическое моделирование сложных электрических цепей. Общая схема построения сложной электрической цепи.
2. Состояние и перспективы моделирования электроэнергетических и электромеханических систем.
3. Математическое моделирование сложных систем автоматического управления.
4. Современное программное обеспечение по моделированию сложных систем автоматического управления.
5. Соединение задач теории цепей с задачами теории поля.
6. Программы Elcut, Ansys, Maxwell. Возможности современных программ по моделированию электромагнитных полей. Преимущества и недостатки.
7. Моделирование механических и электромеханических устройств.
8. Работа в приложении SimMechanics.
9. Математическое моделирование задач теории поля.
10. Программы моделирования электромагнитных процессов Ansys Electronics.
11. Расчет сил и момента в задачах электромеханики.
12. Математическое моделирование задач электромеханики.
13. Программы моделирования электромеханических устройств и процессов.
14. Самостоятельное решение задач путём организации процесса с помощью современных математических пакетов. Анализ полученных результатов.
15. Математические методы оптимизации устройств и систем.
16. Методы оптимизации в различных математических программах и приложениях.
17. Оптимизация и поиск экстремума в задачах теории поля.
18. Оптимизации систем управления. Виды оптимизации. Методы поиска экстремума.
19. Приложение SISO Design Tool и его применение к настройке динамики и статики линейных систем управления.
20. Приложение Simulink Response Optimization для оптимизации нелинейных систем управления.
21. Настройка систем. Блок оптимизации переходных процессов Simulink Response Optimization.
- 22.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится или по билетам с выполнением практических заданий на компьютере или по тест-билетам. Практические задания выполнены: полностью без подсказок и исправлений преподавателем – «отлично»; с подсказкой и небольшими исправлениями – «хорошо»; не сумел выполнить без подсказок и больших исправлений – «удовле-

творительно»; не выполнил сам ни одного задания – «неудовлетворительно». В тесте 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 6 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Математическое моделирование сложных электрических цепей и электроники	УК-1, ОПК-2	Тест
2	Математическое моделирование электро-механических систем	УК-1, ОПК-2	защита лабораторных работ; работающая модель
3	Математическое моделирование электро - гидравлических систем	УК-1, ОПК-2	защита лабораторных работ; работающая модель

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.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.1 Моделирование электропривода [Электронный ресурс]: учеб.пособие / В.Б. Фурсов - 2 изд.- Санкт-Петербург: «Лань», 2019. 220 с. Режим доступа: <http://www.e.lanbook.com>

8.1.2 Моделирование электропривода [Текст]: учеб. пособие / В.Б. Фурсов - Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2008. 105 с.

8.1.3 Моделирование электропривода: лабораторный практикум: учеб. пособие (2 Мб) / В.Б. Фурсов. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. 62 с.

8.1.4 Моделирование в системе SimPowerSystem. Учебное пособие. Воронеж.: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2005. 116 с.

8.1.5 Моделирование в системе SIMULINK. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2004. 56 с.

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/>

– Электроцентр Адрес ресурса: <http://electrocentr.info/>

– 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

– Чертежи.ru Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>__

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Дисплейный класс

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

По дисциплине «Моделирование и исследование электроприводов».

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 расчетов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
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 экзаменом, зачетом с оценкой, экзаменом, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

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			