

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Энергетический

29.03.2018 С. А. Ганджа

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
к ОП ВО от _____ № _____

дисциплины ДВ.1.05.02 Метод конечных элементов при расчете электроприводов и электротехнических комплексов
для направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
уровень магистр **тип программы** Магистратура
магистерская программа Электроприводы и системы управления электроприводов
форма обучения заочная
кафедра-разработчик Автоматизированный электропривод

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 21.11.2014 № 1500

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.
(ученая степень, ученое звание)

27.03.2018
(подпись)

А. Н. Шишков

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент
(ученая степень, ученое звание,
должность)

27.03.2018
(подпись)

Е. В. Белоусов

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - освоение современных методов моделирования электромеханических систем для последующей оптимизации конструкции электромеханических преобразователей. Задачи дисциплины: изучение математического аппарата метода конечных элементов, овладение программными продуктами конечно-элементного анализа.

Краткое содержание дисциплины

В дисциплине "Метод конечных элементов при расчете электроприводов и электротехнических комплексов" изучается применение метода конечных элементов для моделирования электромеханических преобразователей и систем электропривода.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОК-1 способностью к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию	Знать:требуемые показатели качества проектирования электромеханических преобразователей;
	Уметь:выбирать методику расчета исходя из требуемой точности решения задачи, наличия ресурсов;
	Владеть:Программными средствами для систематизации полученных результатов.
ОПК-2 способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	Знать:Основные характеристики работы электрических машин и электроприводов, допустимые пределы варьирования параметров электромеханической системы;
	Уметь:наглядно представлять результаты своей работы, оценивать их правильность;
	Владеть:математическим аппаратом метода конечных элементов, аналитическими методами расчета электрических машин и других электромеханических преобразователей.
ОПК-4 способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности	Знать:основы математического анализа, теорию решения дифференциальных уравнений, текущие проблемы, цели и задачи, стоящие перед разработчиками современных систем электропривода;
	Уметь:создавать математические модели электромеханических систем, анализировать интегральные показатели, полученные в результате расчета модели;
	Владеть:программными продуктами конечно-элементного анализа, системой обработки данных и постпроцессинга, программными продуктами, позволяющими выполнять междисциплинарный анализ и интегрировать конечно-элементные модели

	электромеханических преобразователей в систему управления.
ПК-1 способностью планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований	Знать:основные тенденции развития современного электродвижения и электрических машин, современную элементную базу и вычислительные возможности обработки современной преобразовательной техники, вычислительные возможности компьютеров и суперкомпьютеров;
	Уметь:анализировать полученный результат моделирования, сопоставлять его с теорией, аналитическим решением той же задачи и физическим экспериментом;
	Владеть:методикой синтеза систем управления электродвижением, методикой оптимизации электромеханических преобразователей.
ОК-3 способностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	Знать:основы инженерного проектирования;
	Уметь:самостоятельно осваивать новые или обновленные программные продукты конечно-элементного анализа;
	Владеть:методами самообучения.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.05 Дополнительные главы математики, В.1.05 Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.05 Дополнительные главы математики	знание и владение итерационным методом решения, численными методами решения уравнений, методом Эйлера, методом Рунге-Кутты
В.1.05 Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов	знание проблем и тенденций развития современного электропривода

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра

		3
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия	12	12
Лекции (Л)	4	4
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	2	2
Лабораторные работы (ЛР)	6	6
Самостоятельная работа (СРС)	96	96
Подготовка к лабораторным работам	48	48
Подготовка к экзамену	48	48
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Виды электромеханических систем и методики их проектирования	6	2	2	2
2	Моделирование комплекса "электрический преобразователь - двигатель"	6	2	0	4

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Расчет электромагнитного момента электрической машины посредством тензора натяжений Максвелла. Сходимость расчета. Влияние нелинейностей.	2
2	2	Постпроцессинг. Анализ картины магнитного поля. Расчет интегральных показателей	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
2	1	Расчет электромагнитных нагрузок и электромагнитного момента электрической машины аналитическими методами	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Математическое моделирование системы управления электроприводом переменного тока и интеграция в нее конечно-элементной модели электрической машины.	2
2	2	Моделирование тепловых процессов в электрической машины. Создание конечно-элементной модели. Моделирование установившегося режима. Анализ распределения тепла. Моделирование переходных процессов	2

		нагрева без учета самовентиляции машины. Междисциплинарный анализ влияния электрических и электромагнитных потерь на нагрев электрической машины.	
3	2	Моделирование переходных процессов в асинхронном электроприводе с интегрированной конечно-элементной моделью двигателя	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка к лабораторным работам	ПУМД: осн. лит [1], Гл. 1-3 (стр. 4-41)	48
подготовка к экзамену	ПУМД: осн. лит.: [1], Гл 1-6 (стр. 7-252)	48

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
проблемно-ориентированный подход	Лабораторные занятия	решение задач оптимизации электрических машин с учетом текущих проблем, стоящих перед разработчиками электромеханических систем	2

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: Разработка комплекса "преобразователь - двигатель", оптимизация конструктивных параметров синхронной реактивной машины независимого возбуждения, разработка электропривода для трактора ДЭТ-20.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Введение. Виды электромеханических систем и методики их проектирования	ПК-1 способностью планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований	Экзамен	1-3
Физические основы электромеханических систем	ОПК-4 способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом	экзамен	4-7

	рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности		
Моделирование комплекса "электрический преобразователь - двигатель"	ОПК-2 способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	экзамен	8-10
Моделирование комплекса "электрический преобразователь - двигатель"	ОК-3 способностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	экзамен	11-12
Моделирование комплекса "электрический преобразователь - двигатель"	ОК-1 способностью к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию	экзамен	13-14
Моделирование комплекса "электрический преобразователь - двигатель"	ОПК-2 способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	экзамен	15-16

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Экзамен	Экзамены проводятся в письменной форме по билетам, составленным в соответствии с программой курса и утвержденным заведующим кафедрой.	Отлично: полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. Хорошо: полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. Удовлетворительно: недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Неудовлетворительно: нелогичный, безсистемный ответ. Наводящие вопросы преподавателя не дают никакого результата.

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Экзамен	1. Назовите отличия граничных условий Дирихле и Неймана 2. Какое усилие создает электромагнит, выполненный из стали 1020. площадью пластин 24 кв.см. при протекающем токе 25А? 3. Генерацию конечно-элементной сетки какой части машины необходимо выполнить как минимум с десятикратно большей точностью? Почему? 4. Расчитайте максимальный шаг расчета модели "частотный преобразователь - двигатель", работающей на несущей частоте 2000 Гц? 5. Как в конечно-элементной модели электрической машины учесть номинальное напряжение питания? 6. Назовите оптимальные параметры сетки конечно-элементной модели 7. Какие уточнения дает модель электрической машины с распределенными параметрами? 8. Какие интегральные показатели дают качественную оценку адекватности конечно-элементной модели? 9. Перечислите основные свойства стале, которые необходимо учесть при построении конечно-элементной модели. 10. Назовите преимущества и недостатки магнитостатического и динамического расчетов задачи в конечно-элементной-постановке. 11. Назовите допущения, преимущества и недостатки плоско-параллельной постановки задачи 12. Назовите допущения, преимущества и недостатки пространственной постановки задачи 13. Как в конечно-элементной модели электромагнитного состояния электрической машины можно учесть потери в стали на гистерезис, перемагничивание и вихревые токи? 14. Какие операции постпроцессинга возможно реализовать на базе программной среды ANSYS Maxwell? 15. Назовите число дифференциальных уравнений расчета конечно-элементной модели, состоящей из четырех элементов? 16. Какие численные методы применяются при итерационном расчете конечно-элементной модели?

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Сахаров, А. С. Метод конечных элементов в механике твердых тел Под ред. А. С. Сахарова, И. Альтенбаха. - Киев: Вища школа, 1982. - 480 с.
2. Осепчугов, В. В. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета Учеб. для вузов по специальности "Автомобили и автомоб. хоз-во" В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. - М.: Машиностроение, 1989. - 304 с. ил.
3. Москаленко, В. В. Автоматизированный электропривод Учебник В. В. Москаленко. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 416 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Усынин, Ю. С. Системы управления электроприводов [Текст] учеб. пособие Ю. С. Усынин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. - 358 с. ил.
2. Брауэр, В. Введение в теорию конечных автоматов Пер. с нем. К. В. Рудакова; Под ред. Ю. И. Журавлева. - М.: Радио и связь, 1987. - 391 с. Ил.

3. Кандидов, В. П. Метод конечных элементов в задачах динамики. - М.: Издательство МГУ, 1980. - 165 с. ил.

4. Сильвестер, П. Метод конечных элементов для радиоинженеров и инженеров-электриков Пер. с англ. С. Н. Хотяинцева; Под ред. Ф. Ф. Дубровки. - М.: Мир, 1986. - 229 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: энергетика. Издательство: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Ю.А. Сагдеева, С.П. Копысов, А.К. Новиков. Введение в метод конечных элементов: метод. пособие. Ижевск: Изд-во "Удмуртский университет", 2011г. 44с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

2. Ю.А. Сагдеева, С.П. Копысов, А.К. Новиков. Введение в метод конечных элементов: метод. пособие. Ижевск: Изд-во "Удмуртский университет", 2011г. 44с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Курносов, Д. А. Математическое моделирование электромеханических систем	Электронно-библиотечная система Издательства Лань	Интернет / Свободный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB (Simulink R2008a, SYMBOLIC MATH)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

1. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	255a (1)	компьютерная техника лаборатории суперкомпьютерного моделирования в электротехнических системах и комплексах. 12 машин повышенной производительности с доступом в интернет и возможностью распараллеливания расчетов, а также их запуска на суперкомпьютере ЮУрГУ
Самостоятельная работа студента	526-2 (1)	Компьютерный класс кафедры ЭПА имеет 14 персональных компьютеров с выходом в Интернет (ресурсы и фонды библиотек). Открытые коммерческие ресурсы для академического доступа. Научно-техническая информация, содержащая сведения о новых типах электротехнических комплексов. Реестры и бюллетени ФИПС (Научно-техническая информация, содержащая сведения о новых типах вентильных преобразователей и систем управления)