

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

СОГЛАСОВАНО

Директор института
магистратуры

канд.экон.наук, доцент  И.В. Космачева

«  » 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетических, информационных
технологий и управляющих систем

канд.техн.наук, доцент  А.В. Белоусов

«  » 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

НЕЧЕТКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электропривод и автоматика механизмов и технологических комплексов

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

Институт энергетических, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра электроэнергетики и автоматизации

Белгород – 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – Магистратура по направлению подготовки 13.04.02, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018г. №147;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2022 году.

Составители: канд. техн. наук, доцент _____ (А. Н. Семернин)

_____ (А. В. Погорелов)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 26 » апреля 2022 г., протокол № 9

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

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

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

« 26 » апреля 2022 г.

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

« 28 » апреля 2022 г., протокол № 8

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
Проектные	ПК-1. Способен разрабатывать концепции, проектную и конструкторскую документацию электропривода	ПК-1.2. Выбирает серийные и проектирует новые элементы электропривода	Знания подходов к выбору оптимальных методов и алгоритмов реализации нечетких систем управления электроприводами Умения разработки нечетких систем управления электроприводов и выбора алгоритмов формирования необходимых качеств работы электроприводов Навыки подбора элементов электропривода с нечетких управлением для эффективного решения технологических задач

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Компетенция ПК-1. Способен разрабатывать концепции, проектную и конструкторскую документацию электропривода.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами, практиками.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Микропроцессорные системы
2	Теория оптимизации
3	Теория электропривода
4	Производственная научно-исследовательская работа
5	Схемотехника
6	Нечеткие системы управления электроприводов
7	Адаптивные системы управления электроприводов
8	Производственная проектная практика
9	Производственная преддипломная практика
10	Системы автоматизированного проектирования электроприводов
11	Учебная практика по получению первичных навыков работы с программным обеспечением применительно к области (сфере) профессиональной деятельности
12	Бизнес-планирование в электроэнергетике

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часов.

Форма промежуточной аттестации: экзамен (3 семестр).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	71	71
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	73	73
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	55	55
Экзамен	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 3

№ 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 теории нечеткой логики					
1	Нечёткая информация и выводы. Примеры в классической и нечеткой логике.	2			1
2	Основные понятия и принципы нечеткой логики. Понятие о нечетких и лингвистических переменных	3	3		5
3	Основные виды функций принадлежности и способы их задания.	3	3		5
4	Основы теории нечетких множеств. Свойства нечетких множеств. Операции над нечеткими множествами	3	4		6
2. Структура нечеткого логического вывода					
1	Структура и алгоритм нечеткого управления.	3			2
2	Фаззификация входных переменных. Дефаззификация выходных переменных.	3	4		6
3	Формирование нечеткой базы правил	3	4		6
4	Агрегирование подусловий. Активизация подзаключений. Аккумуляция заключений.	3	4		6
3. Построение нечетких систем управления электроприводов					
1	Примеры реализации нечеткого управления в электроприводах	2			1
2	Синтез нечеткого регулятора в системах управления электроприводов.	4	4		6
3	Нечеткая система управления тиристорным электроприводом постоянного тока.	4	4		6
4	Представление нечеткого логического вывода в аналитической форме.	3	4		5
	ВСЕГО	34	34		55

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 3				
1	Основы теории нечеткой логики	Запись нечетких и лингвистических в виде структуры с параметрами	3	3
2		Задание термов лингвистических переменных с помощью различных видов функций принадлежности	3	3
3		Проведение математических операций над нечеткими множествами	4	4
4	Структура нечеткого логического вывода	Установка соответствия между числовым значением лингвистических переменных и термами функции принадлежности	4	4
5		Написание базы нечетких логических правил	4	4
6		Формирование нечетких логических заключений.	4	4
7	Построение нечетких систем управления электроприводов	Синтез нечеткого регулятора в системах управления электроприводов	4	4
8		Настройка нечеткого регулятора в системе управления тиристорным электроприводом постоянного тока	4	4
9		Расчет системы нечеткого вывода в аналитической форме	4	4
	ВСЕГО		34	34

4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

4.5. Содержание расчетно-графического задания

Цель выполнения расчетно-графического задания: на основании математической модели сформировать свойства нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока в соответствии требований технологического процесса.

Учебным планом предусмотрено выполнение одного расчетно-графического задания, которое заключается в выполнении типового задания на тему «Разработка нечеткой системы управления электроприводом по системе тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока с независимым возбуждением».

В расчетно-графическом задании решаются следующие вопросы:

- для заданной системы управления электроприводом постоянного тока составляется двухконтурная система подчиненного регулирования;
- производится синтез регуляторов тока и скорости для аналоговой системы управления;
- производится синтез нечеткого регулятора;
- моделируются обе системы управления и сравниваются результаты моделирования;
- заключение по результатам моделирования.

Отчет должен содержать:

- исходные данные;
- функциональные и структурные схемы электропривода;
- расчётные формулы, числовые расчёты;
- параметры имитационных моделей разработанных систем управления;
- результаты моделирования скорости, тока и момента двигателя для разработанных систем управления;
- вывод о результатах проделанной работы;
- список используемой литературы.

Пример расчетно-графического задания

№ п/п	U_n , В	I_n , А	$R_{я}$, Ом	n_n , об/мин	T_m , с	T_n , с
1	440	10,9	5,06	1500	0,03	0,01

Разработать нечеткую систему управления электроприводом по системе «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока»:

- 1) Построить структурную схему двухконтурной замкнутой системы управления подчиненного регулирования и рассчитать регуляторы.
- 2) Произвести моделирование аналоговой системы управления при моменте сопротивления равном $M_c=0,7M_n$ и $M_c=0,1M_n$, учитывая, что магнитный поток равен номинальному значению ($\Phi=\Phi_{ном}$).
- 3) Построить структурную схему системы управления тиристорным электроприводом с нечетким регулятором.
- 4) Представить содержание нечеткой базы правил и распределение функций принадлежности нечеткого регулятора.
- 5) Произвести моделирование нечеткой системы управления при условиях аналогичных аналоговой системе подчиненного регулирования.
- 6) Сравнить результаты моделирования полученных систем управления электроприводов.

4.6. Содержание индивидуального домашнего задания.

Индивидуальное домашнее задание учебным планом не предусмотрено.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

Компетенция ПК-1. Способен разрабатывать концепции, проектную и конструкторскую документацию электропривода

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.2. Выбирает серийные и проектирует новые объекты электропривода	Дифференцированный зачет, выполнение заданий в рамках проведения практических занятий, выполнение и защита расчетно-графического задания

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце третьего семестра в форме дифференцированного зачета.

Вопросы для подготовки к зачету

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основы теории нечеткой логики	<ol style="list-style-type: none">1. Нечёткая информация и выводы.2. Примеры в классической и нечеткой логике.3. Основные понятия и принципы нечеткой логики.4. Понятие о нечетких и лингвистических переменных.5. Основные виды функций принадлежности и способы их задания.6. Основы теории нечетких множеств.7. Свойства нечетких множеств.8. Операции над нечеткими множествами.
2	Структура нечеткого логического вывода	<ol style="list-style-type: none">1. Структура и алгоритм нечеткого управления.2. Формирование нечеткой базы правил3. Фаззификация входных переменных.4. Агрегирование подусловий.5. Активизация подзаклучений.6. Аккумуляция заключений.7. Алгоритмы Мамдани и Сугено.8. Дефаззификация выходных переменных.
3	Построение нечетких систем управления электроприводов	<ol style="list-style-type: none">1. Примеры реализации нечеткого управления в электроприводах2. Синтез нечеткого регулятора в системах управления электроприводов3. Нечеткая система управления тиристорным электроприводом постоянного тока.4. Составление базы нечетких правил для тиристорного электропривода постоянного тока5. Получение структуры нечеткого регулятора для электропривода постоянного тока.6. Представление системы нечеткого логического вывода для тиристорного электропривода в аналитической форме

**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 3 семестра в форме собеседования во время проведения практических занятий, выполнения и защиты расчетно-графического задания.

Примеры типовых вопросов для практических занятий

1. Дайте определение понятия нечеткое множество?
2. Опишите математические операции над нечеткими множествами.
3. Нечеткие и лингвистические переменные.
4. Что называется термом?
5. Назовите основные компоненты нечеткого регулятора?
6. Дайте определение функции принадлежности?
7. Назовите основные виды функций принадлежности?
8. Назовите основные компоненты нечеткого регулятора?
9. Дайте определение функции принадлежности?
10. Назовите основные виды функций принадлежности?
11. Опишите структуру нечеткого логического вывода.
12. Что такое фаззификация и дефаззификация?
13. Как составляется база правил системы нечеткого вывода?
14. Описать алгоритм работы нечеткого логического вывода Мамдани?
15. Описать алгоритм работы нечеткого логического вывода Сугено?
16. Кратко опишите алгоритм расчета нечеткого регулятора для электропривода в аналитической форме.

Примеры типовых вопросов для защиты РГЗ

1. Расчет передаточных функций аналоговых регуляторов при подчиненном регулировании координат электропривода.
2. Какие блоки необходимы для создания модели структуры аналоговой системы управления?
3. Основные отличия нечеткой системы управления от аналоговой системы управления.
4. Какие блоки необходимы для построения структурной схемы нечеткой системы управления?
5. Алгоритм построения интеллектуальных систем управления динамическими объектами на основе нечеткой логики.
6. Каким образом осуществляется синтез нечеткого регулятора?
7. Каким образом задаются термы входных и выходных лингвистических переменных электропривода?
8. Каким образом задается база правил нечеткой переменной?
9. Как осуществляется выбор методов нечеткого вывода?
10. Преимущества и недостатки разработанных систем управления электроприводов.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета (3 семестр) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

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 РГЗ и практических задач
	Качество оформления РГЗ
	Умение делать выводы по результатам выполнения РГЗ и практических задач
Навыки	Выбор методики выполнения РГЗ
	Анализ полученных результатов РГЗ и практических задач
	Обоснование полученных результатов РГЗ

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

При промежуточной аттестации в форме **дифференцированного зачета**:
Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений и понятий	Не знает терминов, определений и понятий, применяемых при создании нечетких систем управления электроприводов	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок при описании методов и алгоритмов реализации нечетких систем управления электроприводов	Знает термины, определения и понятия при описании методов и алгоритмов реализации нечетких систем управления электроприводов	Знает термины, определения и понятия, и может корректно сформулировать их самостоятельно при описании методов и алгоритмов реализации нечетких систем управления электроприводов
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство задаваемых вопросов про методы и алгоритмы реализации нечетких систем управления электроприводов	Дает неполные ответы на большинство вопросов методов и алгоритмы реализации нечетких систем управления электроприводов	Дает полные ответы на большую часть заданных вопросов про методы и алгоритмы реализации нечетких систем управления электроприводов	Дает полные, развернутые ответы на все поставленные вопросы про методы и алгоритмы реализации нечетких систем управления электроприводов
Логика изложения знаний	Излагает знания без логической последовательности и не иллюстрирует	Излагает знания с небольшими нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности описания методов и	Излагает знания о методах и алгоритмах реализации нечетких систем

	примерами реализации нечеткого управления в электроприводе	тельности описания методов и алгоритмов реализации нечетких систем управления электроприводов	алгоритмов реализации нечетких систем управления электроприводов	управления электроприводов в логической последовательности и с примерами, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
--	--	---	--	--

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Самостоятельность выполнения РГЗ	Не выполнено РГЗ, в том числе и с дополнительной помощью	Выполнено РГЗ только с дополнительной помощью	Выполнено РГЗ задание в основном самостоятельно	Самостоятельно без ошибок выполнено РГЗ
Качество оформления РГЗ	РГЗ оформлено настолько неряшливо, что не поддаются проверке	РГЗ оформлено неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения алгоритма реализации нечеткой системы управления электроприводов	РГЗ оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями алгоритма реализации нечеткой системы управления электроприводов	РГЗ оформлено аккуратно, с развернутыми пояснениями алгоритма реализации нечеткой системы управления электроприводов
Умение делать выводы по результатам выполнения РГЗ	Не умеет формулировать выводы по разработке и исследовании нечетких систем управления электроприводов	Допускаются ошибки при формулировании выводов по разработке и исследовании нечетких систем управления электроприводов	Допускаются небольшие неточности при формулировании выводов по разработке и исследовании нечетких систем управления электроприводов	Делаются верные выводы по разработке и исследовании нечетких систем управления электроприводов

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения РГЗ	Неверно выбрана методика выполнения РГЗ	Методика выполнения РГЗ выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности в алгоритме моделирования нечеткой системы управления электроприводов	Методика выполнения РГЗ выбрана верно, но имеются недочеты, не относящиеся к алгоритму моделирования нечеткой системы управления электроприводов	Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения РГЗ
Анализ полученных результатов РГЗ	Не произведен анализ результатов моделирования нечеткого управления в электроприводе	Анализ результатов, полученных при моделировании нечеткого управления в электроприводе, выполняется только при по-	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов моделирования нечеткого управления в электроприводе	Произведен анализ результатов моделирования нечеткого управления в электроприводе и сделаны исчерпывающие выводы

		мощи преподавателя		
Обоснование полученных результатов РГЗ	Представляемые результаты моделирования нечеткого управления в электроприводе	Имеются замечания к полученным результатам моделирования нечеткого управления в электроприводе, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты моделирования нечеткого управления в электроприводе обоснованы и в целом аргументированы	Представляемые результаты моделирования нечеткого управления в электроприводе обоснованы и четко 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 М211, оснащенный презентационной техникой и персональными компьютерами (IntelCorei7-3770/ Н81/ 8192Мб/ 1Тб/ 21.5”IPS/ Wi-Fi/ LAN100Мб/DWD-RW), подключенными к локальной сети университета с доступом в интернет.
2	Учебная аудитория для практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Компьютерный класс М211, оснащенный презентационной техникой и персональными компьютерами (IntelCorei7-3770/ Н81/ 8192Мб/ 1Тб/ 21.5”IPS/ Wi-Fi/ LAN100Мб/DWD-RW), подключенными к локальной сети университета с доступом в интернет.
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	Windows 7 Professional,	№ дог. 63-14к от 02.07.2014
2	Office 2013 Professional	№ дог. 31401445414 от 25.09.2014
3	Matlab 2014b	акт предоставления прав № Ах025341 от 06.07.2016
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Интеллектуальные системы : учебное пособие / А. Семенов, Н. Соловьев, Е. Чернопрудова, А. Цыганков ; Оренбургский государственный университет. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2013. – 236 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259148>. – Текст : электронный.

2. Лубенцова, Е. В. Системы управления с динамическим выбором структуры, нечеткой логикой и нейросетевыми моделями / Е. В. Лубенцова ; Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2014. – 248 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457413>.

3. Новые технические решения в современных следящих электроприводах [Электронный ресурс] : учебное пособие по дисциплине «Системы управления электроприводов» / А. В. Стариков, С. Л. Лисин, В. А. Арефьев, Д. Н. Джабасов. – Электрон. текстовые данные. – Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. – 92 с. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/90652.html>.

4. Стариков, А. В. Цифровые модуляторы для систем управления электроприводов [Электронный ресурс] : учебное пособие по дисциплине «Системы управления электроприводов» / А. В. Стариков, С. Л. Лисин, Д. Ю. Рокало. – Электрон. текстовые данные. – Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. – 75 с. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/91148.html>.

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

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

2. Simscape [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://exponenta.ru/simscape>. – Заглавие с экрана.

3. Fuzzy Logic Toolbox [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.exponenta.ru/fuzzy/index.html>. – Заглавие с экрана.

4. Сообщество Экспонента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hub.exponenta.ru/>. – Заглавие с экрана.

5. MATLAB and Simulink Based Books [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.mathworks.com/academia/books/search.html?s_tid=books-seo-redirect&language=15&sortby=title&q=&fq\[\]=asset-language:ru&page=1](https://www.mathworks.com/academia/books/search.html?s_tid=books-seo-redirect&language=15&sortby=title&q=&fq[]=asset-language:ru&page=1). – 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