

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор


(подпись)

« 31 » 03

20 23 года



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.14 Системы управления электроприводами**

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки:	13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (код и наименование направления подготовки / специальности)
Направленность (профиль):	Электропривод и автоматика (наименование профиля / магистерской программы / специализации)
Программа:	бакалавриат (бакалавриат, магистратура, специалитет)
Форма обучения:	очная, очно-заочная

Форма обучения:	Очная	очно-заочная
Семестр(ы)	6, 7	8, 9
Общая трудоёмкость в з.е./часах	10/360	10/360
Контактная работа (час.), в том числе:	181	91
лекции (час.)	102	40
лабораторные работы (час.)	68	36
практические (семинарские) занятия (час.)	-	
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	107	215
курсовой проект(работа) (семестр/час.)	7/36	9/36
индивидуальное задание (кол./час.)	-	
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 18, экзамен, 54	экзамен, 18, экзамен, 36

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Системы управления электроприводами» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) «Электропривод и автоматика» для 2023 года приёма по очной и очно-заочной формам обучения.

Составитель:

Доцент кафедры электропривода и автоматизации
промышленных установок, к.т.н., доцент, *В.И.*

(подпись) Мирошник Д.Н.

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от «07» 03 2023 года № 9.

Заведующий кафедрой _____ Розкаряка П.И.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией
ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника».

Протокол от « 23 » 03 2023 года № 3

Председатель  Ткаченко С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от « » 20 года №

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от « » 20 года №

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от «_____» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от « » 20 года №

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: подготовка к деятельности по разработке, проектированию и эксплуатации современных систем управления электроприводов в мехатронных модулях транспортных средств и электромобилях.

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- структуру и функции, выполняемые СУЭП;
- методы синтеза и построения СУЭП, обеспечивающих заданные статические и динамические показатели электропривода;
- методы расчета и проектирования СУЭП;

уметь:

- выполнить основные расчеты СУЭП в статических и динамических режимах;
- проектировать СУЭП по техническому заданию;
- выполнить настройку СУЭП промышленных механизмов;

владеть:

- методиками проектирования СУЭП промышленных механизмов;
- навыками расчета и моделирования СУЭП в различных режимах работы.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- ПК-4, способностью использовать технические средства для измерения основных параметров электроэнергетических и электротехнических объектов и систем и происходящих в них процессов;
- ПК-7, готовностью обосновывать принятие конкретного технического решения при создании электроэнергетического и электротехнического оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: *теория электропривода, теоретические основы электротехники, электроника и микросхемотехника, силовая электроника*.

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при *прохождении государственной итоговой аттестации и в дальнейшей инженерной деятельности*.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семина.)	Лабор.	СРС
Тема 1. Введение	3/3	2/1			1/2
Тема 2. Понятие о релейно-контакторных системах управления (РКСУ)	3/3	2/1			1/2
Тема 3. Релейно-контакторные системы управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором	28/28	4/2		22/10	2/16
Тема 4. Принципы управления реостатным пуском и торможением электродвигателей	4/4	2/1			2/3
Тема 5 Управление пуском и торможением электродвигателей в функции ЭДС	4/4	2/1			2/3
Тема 6 Управление пуском и торможением электродвигателей в функции времени	4/4	2/1			2/3
Тема 7 Управление пуском и торможением электродвигателей в функции тока	4/4	2/1			2/3
Тема 8 Релейно-контакторные системы управления пуском синхронных двигателей	8/8	2/1		4/2	2/5
Тема 9 Аварийные режимы, которые возникают в электрических и механических частях электроприводов, и средства защиты, от них	4/4	2/1			2/3
Тема 10 Структура и принцип действия преобразователей энергии, которые применяются в системах управления электроприводами постоянного тока	12/12	2/1		8/6	2/5
Тема 11. Режимы работы и характеристики тиристорных преобразователей	4/4	2/1			2/3
Тема 12 Особенности реверсивных тиристорных преобразователей	4/4	2/1			2/3

Тема 13 <i>Разомкнутая система регулирования скорости ДПТ по схеме „ТП – ДПТ”</i>	4/4	2/1			2/3
Тема 14. <i>Основные сведения о системах подчиненного регулирования и порядке их расчета</i>	4/4	2/1			2/3
Тема 15. <i>Двухконтурная однократно-интегрирующая система регулирования скорости ДПТ</i>	6/6	4/2			2/4
Тема 16. <i>Особенности динамики тиристорного электропривода при работе от задатчика интенсивности и без него</i>	4/4	2/1			2/3
Тема 17. <i>Влияние противо-ЭДС двигателя на динамику тиристорного электропривода</i>	4/4	2/1			2/3
Тема 18. <i>Двукратноинтегрирующая система подчиненного регулирования скорости ДПТ</i>	6/4	4/1			2/3
Тема 19. <i>Системы непрямого регулирования скорости ДПТ</i>	4/4	3/1			1/3
Тема 20. <i>Система регулирования скорости ДПТ во второй зоне</i>	4/4	3/1			1/3
Тема 21. <i>Системы двухзонного регулирования скорости ДПТ</i>	4/4	3/2			1/2
Тема 22. <i>Системы электропривода постоянного тока с регулированием положения</i>	11/11	2/1		8/4	1/6
Тема 23. <i>Математическое описание асинхронного двигателя как объекта регулирования</i>	5/5	3/1			2/4
Тема 24. <i>Тиристорный преобразователь напряжения как объект регулирования</i>	11/11	2/-		8/4	1/7
Тема 25. <i>Регулирование момента и скорости АД в системе по схеме „ТПН–АД”.</i>	5/5	3/1			2/4
Тема 26. <i>Полупроводниковые преобразователи частоты, которые применяются в электроприводах переменного тока</i>	6/8	2/1		2/2	1/5
Тема 27. <i>Скалярное частотное управление в разомкнутой системе</i>	11/11	3/1		6/2	2/8
Тема 28. <i>Типовые замкнутые системы скалярного частотного управления</i>	4/4	2/1		68	1/3
Тема 29. <i>Понятие о принципе частот-</i>	6/6	3/1			2/5

<i>но- токового регулирования</i>					
Тема 30. Система частотно токового управления на базе ПЧ с АИТ	6/6	2/1			1/5
Тема 31. Система частотно токового управления на базе НПЧ	6/6	3/1			2/5
Тема 32. Система частотно токового управления на базе ПЧ с АИН	6/6	2/1			1/5
Тема 33. Понятие о принципе векторного управления	6/6	3/1			2/5
Тема 34. Типовые системы векторного управления и тенденции их развития	10/10	2/1		6/4	1/5
Тема 35. Система прямого управления моментом АД	6/6	3/1			2/5
Тема 36. Асинхронные электроприводы по схеме машины двойного питания	8/8	2/1		4/2	1/5
Тема 37. Математическое описание синхронного двигателя как объекта регулирования	6/6	3/1			2/5
Тема 38. Системы частотно регулируемого синхронного электропривода	6/6	2/1			1/5
Тема 39. Математическое описание вентильного двигателя как объекта регулирования	5/5	3/-			2/5
Тема 40. Математическое описание синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ).	8/5	3/-			5/5
Тема 41. Системы электропривода на основе СДПМ	5/4	3/-			2/4
Курсовой проект	36/36				36/36
Контактная работа (дополнительная)	11/15				
Экзамен	72/54				
Итого:	360	102/40		68/36	107/215

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на формирование компетенции
ПК-4	Темы 1-41
ПК-7	Темы 1-40

3.2. Лекции

Тема 1. *Введение.*

Содержание темы 2: Дисциплина „Системы управления электроприводами” (СУЭП). Задачи курса. Взаимосвязь с теорией электропривода, теорией автоматического управления. Понятие об электроприводе, электромеханической системе, СУЭП. Классификация СУЭП. Основные требования, которые выдвигаются к СУЭП. Задачи, которые выполняют СУЭП.

Литература к теме 1: [1-4,9]

Тема 2. *Понятие о релейно-контакторных системах управления (РКСУ).*

Содержание темы 2: Элементная база РКСУ. Обобщена функциональная схема РКСУ. Основные технические показатели реле и контакторов. Преимущества и недостатки РКСУ.

Литература к теме 2: [1-4,9]

Тема 3. *РКСУ асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.*

Содержание темы 3: Узел подключения-отключения. Нереверсивная и реверсивная схемы пуска-отключения. Схемы обеспечения режимов торможения противовключением и динамического торможения.

Литература к теме 3: [1-4,9]

Тема 4. *Принципы управления реостатным пуском и торможением электродвигателей.*

Содержание темы 4: Пусковая диаграмма, ее построение, основные ее параметры. Аналитическая связь между отдельными параметрами. Выделение принципов управления в зависимости от набора выходных данных.

Литература к теме 4: [1-4,9]

Тема 5. *Управление пуском и торможением электродвигателей в функции ЭДС.*

Содержание темы 5:Связь между скоростью и ЭДС (напряжением).
 Схема управления реостатным пуском двигателя постоянного тока (ДПТ).
 Схема управления реостатным пуском асинхронного двигателя (АД) с фазным ротором. Обеспечение тормозных режимов в функции ЭДС (напряжения).
 Преимущества и недостатки принципа.

Литература к теме 5:[1-4,9]

Тема 6. Управление пуском и торможением электродвигателей в функции времени.

Содержание темы6:Особенности реализации РКСУ в функции времени.
 Схема управления пуском ДПТ в функции времени. Схема управления пуском АД с фазным ротором в функции времени. Реализация тормозных режимов в функции времени. Преимущества и недостатки принципа.

Литература к теме 6:[1-4,9]

Тема 7. Управление пуском и торможением электродвигателей в функции тока.

Содержание темы 7:Особенности реализации РКСУ в функции тока.
 Схема управления пуском ДПТ в функции тока. Схема управления пуском АД с фазным ротором в функции тока. Преимущества и недостатки принципа.

Литература к теме 7:[1-4,9]

Тема 8. Релейно-контакторные системы управления пуском синхронных двигателей.

Содержание темы 8:Особенности пуска синхронных двигателей (СД).
 Легкий и тяжелый пуск. РКСУ пуска СД в функции тока. РКСУ пуска СД в функции скольжения. Варианты и особенности управления подачей возбуждения. Конструктивные варианты выполнения схем управления возбуждением.

Литература к теме 8:[1-4,9]

Тема 9. Аварийные режимы, которые возникают в электрических и механических частях электроприводов, средства защиты от них.

Содержание темы 9:Виды возможных аварийных режимов в электрических частях, причины их возникновения, их последствия, способы их предупреждения. Виды возможных аварийных режимов в механических частях, причины их возникновения, их последствия, способы их предупреждения. Типовые варианты схем защит.

Литература к теме 9:[1-4,9]

Тема 10. Структура и принцип действия преобразователей энергии, которые применяются в системах управления электроприводами постоянного тока.

Содержание темы 10: Структура современных управляемых выпрямителей. Нереверсивные силовые схемы тиристорных преобразователей (ТП). Структура и принцип действия систем импульсно-фазового управления.

Литература к теме 10:[1-4,9]

Тема 11. **Режимы работы и характеристики тиристорных преобразователей.**

Содержание темы 11: Режимы работы ТП в зависимости от направления передачи энергии. Режимы работы ТП в зависимости от характера тока нагрузки. Регулирующие и внешние характеристики ТП.

Литература к теме 11:[1-4,9]

Тема 12. **Особенности реверсивных тиристорных преобразователей.**

Содержание темы 12: Силовые схемы реверсивных ТП. Совместное управление вентильными группами ТП. Раздельное управление вентильными группами ТП.

Литература к теме 12:[1-4,9]

Тема 13. **Разомкнутая система регулирования скорости ДПТ по схеме „ТП – ДПТ”**

Содержание темы 13: Математическое описание ДПТ как объекта регулирования. Математическое описание ТП и динамические процессы в нем. Функциональная схема системы. Структурная схема системы. Статические и динамические характеристики системы.

Литература к теме 13:[1-4,9]

Тема 14. **Основные сведения о системах подчиненного регулирования и порядке их расчета.**

Содержание темы 14: Понятие о принципе подчиненного регулирования. Преимущества принципа. Порядок расчета систем подчиненного регулирования (СПР). Типовые случаи синтеза. Аналоговая реализация типовых регуляторов.

Литература к теме 14:[1-4,9]

Тема 15. **Двухконтурная однократноинтегрирующая система регулирования скорости ДПТ.**

Содержание темы 15: Функциональная схема системы. Структурная схема системы. Синтез контура регулирования тока. Особенности реализации регулирования тока, связанные с режимом работы реверсивного ТП. Реализация токоограничения в СПР. Синтез контура регулирования скорости (общий случай). Динамические свойства контура при наличии фильтра на входе. Статические и динамические характеристики системы.

Литература к теме 15:[1-4,9]

Тема 16. Особенности динамики тиристорного электропривода при работе от задатчика интенсивности и без него.

Содержание темы 16: Особенности пусковых и тормозных режимов в электроприводе при работе без задатчика интенсивности (ЗИ). ЗИ как элемент СУЭП. Аналоговая реализация ЗИ. Особенности пусковых и тормозных режимов при работе электропривода с ЗИ.

Литература к теме 16:[1-4,9]

Тема 17. Влияние противо-ЭДС двигателя на динамику тиристорного электропривода.

Содержание темы 17: Передаточные функции контура регулирования тока по управляющим и возмущающим воздействиям. Динамические свойства контура тока при наличии противо-ЭДС. Влияние противо-ЭДС на динамику работы СПР скорости. Способы компенсации влияния противо-ЭДС. Организация измерения противо-ЭДС.

Литература к теме 17:[1-4,9]

Тема 18. Двухкратноинтегрирующая система подчиненного регулирования скорости ДПТ.

Содержание темы 18: Синтез контура регулирования скорости. Статические и динамические характеристики системы. Одноконтурная система регулирования скорости ДПТ.

Литература к теме 18:[1-4,9]

Тема 19. Системы косвенного регулирования скорости ДПТ.

Содержание темы 19: Функциональная схема системы косвенного регулирования скорости с обратной связью по ЭДС. Структурная схема системы. Особенности расчета. Функциональная схема системы с обратной связью по напряжению. Одноконтурные системы косвенного регулирования скорости.

Литература к теме 19:[1-4,9]

Тема 20. Система регулирования скорости ДПТ во второй зоне.

Содержание темы 20: Особенности регулирования скорости во второй зоне. Математическое описание ДПТ как объекта регулирования при управлении напряжением на якоре и напряжением возбуждения. Функциональная схема регулирования скорости ДПТ во второй зоне. Структурная схема системы. Синтез контура регулирования тока возбуждения. Синтез контура регулирования тока якоря. Синтез контура регулирования скорости. Статические и динамические свойства системы.

Литература к теме 20:[1-4,9]

Тема 21. Системы двухзонного регулирования скорости ДПТ.

Содержание темы 21: Способы двухзонного регулирования скорости ДПТ. Функциональная и структурная схемы системы зависимого управления, порядок ее синтеза. Функциональная и структурная схемы системы раздельного управления, порядок ее синтеза. Статические и динамические свойства систем.

Литература к теме 21:[1-4,9]

Тема 22. Системы электропривода постоянного тока с регулированием положения.

Содержание темы 22: Организация регулирования положения. Синтез линейного регулятора положения, особенности динамики системы, с линейным регулятором. Синтез нелинейного (параболического) регулятора положения, особенности динамики системы, с нелинейным регулятором. Задатчик положения. Статические и динамические характеристики систем регулирования положения.

Литература к теме 22:[1-5,9]

Тема 23. Математическое описание асинхронного двигателя как объекта регулирования.

Содержание темы 23: Математическое описание двигателя в естественных координатах. Понятие об обобщенном векторе. Координатные превращения. Математическое описание обобщенной машины переменного тока в произвольных ортогональных координатах.

Литература к теме 23:[1-5,9]

Тема 24. Тиристорный преобразователь напряжения как объект регулирования.

Содержание темы 24: Силовая схема тиристорного преобразователя напряжения (ТПН). Особенности регулирования выходного напряжения. Динамические свойства ТПН.

Литература к теме 24:[1-5,9]

Тема 25. Регулирование момента и скорости АД в системе по схеме „ТПН–АД”.

Содержание темы 25: Математическое описание и структурная схема АД для задач параметрического регулирования. Регулирование скорости АД в разомкнутой системе (системы плавного пуска), статические и динамические свойства. Функциональная схема замкнутой системы. Синтез регулятора скорости. Синтез канала токовой отсечки. Статические и динамические свойства замкнутой системы.

Литература к теме 25:[1-5,9]

Тема 26. Полупроводниковые преобразователи частоты, которые применяются в электроприводах переменного тока.

Содержание темы 26:Преобразователи частоты (ПЧ) на основе автономного инвертора напряжения (АИН), силовые схемы, особенности расчета параметров, математическое описание, области использования. ПЧ на основе автономного инвертора тока (АИТ), силовые схемы, особенности расчета параметров, математическое описание, области использования. Преимущества и недостатки ПЧ на основе АИН и АИТ. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ), силовые схемы, особенности расчета параметров, математическое описание, области использования.

Литература к теме 26:[1-5,9]

Тема 27. Скалярное частотное управление в разомкнутой системе.

Содержание темы 27:Простейшая функциональная схема системы скалярного частотного управления. Законы частотного управления и их реализация с применением функциональных преобразователей. Математическое описание и структурная схема АД для задач скалярного частотного управления. Статические и динамические свойства системы.

Литература к теме 27:[1-5,9]

Тема 28. Типовые замкнутые системы скалярного частотного управления.

Содержание темы 28:Функциональная и структурная схема системы с обратными связями по току статора, особенности синтеза системы, статические и динамические свойства. Функциональная и структурная схема системы с обратными связями по току и скорости, особенности синтеза контура скорости, статические и динамические свойства. Области применения.

Литература к теме 28:[1-5,9]

Тема 29. Понятие о принципе частотно-токового управления.

Содержание темы 29:Реализация регулируемого источника тока на базе преобразователей частоты. Основные соотношения между амплитудой и угловым положением вектора тока статора для обеспечения закона частотно-го управления. Области применения систем частотно токового управления.

Литература к теме 29:[1-5,9]

Тема 30. Система частотно-токового управления на базе ПЧ с АИТ.

Содержание темы 30:Функциональная схема системы. Структурная схема системы. Синтез контура регулирования тока. Синтез контура регулирования скорости. Статические и динамические характеристики системы.

Литература к теме 30:[1-5,9]

Тема 31. Система частотно-токового управления на базе НПЧ.

Содержание темы 31:Функциональная схема системы. Организация координатных преобразований. Структурная схема системы. Синтез контуров регулирования тока. Синтез контура регулирования скорости. Статические и динамические характеристики системы.

Литература к теме 31:[1-5,9]

Тема 32. Система частотно-токового управления на базе ПЧ с АИН.

Содержание темы 32:Функциональная схема системы. Принцип широтно-импульсной модуляции. Структурная схема системы. Синтез контуров регулирования тока. Синтез контура регулирования скорости. Статические и динамические характеристики системы.

Литература к теме 32:[1-5,9]

Тема 33. Понятие о принципе векторного управления.

Содержание темы 33:Особенности реализации законов частотного управления при векторном управлении. Выбор опорного вектора. Условие вращения системы координат. Принцип ориентации системы координат.

Литература к теме 33:[1-5,9]

Тема 34. Типовые системы векторного управления и тенденции их развития.

Содержание темы 34:Функциональная схема системы векторного управления при полностью измеряемом векторе состояния (система „трансвектор”). Принцип отделения каналов регулирования. Преобразователи координат. Векторный анализатор. Синтез регуляторов тока. Синтез регулятора потокосцепления. Синтез регулятора скорости. Обеспечение независимости регулирования скорости от регулирования потокосцепления. Статические и динамические свойства системы. Модели потока в системах векторного управления с непрямой ориентацией системы координат. Организация бездатчикового векторного регулирования. Области применения.

Литература к теме 34:[1-5,9]

Тема 35. Система прямого управления моментом АД.

Содержание темы 35:Функциональная схема системы. Принцип прямого управления моментом. Организация релейного регулирования токов. Синтез контура регулирования скорости. Модель потока. Статические и динамические характеристики системы.

Литература к теме 35:[1-5,9]

Тема 36. Асинхронные электроприводы по схеме машины двойного питания.

Содержание темы 36: Функциональная схема системы регулирования скорости, структурная схема, особенности синтеза, статические и динамические свойства. Асинхронно-вентильный каскад, функциональная схема, структурная схема, особенности синтеза, статические и динамические свойства. Области применения.

Литература к теме 36: [1-5,9]

Тема 37. Математическое описание синхронного двигателя как объекта регулирования.

Содержание темы 37: Математическое описание в трехфазной системе координат. Координатные преобразования. Математическое описание и структурная схема в системе координат, которая вращается синхронно с ротором.

Литература к теме 37: [1-5,9]

Тема 38. Системы частотно-регулируемого синхронного электропривода.

Содержание темы 38: Ориентация системы координат. Функциональная схема системы. Особенности синтеза. Статические и динамические свойства системы.

Литература к теме 38: [1-5,9]

Тема 39. Системы регулирования скорости вентильным двигателем.

Содержание темы 39: Функциональная схема системы. Организация регулирования токов. Синтез контура регулирования скорости. Статические и динамические характеристики системы.

Литература к теме 39: [1-5,9]

Тема 40. Математическое описание синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ)

Содержание темы 40: Понятие о СДПМ и принципе его работы. Датчики положения ротора. Организация управления напряжением статора.

Литература к теме 40: [1-5,9]

Тема 41. Системы электропривода на основе СДПМ.

Содержание темы 41: Функциональная схема системы. Организация регулирования токов. Синтез контура регулирования скорости. Статические и динамические характеристики системы.

Литература к теме 41: [1-5,9]

3.3. Практические (семинарские) занятия не предусмотрены

3.4. Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час.	Литера- тура
1	Лабораторная работа №1-1. Изучение принципов расчета РКСУ реостатным пуском и торможением электродвигателей	4/2	[7,9]
2	Лабораторная работа №1-2. РКСУ пуском в функции скольжения и торможением противовключением АД с фазным ротором	4/2	[7,9]
3	Лабораторная работа №1-3. РКСУ пуском ДПТ в функции времени и торможением противовключением в функции ЭДС	4/2	[7,9]
4	Лабораторная работа 1-4. Исследование принципов построения, изучения, и наладка РКСУ пуском и торможением АД с фазным ротором в функции ЭДС.	4/2	[7,9]
5	Лабораторная работа 1-5. Изучение принципов наладки РКСУ прямого пуска СД в функции тока статора.	4/2	[7,9]
6	Лабораторная работа №1-6. Изучение модели двухконтурной системы регулирования скорости на имитационной модели тиристорного электропривода постоянного тока.	4/2	[7,9]
7	Лабораторная работа №1-7. Изучение способов аналоговой реализации и методов расчета схем реализации СПР скорости ДПТ.	10/10	[7,9]
8	Лабораторная работа № 2-11. Исследование двухконтурной системы подчиненного регулирования скорости ДПТ	4/2	[8,9]
9	Лабораторная работа № 2-10. Исследование системы подчиненного регулирования скорости ДПТ по цепи возбуждения	4/2	[8,9]
10	Лабораторная работа № 2-8. Исследование одноконтурной системы регулирования скорости АД по схеме „ТПН–АД”	4/2	[8,9]
11	Лабораторная работа № 2-6. Исследование статических и динамических характеристик разомкнутой системы скалярного частотного управления	4/2	[8,9]
12	Лабораторная работа № 3-1. Исследование возможностей параметрирования преобразователя частоты „Micromaster-440”	5/2	[8,9]
13	Лабораторная работа № 3-2. Исследование алгоритмов векторного управления асинхронным электроприводом на базе преобразователем частоты „Micromaster-440”	6/2	[8,9]
14	Лабораторная работа № 3-4. Исследование возможностей параметрирования преобразователя частоты „ACS-550”	7/2	[8,9]
Итого:		68/36	

3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	50/100
2	Подготовка к лабораторным работам	21/79
3	Выполнение курсового проекта	36
4	Выполнение индивидуального задания	-
Итого:		107/215

3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Индивидуальное задание не предусмотрено у студентов дневной формы обучения.

Курсовой проект на тему «Проектирование системы автоматического регулирования скорости двигателя постоянного тока» [6] выполняется в седьмом семестре.

Тематика курсового проекта связана с разработкой функциональной схемы проектируемой системы электропривода, расчетом и выбором оборудования, синтезом регуляторов и других узлов, системы автоматического регулирования, исследованием системы методом математического моделирования, разработкой принципиальной схемы соединений.

Объем учебной нагрузки при выполнении курсового проекта – 36 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 50 страниц формата А4 (210×297 мм), 2 листа формата А1(841×594 мм).

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из двух полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;

- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;

- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;

- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;

- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;

- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;

- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;

- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;

- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;

- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;

- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;

- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;

- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;

- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;

- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;

- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;

- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;

- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;

- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

1. Основные функции СУЭП.
2. Структура СУЭП.
3. Классификация СУЭП.
4. Основные требования, предъявляемые к СУЭП.
5. Чем отличается реле от контактора?
6. Что такое релейно-контакторные системы управления и для чего они

служат?

7. Достоинства и недостатки РКСУ.

8. В чем отличие между оперативными и силовыми цепями?

9. В чем заключается функция «самоподхвата»?

10. Чем отличается нереверсивная схема от реверсивной?

11. Как обеспечивается защита от одновременного включения контакторов?

12. Как осуществляется торможение противовключением с использованием реле скорости? В чем недостаток использования реле скорости?

13. Перечислите основные принципы управления реостатным пуском и торможением электродвигателей? В чем отличие между пуском АД с фазным ротором и ДПТ?

14. На что указывает просадка скорости в части энергопотребления двигателя?

15. Дайте пояснение термина «шунтирование секций пускового реостата».

16. От каких параметров зависит число ступеней пускового реостата?

17. От каких параметров зависит время пуска двигателя с помощью пускового реостата?

18. Достоинства и недостатки реостатного управления пуском двигателя в функции скорости?

19. Почему при динамическом торможении при нулевой скорости отключается соответствующий контактор?

20. Почему при торможении противовключением при нулевой скорости отключается соответствующий контактор?

21. При торможении противовключением используется сопротивление, незадействованное при пуске. Почему?

22. Достоинства и недостатки реостатного управления пуском двигателя в функции времени?

23. Конструктивные особенности реле времени?

24. Принцип действия системы управления, работающей в функции времени.

25. Достоинства и недостатки реостатного управления пуском двигателя в функции тока?

26. Конструктивные особенности реле, работающих в функции тока?

27. Принцип действия системы управления, работающей в функции тока.

28. Способы реостатного пуска синхронных двигателей.

29. В чем назначение использования реле форсировки, в системе реостатного пуска АД с возбудителем?

30. Перечислите аварийные режимы в электрических цепях двигателя.

31. Почему токовые защиты устанавливаются только в двух фазах асинхронного двигателя.

32. Что такое самозапуск, и как осуществляется защита от него?

33. Зачем параллельно обмотке возбуждения ДПТ устанавливают диод?

34. Перечислите аварийные режимы и средства защиты в механической части двигателя.

35. В чем особенность силового трансформатора для питания тиристорного преобразователя.

36. Назначение токоограничивающего реактора на входе тиристорного преобразователя.

37. Что такое коэффициент схемы?

38. В чем отличие регулировочной от внешней характеристики ТП?

39. Опишите режимы работы ТП с точки зрения характера нагрузки и направления передачи энергии.

40. Какие и в каком случае и почему используют термины угол управления и опережения открывания? Какие они имеют ограничения?

41. В чем назначение переключателя характеристик и логического переключающего устройства для управления комплектами реверсивного ТП?

42. Укажите достоинства, недостатки и область применения раздельного и совместного управления комплектами ТП.

43. За счет чего и как происходит регулирование скорости?

44. В чем достоинства и недостатки разомкнутой системы?

45. Для данной системы выполните сравнение жесткости механических характеристик в сравнении с естественной ДПТ.

46. Как зависит характер переходных режимов ДПТ от его постоянных времени?

47. Какое влияние оказывает напряжение управления на уравнение механической характеристики?

48. Что такое главная координата? Как ее определить по виду системы? По названию?

49. В чем достоинства и недостатки систем подчиненного регулирования?

50. В чем алгоритм синтеза системы подчиненного регулирования?

51. Что такое модульный оптимум, время первого согласования, перерегулирование и переходная характеристика?
52. Как определяется постоянная времени регулятора с учетом инерционности в канале обратной связи?
53. Какие виды регуляторов можно реализовать на операционном усилителе? Поясните методику выбора сопротивлений и емкостей регуляторов
54. Как осуществляется расчет коэффициентов передачи датчиков тока и скорости?
55. Что такое регулирующая, силовая и измерительно-преобразующая части системы управления?
56. Что такое ток упора?
57. Чем отличается функциональная схема от структурной?
58. Получить передаточные функции регуляторов тока и скорости и реализовать их на операционном усилителе.
59. Определить порядок астатизма контуров тока и скорости по управлению и возмущению, настроенных на модульный оптимум. Что это значит?
60. Укажите способы реализации токоограничения на базе операционного усилителя.
61. Как влияет инерционность в канале обратной связи по скорости на настройку контура? В каком случае и почему целесообразно устанавливать фильтр на входе контура скорости?
62. Почему ток в системе без задатчика интенсивности имеет разные динамические показатели переходного процесса в начале и в конце разгона? Почему время разгона и торможения разное при работе с нагрузкой и без нее?
63. С помощью чего можно изменять время разгона и торможения?
64. Нарисуйте схему реализации ЗИ на трех операционных усилителях?
65. Из каких составляющих состоит суммарная ошибка в регулировании скорости?
66. Почему ПИ-регулятор тока не обеспечивает астатических свойств контура регулирования тока якоря по управлению и возмущению.
67. Какие инерционности и как влияют на установившееся значение в контуре регулирования тока?
68. В чем опасность влияния ЭДС якоря на динамику стопорения?
69. Какой способ компенсации влияния противо-ЭДС двигателя на ваш взгляд лучше? Почему?
70. Почему нельзя сделать обратную связь по ЭДС безинерционной?
71. С помощью каких датчиков и где подключенных можно получить обратную связь по ЭДС?
72. Где в системе находятся два интегратора?
73. Какие динамические показатели имеет система настроенная на симметричный оптимум?
74. Укажите порядок астатизма системы по управлению и по возмущению? Что это значит?
75. Область применения систем косвенного регулирования скорости?
76. При каких условиях система регулирования скорости хуже системы регулирования ЭДС?
77. Можно ли утверждать о том, что система регулирования ЭДС обеспечивает ошибку близкую к нулю? Если да, то в при каких условиях?
78. Какая система регулирования ЭДС или напряжения якоря лучше? Почему?
79. Как в объекте управления учитывается кривая намагничивания?
80. Что характеризует постоянная времени вихревых токов? Как ее определить?
81. Почему при регулировании ДПТ во второй зоне нужно ослаблять поле?
82. Почему система управления ДПТ при регулировании скорости во второй зоне не управляет тиристорным преобразователем цепи якоря? Укажите порядок настройки контуров трехконтурной системы регулирования скорости ДПТ во второй зоне. Почему выход регулятора тока якоря имеет только одну полярность? Каково влияние постоянной времени вихревых токов на динамику контура регулирования тока возбуждения? Какие нелинейности объекта управления и как линеаризуются в трехконтурной системе регулирования скорости ДПТ во второй зоне? Системы регулирования с независимым и с зависимым управлением ЭДС и магнитным потоком. Какая система лучше? Почему? В чем сходство и в чем отличие? Назначение блока вычисления модуля. Почему регулятор ЭДС в системе с зависимым управлением выполнен интегрального типа и имеет однополярный выходной сигнал? В чем достоинство системы регулирования скорости с реверсом по возбуждению? Всегда ли возможно ее применение? С помощью каких устройств можно получить обратную связь по положению? Недостатки применения пропорционального регулятора положения? Недостатки применения пораболического регулятора положения? Возможно ли применение в системе управления задатчика интенсивности и задатчика положения? В каких случаях и для чего в контуре регулирова-

ния положения применяют задатчик интенсивности? Что такое комбинированное управление? Как оно реализуется? От чего зависит ошибка в регулировании положения? Какие способы ее уменьшения можно применить? Почему потери в стали статора и ротора минимальны и ими можно пренебречь? Что значит обобщенный вектор и откуда взялся коэффициент $2/3$ в формуле его определения? В уравнении электрического равновесия участвует величина скорости вращения ортогональной системы координат. Что это за величина, с каким из векторов и почему совмещена одно из ее осей? Возможно ли ее приравнять к нулю? Перечислите недостатки и достоинства модели АД для задач скалярного управления. Какова величина инерционности ТПН? Почему регулирование невозможно при маленьких углах управления? Как можно охарактеризовать быстродействие замкнутой системы ТПН-АД? Назначение и область применения тиристорного преобразователя напряжения. Какие достоинства и недостатки управления скоростью АД от тиристорного преобразователя напряжения? В чем назначение токовой отсечки в замкнутой системе и как она реализуется? Как можно охарактеризовать быстродействие замкнутой системы ТПН-АД? Структура двухзвенного преобразователя частоты. Назначение составляющих частей. Отличие силовой схемы для разных мощностей. Какие функции выполняет конденсатор в звене постоянного тока? Какие схемные решения применяются для зарядки конденсатора звена постоянного тока в ПЧ разных мощностей?

83. Перечислите способы управления автономным инвертором напряжения? Укажите инерционность канала управления напряжением для этих способов.

84. Перечислите недостатки непосредственных преобразователей частоты и двухзвенных преобразователей с автономным инвертором тока.

85. Как изменяется схема ПЧ при использовании режима рекуперации энергии для разных мощностей.

86. Что отражает модель АД для задач скалярного частотного управления? Какие ее недостатки?

87. Что такое точка гашения поля? Почему поле надо ослаблять?

88. Что отражает функциональный преобразователь? Какова его взаимосвязь с законами Костенко?

89. Диапазон регулирования скорости в разомкнутой системе. Достоинства и недостатки разомкнутых систем.

90. Что обеспечивает закон постоянства потокосцепления статора?

91. Перечислите способы реализации закона постоянства потокосцепления статора? Обоснуйте наиболее рациональный подход.

92. Что такое принцип компенсации статизма и для чего применяется?

93. Обоснуйте использование датчика скорости в системе скалярного управления.

94. Как и почему влияет активное сопротивление статора на характеристики АД при низких частотах?

95. Перечислите способы реализации систем частотно-токового управления АД.

96. В чем достоинство систем частотно-токового управления АД?

97. Поясните принцип работы системы управления на основе ПЧ с АИТ.

98. Получите передаточную функцию регулятора тока и скорости.

99. Отличие системы управления управляемой током на базе НПЧ и ПЧ с ШИМ.

100. Недостатки использования ПИ-регуляторов фазных токов АД в естественной трехфазной системе координат.

101. Обоснуйте целесообразность использования релейного управления токами статора в естественной трехфазной системе координат.

102. Назначение функциональных преобразователей в системе управления.

103. Какой закон регулирования используется и как реализуется в системе векторного управления.

104. Что такое условие точной ориентации системы координат по вектору потокосцепления ротора?

105. Обоснуйте необходимость компенсации внутренних связей АД в системе векторного управления.

106. В чем недостаток использования датчиков Холла для измерения потока в воздушном зазоре.

107. Какую функцию выполняет задатчик ослабления поля?

108. Как используется вычислитель ортогональных токов для получения информации о потокосцеплении ротора и его угле поворота?

109. Сравните динамические и статические свойства системы векторного управления АД и системы регулирования скорости ДПТ.
110. Зачем в системе используются преобразователи координат?
111. Получите передаточные функции регуляторов системы при настройке контуров на модульный оптимум.
112. Сформулируйте принцип управления системы.
113. Опишите закономерности изменения момента и модуля потокосцепления статора для сектора 1. Как эта закономерность связана с релейными регуляторами момента и потокосцепления статора.
114. Достоинства и недостатки системы прямого управления моментом.
115. Чем определяется верхняя граница регулирования скорости?
116. На какие свойства системы влияет дискретность работы и как?
117. Какие достоинства и недостатки имеют асинхронно-вентильный каскад (АВК) и машина двойного питания (МДП).
118. Чем МДП лучше АВК?
119. Поясните физический процесс преобразования энергии в АВК.
120. Покажите на структурной схеме АВК ЭДС вращения.
121. Получите передаточные функции регуляторов тока и скорости АВК.
122. Область применения МДП.
123. Покажите энергетические процессы МДП в ее характерных режимах.
124. В чем целесообразность применения системы регулирования реактивной мощности МДП?
125. Как определяется частота тока ротора МДП и как это реализуется с помощью координатных преобразователей?
126. Перечислите особенности СД как объекта управления.
127. Перечислите допущения, принимаемые при составлении модели СД.
128. С чем связана вращающаяся система координат, в которой получена модель СД?
129. Чем отличается модель СД для различных конструктивных особенностей?
130. Какие основные принципы формирования управляющих воздействий в СУЭП на основе традиционного СД?
131. Перечислите преимущества использования СД в сравнении с ДПТ.
132. Область применения вентильного двигателя по схеме «инвертор тока – синхронный двигатель».
133. В чем схожесть системы с питанием ДПТ от тиристорного преобразователя.
134. Назначение функциональных преобразователей в системе управления.
135. Перечислите конструктивные особенности СДПМ.
136. Как формируется момент СДПМ при различных конструктивных особенностях.
137. Что объединяет стратегии управления СДПМ.
138. Всегда ли можно говорить о возможности двухзонного регулирования скорости у СДПМ?

Пример экзаменационного билета

ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

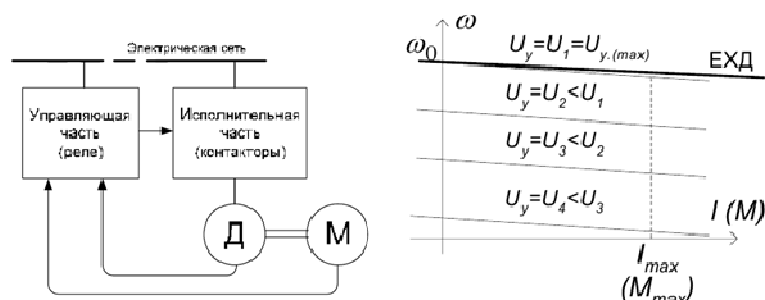
Профиль: Электропривод и автоматика.

Семестр: 6

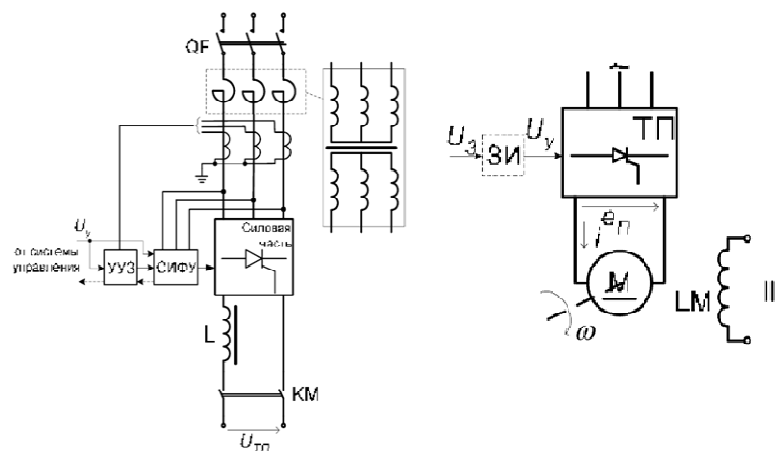
Учебная дисциплина: Системы управления электроприводами

БИЛЕТ № 1

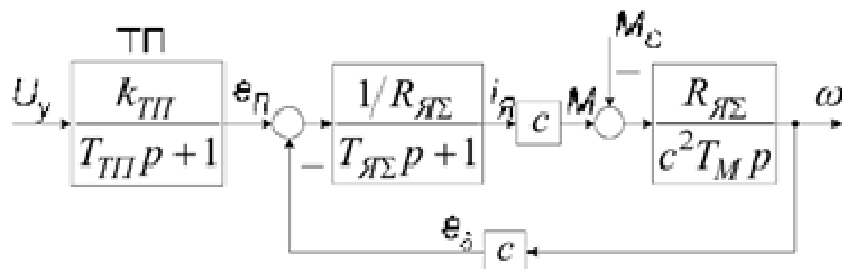
1. РКСУ. Определение, назначение основных узлов, отличие реле от контакторов, достоинства и недостатки.



2. Привести назначение и описание основных узлов ТП. Указать достоинства и недостатки.



3. Описать возможности системы, преобразования энергии. Достоинства и недостатки. Изобразить особенности переходных режимов. Определить статизм системы по управлению и возмущению.



Утверждено на заседании кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, протокол № ___ от __. __.20__ г.

Зав. кафедрой

Розкаряка П.И.

Экзаменатор

Мирошник Д.Н.

ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль: Электропривод и автоматика.

Электромобиль.

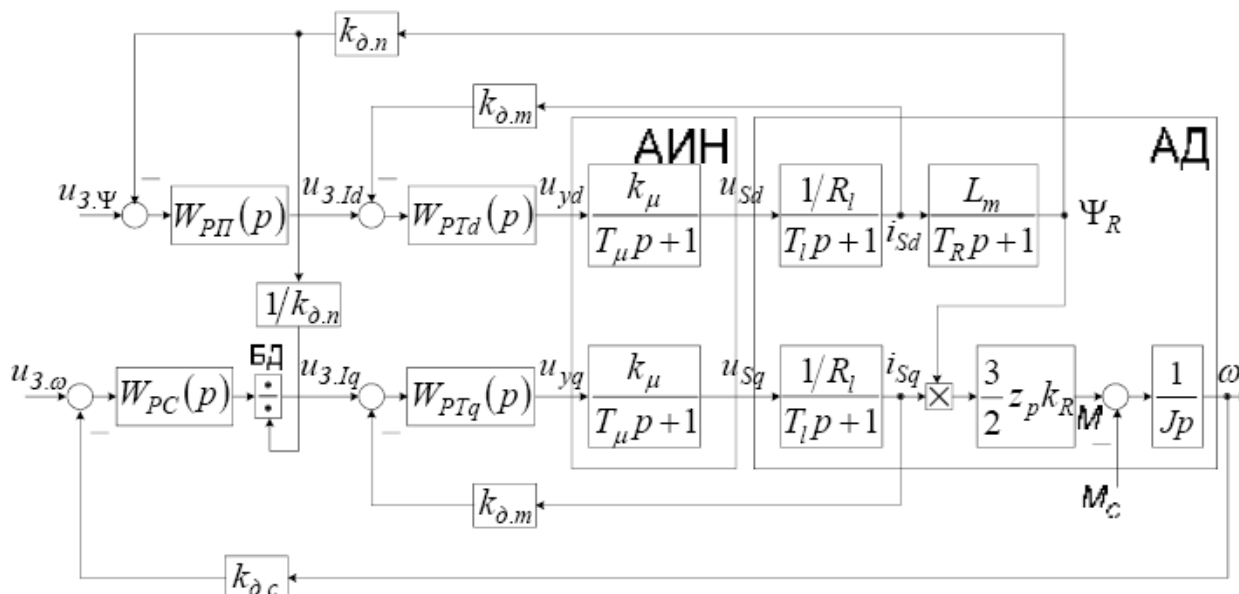
Семестр: 7

Учебная дисциплина: Системы управления электроприводами

БИЛЕТ № 1

1. Датчик тока LT 100-P (фирма LEM) номинальным током 200 А и допускает измерение тока до ± 300 А., подключается для измерения номинального тока двигателя переменного тока 27А. Коэффициент датчика 1000:1. Определить измерительное сопротивление резистора при максимальном выходном напряжении 3 В, и общий коэффициент передачи датчика.

2. Определить передаточную функцию регулятора тока в непрерывной системе и реализовать его в дискретной системе управления



3. Приведите упрощенную схему и укажите особенности подключения цепей управления преобразователя частоты.

Утверждено на заседании кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, протокол № ___ от ___.20__ г.

Зав. кафедрой

Розкаряка П.И.

Экзаменатор

Мирошник Д.Н.

КРИТЕРИИ

оценивания экзаменационной работы

по дисциплине «Системы управления электроприводами» для обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль – Электропривод и автоматика).

Экзамен проводится письменно по билетам. Билет содержит 3 вопроса, включающий теоретические положения и практические навыки в виде рисования схем, получения характеристик объекта. При необходимости отвечающий должен сопровождать написанное поясняющей схемой (рисунком).

Вопросы охватывают теоретическую часть курса, а также требуют демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе лабораторных работ.

Правильный ответ на первый и второй вопрос оценивается в 20 баллов, третий - 18 баллов. Если ответ не снабжен достаточной иллюстративностью снимается 5 баллов. За ошибки в формулах снимается 5 баллов. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос обучающийся получает ноль баллов. Полученные баллы за ответы на вопросы билета суммируются и с учётом результатов текущего контроля работы студента выводится итоговая оценка по 100-балльной шкале.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ESTS.

Утверждено на заседании кафедры электропривода и автоматизации
промышленных установок, протокол № ____ от _____.20____ г.

Заведующий кафедрой _____ Розкаряка П.И.

4.3 Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Системы управления электроприводами» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

Текущий контроль знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам выполненных лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, выполнение курсового проекта, предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену. При этом обязательными считаются только 7 лабораторных работ в каждом семестре.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
Для студентов очной формы обучения		
Отчёт по лабораторной работе	6	Задание выполнено правильно, полученные результаты обоснованы, приведен анализ полученного результата
	4	Задание выполнено в целом правильно, полученные результаты не всегда обоснованы, возникли трудности в объяснении полученных результатов
Итого по лабораторным работам (максимально возможное)	42	Из расчёта проведения семи лабораторных работ. Оцениваются результаты каждой лабораторной работы.
ИТОГО	42	Максимально возможное

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в

семестре проводится в форме семестрового экзамена. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает в 3 вопроса, включающих математическое описание системы управления, функциональные и структурные схемы, принципы построения наблюдателей величин двигателей переменного тока. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Ответ на вопросы экзаменационного билета	Вопрос 1	20
	Вопрос 2	20
	Вопрос 2	18
ИТОГО		58

Итоговая оценка определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля и количества баллов по результатам семестрового экзамена. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	Удовлетворительно
60-69	E	
35-59	FX	Неудовлетворительно
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях и лабораторных работах

Например, для темы «Частотный преобразователь для электропривода переменного тока»:

1. Чем отличается скалярное управление от векторного?
2. Как с помощью частоты ШИМ можно управлять допустимой мощностью нагрузки преобразователя частоты?
3. Поясните понятие «идентификационный прогон».

4. С какой целью можно использовать «Мануал» для частотных преобразователей.

5. Назовите условия, при которых можно подключить кнопку к входу управления преобразователем.

6. Прокомментируйте удобство применения аналогового входа преобразователя частоты.

Ответы на вопросы входного контроля учитываются преподавателем в результатах текущего контроля работы студента.

4.5 Курсовое проектирование

Согласно учебному плану по дисциплине «Системы управления электроприводами» предусмотрено выполнение курсового проекта на тему «Синтез системы регулирования скорости электропривода».

Для разработки задаются системы управления автоматизированным электроприводом, к которому по условиям технологического процесса предъявляются определенные требования к динамическим характеристикам и точности обработки управляющего и возмущающего воздействий. В задании приводится структура системы управления, пояснения ее работы, а также необходимые данные электрооборудования. Каждому студенту также выдается индивидуальное задание как отдельный раздел курсовой работы.

№ п /п	Наименование раздела	Максимально возможное количество баллов
1	Расчет параметров объекта	25
2	Синтез системы регулирования	25
3	Составление схемы	25
4	Математическое моделирование	25
ИТОГО		100

При оценивании результатов выполнения курсового проекта руководствуются следующим распределением максимально возможного количества баллов по основным разделам работы:

Оценивание раздела производится исходя из следующего:

- правильное и обоснованное (аргументированное) решение с использованием современных технологий и аппаратной базы, грамотное применение методики расчёта – максимально возможное количество баллов;

- правильное решение с замечаниями по обоснованию (изложение материала не всегда логичное), имеются замечания по выбору проектных решений, приведенному расчёту и использованию его результатов – от 1/3 до 2/3 от максимально возможного количества баллов;

- неверное решение, неумение выполнить расчет для принятия решения, получения необходимых результатов – ноль баллов.

Итоговая оценка по курсовому проекту определяется суммированием набранных по разделам баллов.

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Литература:

Основная:

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А.С. Анучин. - 19 Мб. - М. : МЭИ, 2015. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. — Режим доступа: из личного кабинета студента.

2. Аносов В.Н. Векторное управление асинхронными электроприводами на основе прогнозирующих моделей : учебное пособие / Аносов В.Н., Диаб А.А.З., Котин Д.А.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 175 с. — ISBN 978-5-7782-3285-3. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91189.html>.

3. Фираго Б.И. Векторные системы управления электроприводами : учебное пособие / Фираго Б.И., Васильев Д.С.. — Минск : Вышэйшая школа, 2016. — 160 с. — ISBN 978-985-06-2624-0. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/90750.html>.

Дополнительная:

4. Медведев В.А. Системы управления электроприводами промышленных роботов : учебное пособие / Медведев В.А.. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 193 с. — ISBN 978-5-4497-1205-9. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/108371.html>.

5. Микропроцессорные системы управления электроприводами и технологическими комплексами : учебное пособие / Г.М. Симаков [и др.]. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 116 с. — ISBN 978-5-7782-2989-1. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91602.html>.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

6. Методические рекомендации к выполнению курсовой работы по дисциплине «Системы управления электроприводами» [Электронный ресурс] / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. Электропривод и автоматизация промышленных установок; сост.: Д. Н. Мирошник. — Донецк: ДОННТУ, 2021. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. — Режим доступа: из личного кабинета студента.

7. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Системы управления электроприводами» [Электронный ресурс] / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. Электропривод и автоматизация промышленных установок; сост.: Д. Н. Мирошник. — Донецк: ДОННТУ, 2021. Ч.1- 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. — Режим доступа: из личного кабинета студента.

8. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Системы управления электроприводами» [Электронный ресурс] / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. Электропривод и автоматизация промышленных установок; сост.: Д. Н. Мирошник. — Донецк: ДОННТУ, 2021. Ч.2- 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. — Режим доступа: из личного кабинета студента.

9. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине «Системы управления электроприводами» [Электронный ресурс] / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. Электропривод и автоматизация промышленных установок; сост.: Д. Н. Мирошник. —Донецк: ДОННТУ, 2021. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. . — Режим доступа: из личного кабинета студента.

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДонНТУ – <http://donntu.ru/library>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Лекционные занятия:

Учебная аудитория №8.303 учебный корпус 8 для проведения занятий лекционного типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: компьютер Intel Celeron E1200, операционная система Windows XP Professional x86/64 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 4.3.2.2, Google Slides (бесплатная версия), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

7.2 Лабораторные занятия:

Специализированная лаборатория №8.113, корпус 8 для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированное оборудование: робот-манипулятор Manus; 3Д принтер «Prusa i3 tronXY» (Китай), 3Д принтер, сделанный студентами (ДНР), 3Д принтер «Solidoodle» (США). Стенд 1. Лабораторный стенд для изучения параметрирования ПЧ фирмы Siemens при помощи базовой панели оператора: ПЧ Micromaster 440, 15 кВт, базовая панель оператора, двигатель АО2-51, 7.5 кВт. Стенд 2. Лабораторный стенд для изучения параметрирования ПЧ фирмы Siemens при помощи ПК: ПЧ Micromaster 440, 15 кВт; двигатель АО2-51, 10 кВт, модуль связи с ПК. Стенд 3. Лабораторный стенд для изучения механических характеристик асинхронного двигателя: ПЧ Altivar 5, 4 кВт, двигатель АК 52/6, 2.8 кВт; тиристорный преобразователь ЭТ6, 11 кВт; нагрузочная машина ПНФ-45, 3.6 кВт. Стенд 4. Лабораторный стенд для изучения цифровых систем управления тиристорным электроприводом постоянного тока: тиристорный преобразователь БТУ-3501, плата АЦП/ЦАП 5710 Octagon systems, плата гальванических развязок SCMPB05, двигатель ПБСТ-32, 1,2 кВт. Стенд 5. Лабораторный стенд для исследования одноконтурной системы регулирования скорости системы ТРН-АД: комплектная тиристорная станция управления ТСУР-ИП, двигатель АК60-4 с ф.р., 7 кВт, генератор постоянного тока П-52, 6.5 кВт. Стенд 6. Лабораторный стенд для изучения параметрирования ПЧ фирмы ABB: ПЧ ACS-550, 4 кВт, двигатель 2AI80B2ПАУ2, 2.2 кВт. Стенд 7. Лабораторный стенд для исследования системы электропривода с управлением по цепи возбуждения двигателя: исследуемая машина ПБСТ- 22, 0.6 кВт, тиристорный преобразователь возбудителя ЭТ-3Р, 1 кВт. Стенд 8. Лабораторный стенд для исследования двухконтурной системы подчиненного регулирования: исследуемый двигатель ПБСТ-32, 0.8 кВт, реверсивный тиристорный преобразователь для исследуемой машины БТУ-3601, шкаф «Кедр-84», реверсивный тиристорный преобразователь ЭТ6 питания нагрузочной машины П-31, 0.7 кВт. Стенд 9. Лабораторный стенд для исследования цифровых систем управления на базе микромотора и микроконтроллера STM32F4.

Приборное обеспечение: паяльная станция Lukey852d, источники питания Masteram MR3003M-2, Atten TPR3003T, Masteram Mr3003, электронный осциллограф SIGLENT SDS1072CML, плата АЦП m-DAQ, датчики напряжения LEM 55р, датчики напряжения СУНVS025А. Компьютерное обеспечение: компьютеры

Pentium 4 cpu 3.2ghz, 1gb, 80gb, ОС - Windows XP Professional x86 и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), программное обеспечение для работы с ПЧ фирмы ABB «DriveWindowLight2» (бесплатная версия), программное обеспечение для работы с ПЧ фирмы Siemens «Drive Monitor» (бесплатная версия). Мультимедийный проектор, экран проекционный, специализированная мебель: доска передвижная, столы аудиторные, стулья ученические.

7.3 Самостоятельная работа:

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 - общественная лицензия MPL 2.0, Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3, Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL).