

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

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Первый проректор

  
(подпись)

« 31 » 03



20 03 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.07 Оптимальное управление позиционными электроприводами**

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность (профиль): Электромеханические системы автоматизации и электропривод  
(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа: магистратура  
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения: очная, заочная  
(очная, заочная, очно-заочная)


Форма обучения	Очная	Заочная
Семестр(ы)	3	4
Общая трудоёмкость в ЗЕТ/часах	4,0/144	4,0/144
Контактная работа (час.), в том числе:	55	20
лекции (час.)	17	8
лабораторные работы (час.)	34	6
практические (семинарские) занятия (час.)	-	-
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	17	88
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	-	-
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 72	экзамен, 36

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Оптимальное управление позиционным электроприводом» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) – «Электромеханические системы автоматизации и электропривод» для 2023 года приёма по очной и заочной формам обучения.


Составитель:

Заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок»,  
к.т.н., доцент

 Розкаряка П.И.  
(подпись)

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 13.04.02 «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 электропривода и автоматизации промышленных установок.

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок.

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок.

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

## **1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина рассматривает методы анализа и синтеза оптимальных законов управления электроприводом и особенности их реализации на современной элементной базе.

Цель дисциплины: предоставить теоретические сведения в области оптимального управления электромеханическими системами с использованием современных комплектных систем электроприводов будущим специалистам по программе подготовки электромеханические системы автоматизации и электропривод.

В результате освоения дисциплины студент должен знать:

- знать основные принципы построения и конструирования систем оптимального управления электроприводом; систем позиционного регулирования в объеме, который необходим для самостоятельного решения проектных и производственных задач;

уметь:

- уметь решать инженерные задачи по выбору систем оптимального управления электроприводом и обеспечению рациональных режимов его работы, проводить расчеты при определении параметров электроприводов;
- обеспечивать эффективность работы электромеханических систем и оптимизировать их работу по различным техническим и энергетическим критериям;

владеть:

- навыками анализа проектных решений электромеханических систем автоматизации и электропривода и оптимизации их работы;
- навыками применения методологий расчета технических и технологических показателей по проектным решениям для электромеханических систем автоматизации и электропривода.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способностью применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности (ПК-1).

## **2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Высшая математика», «Теория автоматического управления», «Теория электропривода», «Специальные разделы теории автоматического управления», «Системы управления электроприводом».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реали-

зуются студентом при изучении дисциплин – «Цифровые системы автоматизации и управления», «Программная реализация микропроцессорных систем», 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

№ те- мы	Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная / заочная форма)				
		Всего	В том числе			
			Лекции	Лабор	Практ.	СРС
1	Постановка задачи оптимального управления	5/14	3/2			2/12
2	Анализ оптимальных законов управления электроприводом.	5/15	2/1			3/14
3	Проблемы структурного синтеза систем позиционного электропривода.	12/15	2/1	8/2		2/12
4	Основные принципы формирования управления, оптимального по быстродействию	5/13	2/1			3/12
5	Основные принципы формирования управления, оптимального по тепловым потерям	15/15	2/1	10/2		3/12
6	Оптимизация энергопотребления позиционным электроприводом на основе системы векторного управления АД	13/14	3/1	8/1		2/12
7	Обобщенная методика формирования цифровых эталонных диаграмм отработки заданных перемещений. Потери энергии при пуске электропривода	13/16	3/1	8/1		2/14
Контактная работа (дополнительная)		4/6				
Итого по видам занятий		72/108	17/8	34/6	-	17/88
Контроль		72/36				
<b>ИТОГО:</b>		<b>144</b>				

#### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

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

### 3.2 Лекции

Тема 1. Постановка задачи оптимального управления

Содержание темы 1:

Постановка задачи оптимального управления. Вариационные методы. Принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование Беллмана. Условные и безусловные ограничения.

Литература к теме 1: [2, 3, 4].

Тема 2. Анализ оптимальных законов управления электроприводом

Содержание темы 2:

Формулировка задачи оптимального управления электроприводом. Управление, оптимальное по быстродействию; управление, оптимальное по производительности; управление, обеспечивающее минимизацию тепловых потерь.

Литература к теме 2: [2, 3].

Тема 3. Проблемы структурного и параметрического синтеза систем позиционного электропривода

Содержание темы 3:

Системы регулирования положения с задатчиком положения. Структура задатчика положения, работающего по разомкнутому принципу без ограничения и с ограничением на рывок. Комбинированное управление по управляющему воздействию. Структура ЗП, реализующая комбинированное управление по управляющему воздействию.

Литература к теме 3: [1, 3].

Тема 4. Основные принципы формирования управления, оптимального по быстродействию

Содержание темы 4:

Формирование эталонных непрерывных диаграмм отработки заданных перемещений, оптимальных по быстродействию, с учетом статического момента и ограничений на координаты.

Литература к теме 4: [1, 3].

Тема 5. Основные принципы формирования управления, оптимального по тепловым потерям

Содержание темы 5:

Формирование эталонных непрерывных диаграмм отработки заданных перемещений, оптимальных по тепловым потерям, с учетом статического момента и ограничений на координаты.

Литература к теме 5: [1, 3].

Тема 6. Оптимизация энергопотребления позиционным электроприводом на основе системы векторного управления АД

Содержание темы 6:

Зависимости потерь от времени отработки заданного перемещения при различных статических моментах. Оптимизация энергопотребления позиционным электроприводом при учете энергии потерь от поддержания магнитного поля двигателя.

Литература к теме 6: [1, 3].

Тема 7. Обобщенная методика формирования цифровых эталонных диаграмм отработки заданных перемещений. Потери энергии при пуске электропривода

Содержание темы 7:

Обеспечение кратности моментов времени переключения периоду дискретности. Обеспечение симметрии экстраполированного сигнала задания на ускорение. Выбор методов численного интегрирования. Потери энергии при пуске электропривода.

Литература к теме 7: [1, 3].

### 3.3 Практические (семинарские) занятия не предусмотрены

### 3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очн/заочн	Литература
1	Лабораторная работа №1. Системы регулирования положения с задатчиком положения	8/2	[2]
2	Лабораторная работа №2. Структура задатчика положения, работающего по разомкнутому принципу без ограничения и с ограничением на рывок	10/2	[2]
3	Лабораторная работа №3. Формирование диаграмм отработки заданных перемещений, оптимальных по быстродействию, с учетом ограничений на координаты	8/2	[2]
4	Лабораторная работа №4 Формирование диаграмм отработки заданных перемещений, оптимальных по тепловым потерям, с учетом ограничений на координаты	8/2	[2]
<b>ИТОГО:</b>		<b>34/8</b>	

### 3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/заочн
1	Изучение лекционного материала	8/38
2	Подготовка к лабораторным занятиям	9/50
<b>ИТОГО:</b>		<b>17/88</b>

### 3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) по дисциплине учебным планом не предусмотрено.

Индивидуальное задание предусмотрено учебными планами для студентов заочной формы обучения. Оно связано с выполнением расчетно-графической работы, которая направлена на закрепление знаний, полученных во время лекционных занятий.

Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – 9 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 6 страниц формата А4 (210×297 мм).

## 4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 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. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- 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;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать норматив-

но-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе;

- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой производственный опыт.

#### *Составляющая компетенции – владение навыками*

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;
- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;
- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.



## 4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

### Вопросы к экзамену:

1. Какие критерии оптимальности вам известны? Почему в теории оптимального управления минимизируют функционал?
2. Приведите примеры функционалов для известных критериев оптимальности (быстродействие, точность, минимум потерь и т.д.).
3. Поясните понятие «оптимальное управление». Почему накладывают ограничения на отдельные элементы САУ при постановке задачи оптимального управления? Какие ограничения относят к условным, а какие к безусловным?
4. Поясните, чем отличается терминальная задача от задачи на максимальное быстродействие.
5. Сформулируйте задачи оптимального управления ЭП. Какой интеграл будет оптимизироваться для каждой из перечисленных вами задач?
6. Какие ограничения необходимо учитывать при решении задач оптимального управления ЭП?
7. Какой закон управления необходимо использовать для обеспечения задачи оптимального управления по тепловым потерям? Приведите графики  $M(t)$  и  $\omega(t)$ .
8. Какой закон управления необходимо использовать для обеспечения задачи оптимального управления по тепловым потерям? Приведите графики  $M(t)$  и  $\omega(t)$  для случая ограничения скорости.
9. Проведите сравнительный анализ диаграмм, обеспечивающих отработку заданного перемещения за заданное время, с точки зрения тепловых потерь (с учетом и без учета ограничений на скорость).
10. Какой закон управления необходимо использовать для обеспечения задачи оптимального управления по быстродействию? Приведите графики  $M(t)$  и  $\omega(t)$ .
11. Какой закон управления необходимо использовать для обеспечения задачи оптимального управления по быстродействию? Приведите графики  $M(t)$  и  $\omega(t)$  для случая ограничения скорости.
12. Поясните, почему при оптимизации потреблением позиционным ЭП необходимо учитывать и потери на возбуждение, потери от статической составляющей момента? От чего будет зависеть время, обеспечивающее минимум потребления энергии, при отработке заданного перемещения?
13. Поясните энергетику ЭП при прямом пуске ДПТ и АД. От чего зависят потери при прямом пуске этих двигателей? Куда расходуется потребляемая из сети энергия?
14. Какие способы снижения потерь при пуске ДПТ и АД вам известны. Дайте необходимые пояснения.
15. Дайте характеристику оптимальному передаточному числу редуктора при длительном режиме работы ЭП и при повторно-кратковременном режиме работы ЭП.

16. Поясните, как отразится учет момента статического сопротивления при решении задачи оптимизации управления ЭП по быстродействию. Приведите тахограммы и зависимости  $M(t)$  для рассматриваемых случаев с учетом ограничений на скорость.

17. Поясните, как отразится учет момента статического сопротивления при решении задачи оптимизации управления ЭП по быстродействию. Приведите тахограммы и зависимости  $M(t)$  для рассматриваемых случаев без учета ограничений на скорость.

18. Поясните, как отразится учет момента статического сопротивления при решении задачи оптимизации управления ЭП по тепловым потерям. Приведите тахограммы и зависимости  $M(t)$  для рассматриваемых случаев с учетом ограничений на скорость.

19. Поясните, как отразится учет момента статического сопротивления при решении задачи оптимизации управления ЭП по тепловым потерям. Приведите тахограммы и зависимости  $M(t)$  для рассматриваемых случаев без учета ограничений на скорость.

### **Пример экзаменационного билета:**

ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 Программа подготовки: магистратура  
 Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
 Магистерская программа: Электромеханические системы автоматизации и электропривод  
 Семестр: 3  
 Учебная дисциплина: Оптимальное управление позиционным электроприводом

#### **БИЛЕТ № 1**

1. Какие критерии оптимальности вам известны? Почему в теории оптимального управления минимизируют функционал? Приведите примеры функционалов для известных критериев оптимальности (быстродействие, точность, минимум потерь и т.д.).

2. Поясните, почему при оптимизации потреблением позиционным ЭП необходимо учитывать и потери на возбуждение, потери от статической составляющей момента? От чего будет зависеть время, обеспечивающее минимум потребления энергии, при отработке заданного перемещения?

Зав. кафедрой

Розкаряка П.И.

Экзаменатор

Розкаряка П.И.

### **КРИТЕРИИ**

#### **оценивания экзаменационной работы**

по дисциплине «Оптимальное управление позиционным электроприводом»  
 для обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
 (направленность – Электромеханические системы автоматизации и электропривод)

Экзамен проводится письменно по билетам. Билет содержит 2 вопроса, каждый из которых требует конкретного ответа. При необходимости отвечающий должен сопроводить написанное поясняющей схемой (рисунком).

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

Правильный ответ на вопрос оценивается в двадцать баллов. Если ответ не полный, то он оценивается в пятнадцать баллов. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос обучающийся получает ноль баллов. Полученные баллы за ответы на вопросы билета сумми-

руются 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 «Оптимальное управление позиционным электроприводом» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

Текущий контроль знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам лабораторных работ, студента заочной формы обучения – по результатам выполнения индивидуальной работы. Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, выполнение индивидуального задания (контрольной работы), предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

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	15	Задание выполнено правильно, полученные результаты обоснованы, приведен анализ полученного результата
	8	Задание выполнено в целом правильно, полученные результаты не всегда обоснованы, возникли трудности в объяснении полученных результатов
<b>Итого по лабораторным работам (максимально возможное)</b>	<b>60</b>	Из расчёта проведения четырех лабораторных работ. Оцениваются результаты каждой лабораторной работы.
<b>ИТОГО</b>	<b>60</b>	Максимально возможное
Для студентов заочной формы обучения		
Выполнение контрольной работы (индивидуального задания)	<b>60</b>	При выполнении задания полученные результаты обоснованы, выводы аргументированы и логичны, работа оформлена без замечаний
	<b>30</b>	Задание выполнено в целом правильно, но полученные результаты не всегда обоснованы, имеются замечания по оформлению.
<b>ИТОГО</b>	<b>60</b>	Максимально возможное

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена. Форма проведения экзамена –

письменная. Экзаменационный билет включает в себя 2 теоретических вопроса. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Максимальное количество баллов за ответ на вопрос экзаменационного билета засчитывается студенту в случае, если ответ подтверждает владение студентом знаниями в полном объеме учебной программы, материал изложен в логической последовательности с выделением главного, содержит точные формулировки, сопровождается иллюстрирующими схемами и рисунками (при необходимости).

В случае, если ответ на вопрос не в полной мере отвечает приведенным требованиям, студенту засчитывается количество баллов, равное 15. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос студент получает 0 баллов.

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Ответ на вопросы экзаменационного билета	вопрос 1	20
	вопрос 2	20
<b>ИТОГО</b>		<b>40</b>

**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 ESTS:

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	
60-69	E	Удовлетворительно
35-59	FX	
0-34	F*	
		Неудовлетворительно

\* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

#### 4.4 Пример текущего опроса на лабораторных работах

На примере темы «Проблемы структурного и параметрического синтеза систем позиционного электропривода»:

1. Какие типы (структуры) регуляторов положения целесообразно использовать для трехконтурной системы регулирования с задатчиком положения?

2. Назовите преимущества нелинейного регулятора положения.
3. Какие преимущества предоставляет использование задатчика положения для систем регулирования положения?
4. Назовите основные способы ограничения рывка в замкнутых системах управления ЭП.
5. Приведите методику расчета коэффициентов компаундирующих связей в ЗП, реализующим комбинированное управление, при настройке системы на модульный оптимум.

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

## **5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **I Основная литература**

1. Ким Д.П. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению 220200 "Автоматизация и управление" Т. 2 : Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Д.П. Ким. - 5 Мб. - Москва : Физматлит, 2016. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/17/cd6803.pdf>
2. Симаков, Г. М. Энергоэффективное управление электроприводом переменного тока : монография / Г. М. Симаков, Ю. П. Филюшов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 243 с. — ISBN 978-5-7782-2835-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/91597.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### **II Дополнительная литература**

3. 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. <http://ed.donntu.org/books/21/cd10247.pdf>
4. Певзнер Л.Д. Теория автоматического управления. Задачи и решения [Электронный ресурс] . - 12 Мб. - Санкт-Петербург, 2016. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/21/cd10246.pdf>

## **6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:**

5. Методические указания к самостоятельной работе при изучении дисциплины "Оптимальное управление позиционным электроприводом" [Электронный ресурс] : для обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника" / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. электропривода и автомати-

зации пром. установок ; [сост. П.И. Розкаряка]. - 242 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader.

<http://ed.donntu.org/books/21/m6058.pdf>

6. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Оптимальное управление позиционным электроприводом" [Электронный ресурс] : для обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника" / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. электропривода и автоматизации пром. установок ; [сост. П.И. Розкаряка]. - 880 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader.

<http://ed.donntu.org/books/21/m6059.pdf>

7. Методические указания к выполнению индивидуальной работы по дисциплине "Оптимальное управление позиционным электроприводом" [Электронный ресурс] : для обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника" / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. электропривода и автоматизации пром. установок ; [сост. П.И. Розкаряка]. - 476 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader.

<http://ed.donntu.org/books/21/m6060.pdf>

**Электронно-информационные ресурсы**

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.org/library>.

## **7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Лекционные занятия:**

Учебная аудитория №8.303 учебный корпус 8 для проведения занятий лекционного типа, 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 №8.109 корпус 8 для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированное оборудование: Стенд 1. Лабораторный стенд для исследования систем управления тепловыми процессами и энергетических режимов работы оборудования. Программный регулятор ОВЕН ТРМ 151, измеритель-регулятор ОВЕН ТРМ 202, цифровой мультиметр LOVATO DMK3, программируемый логический контроллер VIPA 313SC, преобразователь частоты Danfoss VLT 5000, физическая модель приточной нагревательной установки, содержащая датчик температуры TN-2531, датчик темпера-

туры TAD961, вентилятор SUNON DP200A2123XBT, нагреватель NOMACON P=300 Вт, твердотельные реле CARLO GAVAZZI RM1E23AA25. Макет помещения, содержащий термопреобразователь сопротивления TCM 1-3 50M L80, датчик влажности, вентилятор SUNON DP200A2123XBT, нагревательный элемент. Стенд 2. Лабораторный стенд для исследования систем позиционирования и регулирования скорости: стартовый комплект SPEED7.800-7DK20 (центральный процессор CPU313SC VIPA 313-5BF03), датчик емкостной CA18 CLN 12PA, датчик индуктивный IA18 DSN 14 PO, фотодатчик PA 18 CSD 02 PA, модуль питания SPD2460, монитор FA1, монитор FD1, преобразователь частоты Lenze 8200 Vector, сервопозиционер Lenze 9300 EV9321-EP. Стенд 3. Лабораторный стенд для исследования шаговых электроприводов и устройств плавного пуска: преобразователь частоты Unidrive SP 1401, устройство плавного пуска Softstarter PFE-16, модуль питания SPD 2406. AC/DC Converter 24 V, драйвер шагового двигателя MD5 MF15, 5-ти фазный шаговый двигатель A16K-M569W, программируемый логический контроллер VIPA CPU314ST. Стенд 4. Лабораторный стенд для исследования частотно-регулируемых электроприводов при векторном и скалярном управлении: электродвигатель 1LA7073-2AA10 0,55 кВт, преобразователь частоты Unidrive SP 1401 (0.75кВт), преобразователь частоты Comander SK (1.1 кВт). Стенд 5. Лабораторный стенд для исследования регулируемых электроприводов постоянного и переменного тока: силовой преобразователь постоянного тока Mentor II Digital DC Drive, возбудитель FMX5 Field Controller, преобразователь частоты Unidrive SP 1404 (3кВт), двигатель постоянного тока (P=3 кВт), синхронный двигатель с постоянными магнитами, модули расширения, резольвер, энкодер. Стенд 6. Лабораторный стенд для исследования электроприводов постоянного тока с двухзонным регулированием: тиристорный преобразователь DCS 800 (ABB), электродвигатель ПБСТ-42 (P=2,4 кВт), электродвигатель ПБСТ-43 (P=2,8 кВт), управляемый выпрямитель ЭТ-6, датчик фотоимпульсный ПДФ-3У2, датчик кодовый КД-3. Стенд 7. Лабораторный стенд для управления частотно-регулируемым электроприводом от программируемого контроллера: программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК100, программируемый логический контроллер VIPA CPU 314ST, преобразователь частоты Lenze 8400, преобразователь SPD 2406. Стенд 8. Лабораторный стенд для исследования частотно-регулируемого электропривода вентилятора: преобразователь частоты Altivar 312HO18M2, электродвигатель асинхронный MEBSA 632-4 (0,18 кВт), вентилятор Soler&Palau CMT/4-180/0.75, многофункциональный измерительный прибор Power Logic PM700.

Приборное обеспечение: 16-канальный регистратор параметров Рекон-08, генератор сигналов Г6-26.

Компьютерное обеспечение: компьютеры Celeron-3,06Ghz/2Gb/400Gb, (ОС - Windows XP Professional x86 и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), программное обеспечение: для работы с ПЛК VIPA – WinSPS-S7 V5 (бесплатная версия); для работы с преобразователями частоты Unidrive и Comander фирмы Control Technique – STSoft V1.16.0.3, Sypt PRO V 2.5.3, CT Scope V1.1.4 (бесплатная версия); для работы с преобразователями частоты фирмы Lenze – Global Drive

Control V4.14.1.0 (бесплатная версия); для работы с ПЛК ОВЕН – CoDeSys V2.3 (бесплатная версия); для работы с регистратором параметров Рекон – WinRec MC (бесплатная версия); для работы с цифровым мультиметром LOVATO DMK3 – DMK Remote Control (бесплатная версия); для работы с ПЛК Zelio-logic фирмы Schneider Electric – Zelio Soft2 (бесплатная версия); для работы со SCADA Zenon фирмы COPA-DATA – Zenon Editor 6.22, Zenon RunTime (бесплатная версия). Мультимедийный проектор Epson Emp-S52, 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).