

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
 дизайна»  
 (СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.09**

Управление электромеханическими системами

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b130302-4\_22-14.plx

Кафедра:  Автоматизированного электропривода и электротехники

Направление подготовки:  
 (специальность) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки:  
 (специализация) Электропривод и автоматика

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия				
7	УП	17	17	17	56,75	0,25	3	Зачет
	РПД	17	17	17	56,75	0,25	3	
8	УП	18	36	18	36	36	4	Экзамен, Курсовой проект
	РПД	18	36	18	36	36	4	
Итого	УП	35	53	35	92,75	36,25	7	
	РПД	35	53	35	92,75	36,25	7	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 144

Составитель (и):

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой

Благодарный Н.С.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой автоматизированного электропривода и электротехники

Благодарный Н.С.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Благодарный Н.С.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Овладеть основными принципами построения, расчета и способами реализации электромеханических систем управления.

**1.2 Задачи дисциплины:**

Получение практических навыков работы с электромеханическими системами.

Освоение способов управления, методов расчета, наладки и настройки систем управления электромеханическими объектами.

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Электрические машины

Теория автоматического управления

Моделирование электротехнических систем

Электрический привод

Основы системного анализа

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-1: Способен участвовать в разработке мероприятий по совершенствованию и модернизации электротехнического оборудования, улучшения его эксплуатационных характеристик</b>
---

<b>Знать:</b> Основные режимы технологического процесса, основные параметры технологического процесса.
--

<b>Уметь:</b> Выбирать способы управления электромеханическими системами, анализировать параметры и характеристики электромеханических систем.
--

<b>Владеть:</b> Навыками совершенствования и модернизации систем управления электромеханическими объектами, способностью рассчитывать параметры и характеристики электромеханических систем.
--

<b>ПК-2: Готовность к выполнению работ по монтажу, наладке и испытанию электротехнического оборудования</b>
---

<b>Знать:</b> Основные характеристики и параметры выбранных электромеханических систем, принцип работы соответствующих электромеханических систем.
--

<b>Уметь:</b> Применять знания в области управления электромеханическими системами для обоснованного выбора способа управления, применять полученные знания для освоения дисциплин профессионального цикла.
---

<b>Владеть:</b> Некоторыми навыками монтажа, наладки и испытания систем управления электромеханическими объектами, методами моделирования электромеханических объектов и их систем управления.
--

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Общие сведения об объектах управления, основные способы управления общепромышленными объектами	7						Л
Тема 1. Одноконтурные системы управления общепромышленными механизмами, задачи управления, структура, требования. Электромеханическая система как составная часть общепромышленного механизма. Типовые законы регулирования. Модели общепромышленных механизмов. Основные методы расчета настроек регуляторов. Метод незатухающих колебаний. Практикум расчета настроек регуляторов методом незатухающих колебаний. Лабораторная работа: "Изучение среды моделирования. Построение и настройка ПИ-регулятора".		2	2	2	6		
Тема 2. Каскадные системы управления общепромышленными механизмами, структура, особенности, задачи управления. Расчет каскадной САУ. Комбинированные системы управления общепромышленными механизмами, структура, задачи управления. Способы и условия реализации динамических компенсаторов. Практикум расчета каскадных и комбинированных САУ" Лабораторная работа: "Построение и исследование каскадной системы регулирования". Лабораторная работа: "Построение и исследование комбинированной системы регулирования".		2	2	4	8	ГД	
Раздел 2. Особенности, требования и способы управления подвижными электромеханическими объектами.							
Тема 3. Одноконтурные системы управления подвижными электромеханическими объектами, задачи управления, структура, требования. Типовые законы регулирования. Основные методы расчета.		1			1		

Тема 4. Понятие о переменных состояниях и правила составления уравнений состояния. Детализированная структурная схема. Передаточная матрица системы. Практикум.		2	4		6		
Тема 5. Математическая модель электромеханического объекта с двигателем постоянного тока, тиристорным преобразователем и механизмом с жесткими связями. Уравнения состояния и передаточные функции.		2	2		4		
Тема 6. Нормирование координат. Структурная схема жесткой ЭМС в относительных единицах. Лабораторная работа: "Моделирование и исследование ДПТ и ЭМС с жесткой связью".		2	3	4	10		
Тема 7. Системы подчиненного регулирования. Структура, особенности построения. Расчет настроек типовых регуляторов на модульный и симметричный оптимумы.		2	2		5,75		
Тема 8. Особенности работы и конструктивные особенности бесконтактного моментного двигателя постоянного тока. Математическое описание и структура БМДПТ. Практикум. Лабораторная работа: "Моделирование и исследование БМДПТ".		2	2	4	10		
Тема 9. Ограничение координат в электроприводе. Лабораторная работа: "Моделирование и исследование ЭМС с учетом ограничения координат".		2		3	6		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	17	56,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25					
Раздел 3. Синтез систем управления электромеханическими объектами и исследование их характеристик	8						3,Л

Тема 10. Электромеханические объекты управления с нежесткими связями. Математическое описание и структура двухмассовой электромеханической системы. Нормированная структура. Особенности управления. Практикум построения ЭМС с нежесткими связями.	6	12		12		
Тема 11. Управляемость. Синтез управления электромеханическими системами с обратной связью по состоянию. Модальное управление. Желаемый характеристический полином.  Лабораторная работа: "Синтез и исследование модального управления электромеханическим объектом с нежесткими кинематическими связями"	4	8	8	8		
Тема 12. Наблюдаемость. Синтез наблюдающих устройств полного и пониженного порядков. Расчет наблюдателя.  Лабораторная работа: "Синтез и исследование наблюдающих устройств".	4	8	6	8		
Тема 13. Анализ объектов управления общепромышленных механизмов. Выявления наличия нежестких кинематических связей. Учет зазора в механизме. Особенности построения систем управления с нежесткими связями и зазором.  Лабораторная работа: "Синтез и исследование электромеханической системы с нежесткими кинематическими связями и зазором"	4	8	4	8		
<b>Итого в семестре (на курсе для ЗАО)</b>	18	36	18	36		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовой проект)		2,5		33,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		125,75		126,25		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Целью курсового проекта является построение и расчет системы управления электромеханическим объектом.

При выполнении курсовой работы решаются следующие задачи:

- построение математической модели двигателя;
- составление структурной схемы двухмассовой электромеханической системы и расчет её параметров;
- построение и расчет системы подчиненного регулирования;
- моделирование и исследование построенной системы подчиненного регулирования;
- построение и расчет модального регулятора для подсистемы регулирования скорости, замкнутой по полному вектору состояния;
- построение и расчет наблюдателя для восстановления недоступных для измерения переменных состояния объекта;
- моделирование и исследование следящей системы с модальным регулятором и наблюдателем в подсистеме регулирования скорости.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** Построение и расчет системы управления электромеханическим объектом с различными исходными данными.

**4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):**

Проект выполняется в соответствии с индивидуальным заданием, с использованием специального программного обеспечения.

Результаты представляются в виде пояснительной записки, объемом 30-40 листов, и 5-7 слайдов презентации, содержащие следующие обязательные элементы:

Принципиальные электрические, функциональные и структурные схемы системы управления и их описание.

Теоретические описания, связанные с анализом и синтезом систем.

Результаты моделирования системы управления.

Результаты параметрического синтеза системы управления.

Оценку качества и точности работы системы.

**5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

**5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения**

**5.1.1 Показатели оценивания**

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-1	Хорошо знает основные режимы и параметры технологических процессов. Демонстрирует умение выбирать способы регулирования электромеханическими системами и проводить анализ параметров систем. Использует навыки усовершенствования систем управления электромеханическими объектами, расчета параметров систем.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовой проект
ПК-2	Правильно излагает основные параметры и характеристики электромеханических систем и принцип работы систем. Демонстрирует хорошие знания в области управления электромеханическими системами для выбора способа регулирования. Показывает навыки монтажа и наладки систем управления электромеханическими объектами.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовой проект

**5.1.2 Система и критерии оценивания**

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания методов построения и расчета систем управления электромеханическими объектами, свободно ориентируется в основных понятиях, усвоил основную и знаком с дополнительной литературой, проявляет творческие способности и широкую эрудицию в использовании учебного материала.	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании построения и расчета исследуемой электромеханической системы управления. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний методов построения и расчета систем управления электромеханическими объектами, усвоил основную литературу, допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя.	Работа выполнена в необходимом объеме при отсутствии ошибок, что свидетельствует о самостоятельности при работе с источниками информации. Полученные результаты связаны с базовыми понятиями в области управления электромеханической системой. Даны полные ответы на поставленные вопросы, но имеют место несущественные нарушения в оформлении работы или даны нечеткие выводы, или нарушены сроки предоставления работы к защите.

3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме: может перечислить методы построения и расчета систем управления электромеханическими объектами и использовать их, но при этом допускает большое количество ошибок, допускает существенные ошибки в ответе, но может их устранить под руководством преподавателя.	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины, плохо ориентируется в основных понятиях и определениях. Предпринимает попытки списывания, используя неразрешенные технические устройства или подсказки другого студента.	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубые нарушения правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопросы без помощи преподавателя.
Зачтено	Обучающийся показывает достаточные знания дисциплины: <ul style="list-style-type: none"> <li>• хорошо разбирается в основных типах систем управления, которые применяются в автоматизированном электроприводе, поясняет их принцип работы, характеристики и параметры;</li> <li>• может рассчитать и обосновано использовать необходимые системы управления в соответствии с поставленной задачей в схемах автоматизации производственных процессов;</li> <li>• показывает достаточные навыки работы с системами управления, которые используются в автоматизированном электроприводе и схемах автоматики.</li> </ul>	
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины: <ul style="list-style-type: none"> <li>• не знает структур и принцип работы основных систем управления, их характеристики и параметры;</li> <li>• не умеет рассчитать требуемую систему управления;</li> <li>• не владеет необходимыми навыками работы с системами управления.</li> </ul>	

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 7	
1	Структура одноконтурной системы управления общепромышленными механизмами. Цель и задачи управления.
2	Типовые законы регулирования.
3	Расчет настроек регуляторов методом незатухающих колебаний.
4	Структура каскадной системы управления, особенности, задачи управления.
5	Расчет каскадной САУ.
6	Структура комбинированной системы управления, особенности, задачи управления.
7	Способы и условия реализации динамических компенсаторов.
8	Расчет комбинированной САУ.
9	Расчет настроек регуляторов методом корневого годографа.
10	Понятие о переменных состояния и правила составления уравнений состояния.
11	Детализированная структурная схема.
12	Передаточная матрица системы.



13	Математическая модель электромеханического объекта с двигателем постоянного тока, тиристорным преобразователем и механизмом с жесткими связями. Уравнения состояния и передаточные функции.
14	Система относительных единиц и нормирование координат.
15	Структурная схема жесткой ЭМС в относительных единицах.
16	Системы подчиненного регулирования. Структура, особенности построения. Расчет настроек типовых регуляторов на модульный оптимум.
17	Системы подчиненного регулирования. Структура, особенности построения. Расчет настроек типовых регуляторов на симметричный оптимум.
18	Особенности работы и конструктивные особенности бесконтактного моментного двигателя постоянного тока.
19	Математическое описание и структура БМДПТ.
20	Особенности управления и получения измерительной информации в электромеханических системах с БМДПТ.
21	Синтез системы подчиненного регулирования электромеханическими объектами с жесткими кинематическими связями. Характеристики системы.
Семестр 8	
22	Синтез системы подчиненного регулирования электромеханическими объектами с нежесткими кинематическими связями. Характеристики системы.
23	Понятие и критерий управляемости.
24	Синтез управления электромеханическими системами с обратной связью по состоянию.
25	Расчет модального регулятора.
26	Реализация астатического модального регулятора
27	Понятие и критерий наблюдаемости.
28	Синтез наблюдающих устройств полного порядка. Расчет наблюдателя.
29	Синтез наблюдающих устройств пониженного порядка. Расчет наблюдателя.
30	Электромеханические объекты управления с нежесткими связями. Математическое описание двухмассовой электромеханической системы.
31	Структура двухмассовой электромеханической системы. Нормированная структура. Особенности управления.
32	Математическое описание зазора в кинематических звеньях механизмов с жесткими и нежесткими связями
33	Особенности построения систем управления в электромеханических системах с зазором.

## 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

## 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Для объекта с заданной передаточной функцией определить настройки П регулятора методом незатухающих колебаний.
2. Для объекта с заданной передаточной функцией определить настройки ПИ регулятора методом незатухающих колебаний.
3. Для объекта с заданной передаточной функцией определить настройки ПИД регулятора методом незатухающих колебаний.
4. Рассчитать каскадную САУ для объекта с заданной передаточной функцией по основному и вспомогательному каналам.
5. Выбрать тип динамического компенсатора и рассчитать параметры комбинированной САУ для объекта с заданной передаточной функцией по каналам управления и возмущения.
6. Составить уравнения состояния заданной электромеханической системы.
7. Осуществить переход от уравнений состояния к передаточной функции электромеханического объекта.
8. Осуществить переход от передаточной функции к уравнениям состояния электромеханического объекта.
9. Составить детализированную структурную схему заданного электромеханического объекта.
10. Для заданного электромеханического объекта перейти к относительным единицам и построить нормированную структурную схему.
11. Построить и рассчитать систему подчиненного регулирования для заданного электромеханического объекта.
12. Построить и рассчитать модальный регулятор для заданного электромеханического объекта.
13. Построить и рассчитать астатический модальный регулятор для заданного электромеханического объекта.
14. Построить и рассчитать полноразмерный наблюдатель для заданного электромеханического объекта.
15. Построить и рассчитать редуцированный наблюдатель для заданного электромеханического объекта.
16. Построить и рассчитать нечеткий регулятор для заданного электромеханического объекта.
17. Выбрать наилучший тип управления электромеханическим объектом с заданными свойствами и осуществить его синтез.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  + Письменная  + Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочными таблицами, справочниками по электрическим машинам и электроприводам;
- Время на защиту курсового проекта 15 мин;
- Время на подготовку ответа 30 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Мещеряков, В. Н.	Электрический привод. Электромеханические системы	Липецк, Саратов: Липецкий государственный технический университет, Профобразование	2019	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/85995.html">http://www.iprbooks.hop.ru/85995.html</a>

Панкратов, В. В.	Автоматическое управление электроприводами. Часть I. Регулирование координат электроприводов постоянного тока	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2013	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/45357.html">http://www.iprbooks hop.ru/45357.html</a>
Панкратов, В. В., Нос, О. В., Зима, Е. А.	Избранные разделы теории автоматического управления	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2011	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/45371.html">http://www.iprbooks hop.ru/45371.html</a>
Медведев, В. А.	Системы управления электроприводами роботов	Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2019	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/93291.html">http://www.iprbooks hop.ru/93291.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Кузнецов, А. Ю., Зонов, П. В.	Электрический привод и электрооборудование в АПК. Часть 2. Регулирование двигателя постоянного тока	Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, Золотой колос	2014	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/64823.html">http://www.iprbooks hop.ru/64823.html</a>
Дементьев, Ю. Н., Терехин, В. Б., Однокопылов, И. Г., Рулевский, В. М.	Компьютерное моделирование электромеханических систем постоянного и переменного тока в среде MATLAB Simulink	Томск: Томский политехнический университет	2018	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/98983.html">http://www.iprbooks hop.ru/98983.html</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>  
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>  
 Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>  
 Информационный сайт «Автоматизация в промышленности» [Электронный ресурс]. URL: <https://avtprom.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
 MicrosoftOfficeProfessional 2013  
 PTC Mathcad 15

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду