

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 05.07.2023 15:51:20
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Управление и информатика в
технических системах»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И СИСТЕМЫ»

для подготовки бакалавров

по направлению

27.03.04 «Управление в технических системах»

по профилю

«Управление и информатика в технических системах»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Абрамкин С.Е.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АПУ
18.01.2022, протокол № 1

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФКТИ, 24.02.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет ФКТИ

Обеспечивающая кафедра АПУ

Общая трудоемкость (ЗЕТ) 2

Курс 4

Семестр 8

Виды занятий

Лекции (академ. часов) 17

Практические занятия (академ. часов) 17

Иная контактная работа (академ. часов) 1

Все контактные часы (академ. часов) 35

Самостоятельная работа, включая часы на контроль
(академ. часов)

Всего (академ. часов) 72

Вид промежуточной аттестации

Дифф. зачет (семестр) 8

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И СИСТЕМЫ»

Дисциплина формирует понимание принципов построения систем управления электроприводов и методов их анализа и синтеза. Изучаются основные структурные элементы электромеханических систем (датчики, электродвигатели и т. п.), принципы построения разомкнутых и замкнутых электромеханических систем, осваиваются методы их расчета и экспериментального исследования с помощью компьютерного моделирования в программном средстве Matlab/Simulink.

SUBJECT SUMMARY

«ELECTROMECHANICAL ELEMENTS AND SYSTEMS»

Discipline forms an understanding of the principles of building control systems for electric drives and methods for their analysis and synthesis. The basic structural elements of electromechanical systems (sensors, electric motors, etc.), the principles of the construction of open and closed electromechanical systems, the methods of their calculation and experimental research using computer simulation in the Matlab / Simulink software are studied.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цель дисциплины -получение студентами знаний принципов построения систем управления электроприводов, а также умений и навыков применения методов их анализа и синтеза.
2. Задачи дисциплины: изучение физических принципов работы, конструктивных особенностей, получение навыков осуществления выбора и навыков расчета статических и динамических характеристик электромеханических элементов и систем.
3. Знания физических принципов работы, знание конструктивных особенностей.
4. Умения выбирать, рассчитывать и осуществлять динамическую компоновку электромеханических элементов и систем, умение применять на практике знания, полученные при изучении типовых элементов и систем.
5. Навыки определения параметров передаточной функции реальных устройств по их паспортным данным и экспериментального определения статических характеристик этих устройств.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Физика»
2. «Теоретические основы электротехники»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Технические средства автоматизации и управления»

2. «Проектирование распределённых систем управления»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-6	Способен выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств
ПК-6.3	<i>Применяет современные технические средства при проведении экспериментов на действующих объектах</i>
ПК-8	Готов участвовать в подготовке и внедрению результатов разработок в производство средств и систем управления
ПК-8.4	<i>Участвует в подготовке и внедрении результатов разработок в производство средств и систем управления</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение. Схемы управления электродвигателями	1	1		3
2	Автоматизация процессов торможения и реверсирования электрических двигателей	1	1		3
3	Устройства защиты электрических двигателей и цепей управления	2	1		3
4	Выбор двигателей по мощности для разомкнутых систем управления	2	1		3
5	Выбор двигателей по мощности для замкнутых систем управления	1	2		3
6	Классификация структурных схем замкнутых электромеханических систем	2	2		3
7	Проектирование замкнутых электромеханических систем	2	2		4
8	Системы регулирования скорости	1	2		3
9	Системы подчиненного регулирования	1	2		4
10	Управление скоростью электроприводов при упругой связи двигателя с исполнительным механизмом	2	1		4
11	Дискретные системы управления электроприводами. Заключение	2	2	1	4
Итого, ач		17	17	1	37
Из них ач на контроль		0	0	0	0
Общая трудоемкость освоения, ач/зе		72/2			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение. Схемы управления электродвигателями	<p>Принципы автоматического управления пуском, торможением реверсом электродвигателей. Возможности непосредственного пуска электрических двигателей. Электрические и механические причины ограничения токов и моментов при пусках, торможениях и реверсах электрических двигателей. Возможные принципы организации управления пуском, и реверсом электрических двигателей.</p> <p>Непосредственный пуск электродвигателей. Реверсивный и нереверсивный магнитный пускатели. Некоторые виды защит и блокировок. Пуск двигателя в функции времени. Расчет выдержек времени. Два вида реализации систем управления пуском по независимой выдержке времени. Схема управления двигателями постоянного и переменного тока. Достоинства пуска по независимой выдержке времени.</p>
2	Автоматизация процессов торможения и реверсирования электрических двигателей	Динамическое торможение двигателей постоянного и переменного тока, схемная реализация. Торможение методом противовключения двигателей по-стационарного и переменного тока, схемная реализация. Сравнение динамического торможения с методом противовключения.
3	Устройства защиты электрических двигателей и цепей управления	Защита от коротких замыканий, от перегрузок по току, защита от перенапряжения обмоток возбуждения, защита от обрыва поля, защита от самопроизвольного пуска, защита от аварийных ситуаций.
4	Выбор двигателей по мощности для разомкнутых систем управления	<p>Типы моментов сопротивления и их математическое описание. Анализ режимов работы электромеханических систем. Определение времени разгона и торможения, исходя из основного уравнения вращательного движения. Определение координат.</p> <p>Режим работы электрических двигателей: длительный, кратковременный, повторно-кратковременный. Длительный режим работы, уравнение теплового режима, выбор мощности двигателя по значениям средних потерь, эквивалентному току, эквивалентному моменту и эквивалентной мощности, вопросы ограничения применимости каждого из перечисленных способов. Кратковременный режим работы, понятие тепловой и механической перегрузки, учет режимов разгона и торможения. Повторно-кратковременный режим работы, уравнение теплового баланса, понятие ПВ и выбор двигателей при совпадении реального ПВ со стандартным значением и при их отличии.</p>

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
5	Выбор двигателей по мощности для замкнутых систем управления	<p>Особенности выбора двигателей для замкнутых систем, связь мощности двигателя с параметрами системы. Определение оптимального коэффициента передачи редуктора при заданных максимальных значениях условий скорости, ускорения нагрузки и заданном или определенном экспериментально моменте сопротивления нагрузки. Особенности выбора двигателей для позиционных следящих систем, зависимость параметров следящих систем от степени использования двигателей по мощности для случаев линейных и нелинейных механических характеристик</p> <p>Выбор шаговых двигателей. Структурные схемы систем с шаговыми двигателями. Выбор двигателя по значениям максимального синхронизирующего момента, частоте и цене шага. Условия необходимости использования редуктора</p>
6	Классификация структурных схем замкнутых электромеханических систем	<p>Назначение силовых преобразований в системах управления электродвигателями. Классификация систем по типу используемого преобразователя. Другие виды классификации: по структуре используемой информации, по выполняемым функциям, по виду математической модели, по виду сигналов. Структура замкнутой системы. Типы комбинированных систем: инвариантные и адаптивные. Статические и динамические характеристики замкнутых ЭМС.</p>
7	Проектирование замкнутых электромеханических систем	<p>Проектирование по прототипу и проектирование методами непосредственного синтеза систем управления. Этапы проектирования. Методы оптимизации в задачах проектирования, параметрическая, структурная и функциональная оптимизация. Ограничения возможностей при проектировании.</p>
8	Системы регулирования скорости	<p>Системы с двигателями постоянного тока при управлении по цепи якоря. Возможные способы построения систем регулирования скорости, задачи и способы обеспечение устойчивости: последовательная коррекция, параллельная коррекция, местные обратные связи, компенсация возмущений, принципы подчиненного регулирования. Согласование работы системы в большом и малом. Математическая модель двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</p>

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
9	Системы подчиненного регулирования	<p>Принципы построения систем подчиненного регулирования. достоинства такого способа организации работы систем. Методы расчета систем подчиненного регулирования. Настройка контуров на модульный оптимум (МО). Двухконтурная система регулирования скорости с подчиненным токовым контуром. Установившиеся ошибки в системах при настройке на модульный оптимум. Настройка контуров на симметричный оптимум (СО), установившиеся ошибки. Система подчиненного регулирования с обратной связью по динамическому току. Трехконтурная система подчиненного регулирования. Позиционная следящая система, особенности ее расчета.</p> <p>Функциональные элементы систем подчиненного регулирования. Электрические двигатели. Преобразователи. Регуляторы, расчет непрерывных регуляторов. Датчики тока и напряжения, датчики положения. Ограничители тока и производной скорости. Задатчики интенсивности.</p>
10	Управление скоростью электроприводов при упругой связи двигателя с исполнительным механизмом	Структура силовой части ЭМС. Математическое описание упругого связанного объекта. Двухмассовая система «двигатель – механизм». Влияние упругости на работу системы управления электроприводом с подчиненным регулированием.
11	Дискретные системы управления электроприводами. Заключение	<p>Структурные схемы дискретных систем управления. Частотное управление асинхронными двигателями (АД). Основные характеристики АД, достоинства АД. Линеаризованная математическая модель АД при частотном управлении. Система регулирования скорости с АД. Частотные преобразователи (ЧП), как средства управления АД, их характеристики достоинства. Дискретные замкнутые системы управления с АД, структурная схема (блок схема) системы управления. Система о асинхронного привода. Расчет алгоритмов управления клапаном ГТУ на базе ЧП и АД.</p> <p>Роль автоматизированного электропривода и повышение качества ЭМС для современного автоматизированного производства. Пути повышения качества ЭМС. Направления углубления изучения вопросов данной дисциплины студентами в процессе дальнейшего обучения в ВУЗе.</p>

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Расчёт параметров двигателя постоянного тока.	1
2. Расчёт параметров генераторов постоянного тока.	2
3. Расчёт параметров асинхронных двигателей.	2
4. Расчёт и выбор силового трансформатора.	2
5. Расчёт и выбор тиристорных преобразователей.	2
6. Расчёт и выбор сглаживающих реакторов.	2
7. Расчёт и построение регулировочных характеристик тиристорных преобразователей.	2
8. Расчёт и моделирование параметров разомкнутой ЭМС.	2
9. Расчёт и моделирование параметров замкнутой ЭМС.	2
Итого	17

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельная работа призвана закрепить теоретические знания и практические навыки, полученные студентами на лекциях и практических занятиях. Кроме того, часть времени, отпущенного на самостоятельную работу, должна быть использована на освоение теоретического материала по дисциплине, на подготовку к практическим занятиям, теоретическим коллоквиумам и на подготовку к сдаче зачета по всему курсу.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	6
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	8
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференциированному зачету, экзамену	20
ИТОГО СРС	37

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Исследование систем автоматического управления [Текст] : Метод. указания к лаб. работам по дисциплине "Электромеханические системы" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2000. -32 с.	неогр.
2	Теория автоматического управления [Текст] : Учеб. для вузов по направлению "Автоматизация и управление" / [С.Е. Душин, Н.С. Зотов, Д.Х. Имаев и др.]; Под ред. В.Б. Яковleva, 2003. -567 с.	132
3	Онищенко, Георгий Борисович. Электрический привод [Текст] : Учеб. для вузов по направлению 654500 "Электротехника, электромеханика и электротехнология" / Г.Б. Онищенко, 2003. -312 с.	18
4	Сандлер, Абрам Соломонович. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями [Текст] / А. С. Сандлер, Р. С. Сарбатов, 1974. -327, [1] с.	18
Дополнительная литература		
1	Исследование элементов и синтез систем автоматического управления [Текст] : Метод. указания к лаб. работам, практик. занятиям и курсовому проектированию по дисциплинам "Электромеханические системы", "Технические средства систем управления", "Локальные автоматические системы" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2001. -32 с.	9
2	Ануфриев И. Е. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. [Электронный ресурс] / И. Е. Ануфриев, 2002. -736 с.	неогр.

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Абрамкин С. Е. Элементы и устройства систем управления. Часть 1. Измерительные элементы систем управления: Учеб. пособие Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 147 с. https://lk.etu.ru/dashboard/api/download/1470
2	Электропривод http://electroprivod.ru/
3	Шаговые двигатели, приводы, контроллеры MotionKing http://motionking.com
4	Справочник. Техпривод. https://tehprivod.ru/category/

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=7475>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Электромеханические элементы и системы» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

Особенности допуска

Для допуска к дифф. зачету необходимо выполнить и защитить все практические работы. Обязательно посещение не менее 80% лекций. Оценка по дифференцированному зачету выставляется по результатам текущей аттестации в ходе семестра.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Непосредственный пуск электродвигателей
2	Сравнение динамического торможения с методом противовключения
3	Защита от коротких замыканий и перегрузок по току
4	Анализ режимов работы электромеханических систем
5	Структурные схемы систем с шаговыми двигателями
6	Структура замкнутой системы
7	Статические и динамические характеристики замкнутых ЭМС
8	Этапы проектирования
9	Методы оптимизации в задачах проектирования
10	Ограничения возможностей при проектировании
11	Возможные способы построения систем регулирования скорости
12	Математическая модель двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
13	Методы расчета систем подчиненного регулирования
14	Ограничители тока и производной скорости
15	Задатчики интенсивности
16	Структура силовой части ЭМС
17	Влияние упругости на работу системы управления электроприводом с подчиненным регулированием
18	Дискретные замкнутые системы управления с АД
19	Система о асинхронного привода
20	Система регулирования скорости с АД

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Введение. Схемы управления электродвигателями	
2	Автоматизация процессов торможения и реверсирования электрических двигателей	
3		
4	Устройства защиты электрических двигателей и цепей управления	
5	Выбор двигателей по мощности для разомкнутых систем управления	
6		
7	Выбор двигателей по мощности для замкнутых систем управления	
8		
9		Практическая работа
10	Классификация структурных схем замкнутых электромеханических систем	
11	Проектирование замкнутых электромеханических систем	
12	Системы регулирования скорости	
13	Системы подчиненного регулирования	
14	Управление скоростью электроприводов при упругой связи двигателя с исполнительным механизмом	
15		
16		
17		Практическая работа

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на диф. зачет.

на практических занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на диф. зачет.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, маркерная доска, ноутбук	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, маркерная доска, ноутбук	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА