

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 24.05.2023 11:33:57  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

Приложение к ОПОП  
«Мехатроника»

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

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД»**

для подготовки бакалавров

по направлению

15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

по профилю

**«Мехатроника»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н., доцент Козлова Л.П.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РАПС  
02.03.2022, протокол № 6

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭА в, 11.03.2022, протокол № 5

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	РАПС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	4
Семестр	7
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	86
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	58
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	4

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД»**

Изучается электрический привод (ЭП), применяемый на современных производствах, их принцип действия, как объектов регулирования; принцип построения схем управления ЭП; отличительные особенности и структура системы ЭП; применение, эксплуатация и выбор ЭП; использование приближенных методов расчета и выбора основных элементов ЭП; проведение типовых лабораторных испытаний ЭП. Рассматриваются примеры расчета, исследования и выбора ЭП.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«ELECTRIC DRIVE»**

The electric drive (ED), used in modern production facilities, their operation principle as objects of regulation is studied; The principle of building control schemes for ED; Distinctive features and structure of the ED system; Application, operation and selection of ED; Use approximate methods of calculation and selection of basic elements of ED; Conducting typical laboratory tests of ED. Examples of calculation, research and selection of ED are considered.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цель дисциплины получение теоретических знаний о назначениях и видах существующих электроприводов, их схем включения, основных параметров, характеристик и свойств, математического описания и приобретения практических умений и навыков построения схем автоматизированного электропривода типовых производственных машин и механизмов.

2. Задачи дисциплины:

Изучение назначения и вида существующих электроприводов, их схем включения, основных параметров, характеристик и свойств, математического описания

Формирование навыков построения схем автоматизированного ЭП типовых производственных машин и механизмов.

3. Знания о назначениях и видах существующих электроприводов, их схем включения, основных параметров, характеристик и свойств, математического описания.

4. Умение использовать приближенные методы расчета и выбора основных элементов электрических приводов, использования приближенных методов расчета и выбора основных элементов ЭП.

5. Навыки ориентироваться в схемных решениях, математических моделях, свойствах и характеристиках электроприводов постоянного и переменного тока, проводить типовые расчеты основных параметров и характеристик электрических приводов, проводить испытания и эксплуатацию электроприводов, проведения лабораторных испытаний ЭП, использования полученных знаний, умения и навыков в своей профессиональной деятельности при решении практических задач при использовании ЭП.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Физика»
2. «Датчики»
3. «Теория автоматического управления»
4. «Электрические машины»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Моделирование систем управления»
2. «Проектирование деталей мехатронных модулей и роботов»
3. «Электротехническое проектирование»

### 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:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-7	Способен производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием
<i>ПК-7.4</i>	<i>Производит расчёт исполнительной системы для мехатронных и роботизированных систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств</i>
<i>ПК-7.5</i>	<i>Проектирует отдельные устройства и подсистемы мехатронных и робототехнических систем</i>
СПК-1	Способен осуществлять настройку мехатронных и робототехнических систем различного назначения
<i>СПК-1.2</i>	<i>Осуществляет выбор и обоснование электромеханических преобразователей энергии для мехатронных систем</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	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1	0	0	0	5
2	Основные сведения о ЭП	3	0	4	0	6
3	Регулирование координат ЭП	3	0	0	0	6
4	ЭП с двигателями постоянного тока	4	10	10	0	6
5	ЭП с двигателями переменного тока	5	3	8	0	6
6	ЭП с синхронным двигателем	5	0	4	0	6
7	ЭП с серводвигателем	4	0	4	0	6
8	Выбор и проверка двигателей	5	4	0	0	6
9	Разомкнутые схемы управления ЭП	3	0	4	0	6
10	Заключение	1	0	0	1	5
	Итого, ач	34	17	34	1	58
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4				

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет и задачи дисциплины. Структура и содержание дисциплины, ее связь с другими дисциплинами учебного процесса и место в подготовке бакалавра. Основные понятия и термины. Основные перспективы и тенденции в развитии автоматизированного электропривода.
2	Основные сведения о ЭП	Классификация ЭП. ЭП, как основа систем механизации и автоматизации производственных процессов. Назначение и виды электроприводов. Уравнение движения электропривода. Расчетные схемы механической части электропривода. Одномассовая схема. Многомассовые расчетные схемы. Различные виды движения ЭП при постоянном или произвольном динамическом моменте и его устойчивость.
3	Регулирование координат ЭП	Регулирование скорости. Регулирование момента и тока. Регулирование положения. Структуры электропривода, применяемые при регулировании координат.



<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
4	ЭП с двигателями постоянного тока	Схемы включения двигателей и их статические характеристики. Способы регулирования и торможения скорости. Переходные процессы в разомкнутой системе.
5	ЭП с двигателями переменного тока	Схемы включения асинхронных двигателей, их статические характеристики и режимы работы. Регулирование координат асинхронного двигателя. Торможение асинхронного двигателя. Особенности переходных процессов в асинхронном двигателе и их формирование.
6	ЭП с синхронным двигателем	Схема включения, статические характеристики и режимы работы синхронного двигателя. Пуск синхронного двигателя. Регулирование скорости и торможение синхронного двигателя. Синхронный двигатель как компенсатор реактивной мощности. Особенности переходных процессов электропривода с синхронным двигателем. Электропривод с вентильным двигателем. Электро-привод с шаговым двигателем. Вентильно-индукторный электропривод.
7	ЭП с серводвигателем	Схема включения, статические характеристики и режимы работы серводвигателя. Регулирование скорости и торможение серводвигателя. Особенности переходных процессов электропривода с серводвигателем.
8	Выбор и проверка двигателей	Режимы работы двигателей. Расчет мощности и выбор двигателей. Проверка двигателей по нагреву прямым методом. Проверка двигателей по нагреву косвенными методами.
9	Разомкнутые схемы управления ЭП	Типовые узлы и схемы управления электроприводов с асинхронными двигателями. Типовые узлы и схемы управления электроприводов с синхронными двигателями.
10	Заключение	Обобщение вопросов выбора и применения ЭП

## 4.2 Перечень лабораторных работ

<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Исследование электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения	6
2. Исследование электропривода с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения	6
3. Исследование переходных процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока независимого возбуждения	6
4. Исследование электропривода с двигателем постоянного тока параллельного возбуждения	4
5. Исследование электропривода с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором	6
6. Исследование системы «преобразователь частоты– асинхронный двигатель»	2

<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
7. Исследование электропривода с синхронным двигателем	2
8. Исследование сервопривода	2
Итого	34

### 4.3 Перечень практических занятий

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Приведение статических моментов и моментов инерции	2
2. Построение графиков механических характеристик рабочих машин	2
3. Построение графика механической характеристики ДПТ па параллельного и последовательного возбуждения	2
4. Построение и расчет механической характеристики в двигательном режиме независимого возбуждения	2
5. Расчет пускового реостата и время разгона электрического привода	2
6. Построение графиков механической и электромеханической характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя	1
7. Расчет пусковых резисторов для асинхронного электродвигателя с фазным ротором	1
8. Расчет механической характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при динамическом торможении	1
9. Нагрев и охлаждение электродвигателя в режимах работы S1, S2, S3	1
10. Выбор электродвигателя по мощности для работы в режиме S1	1
11. Выбор электродвигателя по мощности для работы в режиме S2	1
12. Выбор электродвигателя по мощности для работы в режиме S3	1
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**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятель-

ности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	10
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	10
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	5
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, дифференцированному зачету, экзамену	13
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>58</b>

## 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	Козлова, Людмила Петровна. Электрический привод [Текст] : учеб.-метод. пособие / Л. П. Козлова, В. В. Королев, Н. А. Пименова, 2018. -58 с.	98
2	Фомин М. Б. Электрический привод [Электронный ресурс] : учебное пособие, 2020. -180 с.	неогр.
3	Шичков, Леонид Петрович. Электрический привод [Электронный ресурс] : Учебник и практикум Для СПО / Шичков Л. П., 2020. -326 с	неогр.
4	Бирюков, Валерий Викторович. Тяговый электрический привод [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Бирюков В. В., Порсев Е. Г., 2021. -315 с	неогр.
Дополнительная литература		
1	Осин, Игорь Львович. Электрические машины автоматических устройств [Текст] : Учеб. пособие для вузов по специальности "Электромеханика" направления "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / И.Л. Осин, Ф.М. Юферов, 2003. -424 с.	15
2	Кацман, Марк Михайлович. Электрические машины [Текст] : Учеб. по специальности "Электротехника" / М.М.Кацман, 2000. -463 с.	9

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Электроэнергетика и электротехника/ ЭБС «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/books/937">https://e.lanbook.com/books/937</a>
2	Электроэнергетика и электротехника/ ЭБС «Юрайт» <a href="https://urait.ru/search?words=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%">https://urait.ru/search?words=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=12890>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Электрический привод» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### Зачет с оценкой

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
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 теорем
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

Студент допускается до экзамена при условии:

- выполнения 8 лабораторных работ, сдачи и защиты их на коллоквиумах в установленные сроки,
- сдача 2 контрольных работ на оценку удовлетворительно и выше.
- написание теста на удовлетворительно и выше.

Итоговая оценка формируется по результатам текущего контроля: 2 контрольных работ и теста.

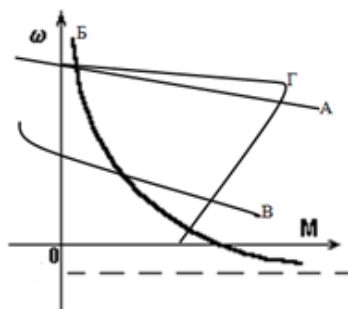
## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Структура и основные элементы современного автоматизированного электропривода
2	Типовые нагрузки механической части электропривода
3	Какие координаты в электроприводе являются регулируемыми
4	Какую характеристику выбирают за основную при регулировании?
5	Перечислите способы регулирования скорости ДПТ НВ
6	Сравните естественные характеристики ДПТ НВ и ДПТ ПВ
7	Характеристики асинхронного двигателя при изменении амплитуды и частоты питающего напряжения
8	Перечислите способы торможения асинхронного двигателя
9	Преимущества синхронных двигателей
10	Как реализуется пуск синхронного двигателя?
11	Объясните принцип работы сервопривода
12	Перечислите способы управления сервоприводом
13	Сколько режимов работы существует?
14	Что такое IP в обозначении двигателя?
15	Какие схемы управления электроприводом относятся к разомкнутым?
16	В каких случаях применяются разомкнутые системы управления электроприводом?

### Вариант теста

№	Вопрос	Варианты ответа	Проверяемые знания
1	Какая из приведенных зависимостей называется механической характеристикой двигателя?	<b>1. <math>\omega = f(M)</math></b> 2. $n = f(I)$ 3. $\Phi = f(I)$	Виды характеристик
2	Как изменится длительность разгона привода, если момент инерции вращающихся масс увеличится вдвое	уменьшится вдвое <b>увеличится вдвое</b> Не изменится	Влияние вращающихся масс на разгон
3	Какая характеристика соответствует двигателю постоянного тока последовательного возбуждения	А Б В	Соответствие характеристики типу двигателя



## Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

### Задача 1

1. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику двигателя постоянного тока в соответствии с вариантом (вариант выбирается согласно списка в журнале).

2. Рассчитать жесткость механической характеристики
3. Сосчитать механическую мощность на валу двигателя
4. Рассчитать КПД
5. Рассчитать максимальный момент

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	Регулирование координат ЭП	
2		Коллоквиум
3	ЭП с двигателями постоянного тока	
4		
5		Коллоквиум
6	ЭП с двигателями постоянного тока	
7		Контрольная работа
8	ЭП с двигателями переменного тока	
9		Коллоквиум
10		
11	ЭП с двигателями переменного тока	
12		Коллоквиум
13		
14	ЭП с двигателями переменного тока	Контрольная работа
15		
16	ЭП с синхронным двигателем	Коллоквиум
17	Основные сведения о ЭП Регулирование координат ЭП ЭП с двигателями постоянного тока ЭП с двигателями переменного тока ЭП с синхронным двигателем ЭП с серводвигателем Выбор и проверка двигателей Разомкнутые схемы управления ЭП	
18		Тест

### 6.4 Методика текущего контроля

#### Методика текущего контроля на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее 70 % занятий).

#### Методика текущего контроля на практических занятиях и лабораторных работах

Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее 80 % занятий);
- выполнение, сдачу в срок **контрольных работ**, оценка за которые по

четырёхбалльной шкале выставляется по следующим критериям:

«отлично» - на заданные вопросы даны исчерпывающие ответы;

«хорошо» - вопросы раскрыты не полностью;

«удовлетворительно» - ответы в принципе правильны, но в формулировках имеются существенные ошибки;

«неудовлетворительно» - отсутствуют ответы на вопросы или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом.

Порядок выполнения **лабораторных работ**, подготовки отчетов и их защиты.

В процессе обучения по дисциплине «Электрический привод» студент обязан выполнить 8 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждой лабораторной работы предусматривается проведение коллоквиума, на которых осуществляется защита работ. Выполнение лабораторных работ студентами в бригадах до 3 человек. Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Отчеты по лабораторным работам защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа

считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т. д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

**Шкала оценивания тестов:** Оценка «неудовлетворительно» выставляется при правильных ответах менее 60 % от общего количества тестовых вопросов, «удовлетворительно» – 61-70 %, «хорошо» - 71-84 %, «отлично» более 85% правильных ответов.

## 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, маркерная доска, проектор, экран, ноутбук	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, лабораторные стенды	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная доска	
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

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