

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 23.05.2023 11:41:46  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

Приложение к ОПОП  
«Электропривод и автоматика»

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**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

по профилю

**«Электропривод и автоматика»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н., доцент Лавров А.Г.

доцент, к.т.н. Дикун И.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РАПС

02.03.2022, протокол № 6

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией

ФЭА, 11.03.2022, протокол № 7

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	РАПС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	3
Семестр	6
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ»**

В дисциплине рассматриваются наиболее общие вопросы электромеханического преобразования энергии. Основное внимание уделяется устройству и принципу действия электрических машин разных типов, а также их свойствам. При этом упор делается на объяснение физической сущности процессов и явлений, происходящих в электрических машинах.

В тех случаях, когда это возможно, оценка свойств электрических машин производится в сравнении. Синхронные машины обсуждаются как основной источник электрической энергии переменного тока, а в асинхронных машинах упор делается на двигательный режим работы.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«ELECTRIC CARS. ADDITIONAL CHAPTERS»**

The discipline deals with the most common issues of electromechanical energy conversion. The main attention is paid to the device and principle of operation of electrical machines of various types, as well as their properties. In this case, the emphasis is on explaining the physical essence of the processes and phenomena occurring in electrical machines.

In those cases

when possible, the evaluation of the properties of electrical machines is carried out in comparison. Synchronous machines are discussed as the main source of AC electrical energy, and in asynchronous machines, the emphasis is on the motor mode of operation.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Цель дисциплины -изучение принципа действия различных типов электрических машин (ЭМ), их конструкции, пусковых и рабочих свойств, умение проводить анализ их рабочих свойств, владение навыками экспериментального исследования.

2. Задачи дисциплины:

-изучение схем включения ЭМ;

-формирование навыков экспериментального исследования характеристик электрических машин;

-умение выбирать оптимальные способы решения задач по определению параметров и характеристик машин.

3. Знание современной информации о тенденциях развития ЭМ и перспективах улучшения их технико-экономических показателей.

4. Умения объяснять свойства и характеристики электрических машин разных типов.

5. Владение навыками анализа процессов и явлений в ЭМ.

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

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Теоретические основы электротехники»

2. «Электрические машины»

3. «Электротехническое материаловедение»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Проектирование электрических машин»
2. «Производство и передача электрической энергии»
3. «Системы передачи и распределения электрической энергии»
4. «Электрические машины систем автоматики»
5. «Электропривод в современных технологиях»

### 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>
УК-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<i>УК-2.1</i>	<i>Выбирает виды ресурсов с учетом ограничений для решения профессиональных задач, определенные методы оценки разных способов решения задач с учетом действующего законодательства и правовых норм, регулирующих профессиональную деятельность</i>
<i>УК-2.2</i>	<i>Определяет круг задач в рамках выбранных видов профессиональной деятельности, планирует собственную деятельность исходя из имеющихся ресурсов, решает поставленные задачи, использует нормативно-правовую документацию профессиональной сферы</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		1	1	3
2	Основные виды машин переменного тока их устройство и принцип действия.	4	2			9
3	Основы теории асинхронных двигателей	4	2			9
4	Векторная и энергетическая диаграммы. Схема замещения.	4	3			9
5	Характеристики асинхронных двигателей.	4	2	2		9
6	Пуск в ход и регулирование скорости вращения асинхронных двигателей.	4	2	2		9
7	Основы теории и характеристики синхронных генераторов	4	2	4		9
8	Параллельная работа синхронных машин	4	2	4		9
9	Синхронные двигатели.	4	2	4		9
10	Заключение	1				
	Итого, ач	34	17	17	1	75
	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	Общие сведения о машинах переменного тока. Вращающееся магнитное поле.
2	Основные виды машин переменного тока их устройство и принцип действия.	Устройство асинхронных машин. Принципы действия асинхронного двигателя и генератора. Режим электромагнитного тормоза. Устройство синхронных машин. Принцип действия синхронной генератора. Принцип действия синхронного двигателя.
3	Основы теории асинхронных двигателей	Асинхронный двигатель с разомкнутым (неподвижным) ротором. Приведение обмотки ротора к обмотки статора. Асинхронный двигатель с заторможенным ротором. Асинхронный двигатель с вращающимся ротором.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Векторная и энергетическая диаграммы. Схема замещения.	Векторная диаграмма асинхронного двигателя. Схема замещения. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя.
5	Характеристики асинхронных двигателей.	Характеристика вращающего момента. Зависимость вращающего момента от величин напряжения сети и активного сопротивления цепи ротора. Рабочие характеристики асинхронного двигателя.
6	Пуск в ход и регулирование скорости вращения асинхронных двигателей.	Пуск в ход асинхронных двигателей. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей. Сравнительный анализ технико-экономических свойств асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором.
7	Основы теории и характеристики синхронных генераторов	Холостой ход синхронного генератора. Реакция якоря (статора) синхронного генератора. Уравнения и векторные диаграммы синхронного генератора. Характеристики синхронных генераторов. Потери и КПД синхронного генератора.
8	Параллельная работа синхронных машин	Включение синхронного генератора на параллельную работу с сетью. Синхронные режимы параллельной работы синхронных машин. Электромагнитные мощность и момент. Угловые характеристики синхронной машины. Статическая устойчивость. U-образные характеристики синхронной машины.
9	Синхронные двигатели.	Энергетическая и векторная диаграммы синхронного двигателя. Угловые, U-образные и рабочие характеристики синхронного двигателя. Особенности работы и пуска синхронных двигателей.
10	Заключение	Основные направления развития электромеханики

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Методы и средства экспериментального исследования электрических машин. Правила и методы обработки экспериментальных данных	1
2. Исследование трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором	4
3. Исследование трехфазного синхронного генератора	4
4. Исследование трехфазного синхронного двигателя	4
5. Параллельная работа синхронных генераторов	4
Итого	17

## 4.3 Перечень практических занятий

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Конструкция (устройство) асинхронных двигателей	1
2. Характеристики асинхронных двигателей	5
3. Конструкция (устройство) синхронных машин	1
4. Основные характеристики синхронных генераторов	5
5. Основные характеристики синхронных двигателей	3
6. Сравнительный анализ свойств асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и синхронного двигателя	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**

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 деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	24
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	10
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	18
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	13
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	10
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>75</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 библи.
Основная литература		
1	Ваганов, Михаил Александрович. Электрические машины. Дополнительные главы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. А. Ваганов, 2015. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
2	Ваганов, Михаил Александрович. Асинхронные двигатели [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. А. Ваганов, 2013. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
3	Ваганов, Михаил Александрович. Параллельная работа электрических машин [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / М. А. Ваганов, Г. В. Комарова, О. В. Гагарин, 2017. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
4	Ваганов, Михаил Александрович. Синхронные машины [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. А. Ваганов, 2015. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
5	Ваганов, Михаил Александрович. Электрические машины [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / М. А. Ваганов, Ю. Г. Тимофеев, 2017. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
Дополнительная литература		
1	Ваганов, Михаил Александрович. Основы электромеханики [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / М. А. Ваганов, 2020. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Электронная электротехническая библиотека <a href="http://www.electrolibrary.info/">http://www.electrolibrary.info/</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10739>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Электрические машины. Дополнительные главы» 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 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

Допуск к дифференцированному зачету: выполнение 4 лабораторных работ и подготовка отчетов и защита отчетов на 4 коллоквиумах .

Дифференцированный зачет проводится в виде устного собеседования со студентом. При выставлении оценки по промежуточной аттестации учитывается активность работы студента на практических занятиях.

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

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Устройство и принцип действия асинхронного двигателя
2	Основные характеристики синхронного генератора
3	Условия включения синхронных генераторов на параллельную работу
4	Принцип действия синхронного двигателя
5	Рабочие характеристики синхронного двигателя
6	Работа синхронной машины в режиме синхронного компенсатора
7	Возможные режимы работы асинхронной машины
8	Возможные режимы работы синхронной машины.
9	Векторная диаграмма асинхронного двигателя и порядок ее построения
10	Схема замещения асинхронного двигателя и ее параметры
11	Рабочие характеристики асинхронного двигателя
12	Способы регулирования скорости вращения асинхронного двигателя

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
5	Основы теории асинхронных двигателей Векторная и энергетическая диаграммы. Схема замещения. Пуск в ход и регулирование скорости вращения асинхронных двигателей.	Коллоквиум
9	Основы теории и характеристики синхронных генераторов	Коллоквиум
13	Синхронные двигатели.	Коллоквиум
16	Параллельная работа синхронных машин	Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

#### **Методика текущего контроля на лекционных занятиях.**

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

#### **Методика текущего контроля на лабораторных занятиях.**

Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты.

В процессе обучения по дисциплине «Электрические машины. Дополнительные главы» студент обязан выполнить 4 четырехчасовых лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждой из лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиума на 5, 9, 13 и 16 неделях, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 4 человек. Оформление отчета студентами осуществляется 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 подпи-

сывается к защите.

Лабораторные работы 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.

Примеры контрольных вопросов приведены в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

Текущий контроль включает в себя:

- выполнение и сдачу в срок отчетов по всем лабораторным работам;
- защиту на коллоквиуме всех лабораторных работ, оценка за которые по четырех балльной 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 содержа-

ние ответа не совпадает с поставленным вопросом

Совокупность оценок, полученных студентом в результате контрольных мероприятий учитывается преподавателем при проведении промежуточной аттестации в форме экзамена. При этом оценка по результатам текущего контроля составляет 60% от общей итоговой оценки, экзаменационная - 40%.

### **Методика текущего контроля на практических (семинарских) занятиях**

Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее 80% занятий)
- оценку активности студента на практических занятиях.

Совокупность оценок, полученных студентом в результате контрольных мероприятий учитывается преподавателем при проведении промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета.

На практических занятиях студент должен показать:

- знание принципа действия различных типов электрических машин, их конструкции, пусковых и рабочих свойств;
- способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей
- умения объяснять свойства и характеристики электрических машин разных типов;
- владение навыками анализа процессов и явлений в ЭМ, с представлением полученных результатов с помощью актуальных цифровых инструментах в цифровых документах;
- способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение сту-

дентов 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.

### **Методика текущего контроля самостоятельной работы студентов.**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и лабораторных занятиях студентов по методикам, описанным в п.п. 1-2.

## 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, персональный компьютер, проектор, экран, меловая или маркерная доска.	1) Windows 10 и выше; 2) Microsoft Office 2019 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, лабораторные стенды для изучения: трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором, трехфазного синхронного генератора, трехфазного синхронного двигателя, параллельной работы синхронных генераторов.	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, персональный компьютер, проектор, экран, меловая или маркерная доска.	1) Windows 10 и выше; 2) Microsoft Office 2019 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 10 и выше; 2) Microsoft Office 2019 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>