

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

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

**«МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИКЕ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

по профилю

**«Электропривод и автоматика»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

заведующий кафедрой, д.т.н., профессор Белов М.П.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РАПС  
18.03.2022, протокол № 6

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭА, 21.03.2022, 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	3
Семестр	6
<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)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИКЕ»**

Рассматриваются методы построения математических моделей электро-механических систем – идеализация устройств, представление их схемами замещения, описание при разделении на взаимосвязанные подсистемы, учет нелинейностей. Анализируются особенности вычислительных процессов – устойчивость вычислений, адекватность моделей, оценка точности расчетов. Рассматриваются модели электрических машин, полупроводниковых преобразователей, систем управления, модели систем в целом. Приводятся примеры построения моделей, их использования при исследованиях и проектировании.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«MODELING AND SIMULATION IN ELECTROMECHANICS»**

The methods of the mathematical model construction of the electromechanic systems – the idealization of the devices, its representation as the equivalent circuits, the description under the separation into the interrelated subsystems, account of the nonlinearities – are considered. The features of the computational process – the computational stability, the adequacy of the models, the calculation accuracy estimation – are analyzed. The models of the electric machines, the semiconductor converters, the control systems, the models of system in general are considered. The examples of the model construction, their use at the researches and the design are provided.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Целью освоения дисциплины является изучение методологии и технологии моделирования (в первую очередь компьютерного), приобретение навыков применения моделирования при проектировании и эксплуатации технических объектов управления различных отраслей промышленности и систем обработки информации.

2. Основными задачами дисциплины являются:

Получение представлений о принципах моделирования и способах представления моделей электротехнических систем и их подсистем.

Овладение методами, приемами, способами формализации объектов, процессами, явлениями и реализации их на компьютере.

Знать современные инструментальные средства моделирования.

3. Знания методологии и технологии моделирования и современные инструментальные средства моделирования в электромеханике.

4. Умение применять современные инструментальные средства моделирования в электромеханике.

5. Навыки применения методов, приемов, способов формализации объектов, процессов, явлений и реализации их на компьютере.

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

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»

2. «Информационные технологии»

3. «Программирование и основы алгоритмизации»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Системы передачи и распределения электрической энергии»
2. «Системы управления электроприводами»
3. «Автоматизация технологических комплексов и систем»
4. «Основы электромеханики»

### 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-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<i>УК-1.1</i>	<i>Выполняет поиск необходимой информации, её критический анализ и обобщает результаты анализа для решения поставленной задачи</i>
<i>УК-1.2</i>	<i>Применяет методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывает стратегию действий, принимает конкретные решения для ее реализации</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.	2	0	0		10
2	Методы построения моделей электромеханических систем	6	3	8		10
3	Особенности вычислительных процессов	6	3	8		10
4	Модели электрических машин	6	4	8		8
5	Модели полупроводниковых преобразователей	6	3	6		8
6	Модели электромеханических систем в целом	6	4	4	1	8
7	Заключение	2	0	0		4
	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.	Цели и задачи дисциплины. Направления моделирования электромеханических систем -специализированные комплексы программ, MatLab, Ansys и др..
2	Методы построения моделей электромеханических систем	идеализация устройств, представление их схемами замещения, математическое описание при разделении на взаимосвязанные подсистемы, учет нелинейностей, связи электромеханических процессов с тепловыми.
3	Особенности вычислительных процессов	устойчивость вычислений, адекватность моделей, контроль результатов, оценка точности, достоверности.
4	Модели электрических машин	постоянного тока, асинхронных, синхронных, с постоянными магнитами.
5	Модели полупроводниковых преобразователей	выпрямителей, инверторов, преобразователей частоты, активных, многотактных, многоуровневых
6	Модели электромеханических систем в целом	Примеры построения моделей, их использования при исследованиях и проектировании
7	Заключение	Перспектива развития электромеханических систем

### 4.2 Перечень лабораторных работ

<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Исследования на ЭВМ двухуровневого трехфазного инвертора	2
2. Исследования на ЭВМ двухуровневого активного выпрямителя	4
3. Исследования на ЭВМ двухуровневого преобразователя частоты	2
4. Исследования на ЭВМ электропривода с преобразователем частоты и асинхронным двигателем	6
5. Исследования на ЭВМ электропривода с преобразователем частоты и двигателем на постоянных магнитах	6
6. Исследования на ЭВМ электропривода с каскадным преобразователем частоты и двигателем переменного тока	6
7. Исследования на ЭВМ электропривода с многотактно-многоуровневым преобразователем частоты и двигателем переменного тока	6
8. Особенности анализа результатов расчетов на моделях	2
<b>Итого</b>	<b>34</b>

### 4.3 Перечень практических занятий

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Исследования на ЭВМ двухуровневого трехфазного инвертора	2
2. Исследования на ЭВМ двухуровневого активного выпрямителя	2
3. Исследования на ЭВМ двухуровневого преобразователя частоты	2
4. Исследования на ЭВМ электропривода с преобразователем частоты и асинхронным двигателем	3
5. Исследования на ЭВМ электропривода с преобразователем частоты и двигателем на постоянных магнитах	2
6. Исследования на ЭВМ электропривода с каскадным преобразователем частоты и двигателем переменного тока	2
7. Исследования на ЭВМ электропривода с многотактно-многоуровневым преобразователем частоты и двигателем переменного тока	2
8. Особенности анализа результатов расчетов на моделях	2
<b>Итого</b>	<b>17</b>

### 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	20
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	12
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, дифференцированному зачету, экзамену	6
<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	Коськин, Юрий Павлович. Сверхпроводниковая электромеханика [Текст] : Учеб. пособие / Ю.П.Коськин, А.Г.Черных, 2002. -55 с.	28
2	Электромеханика [Текст] : метод. указания к решению задач / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) ”ЛЭТИ”, 1998. -28 с.	9
3	Моделирование электронных цепей на ПЭВМ средствами пакета прикладных программ PSPICE [Текст] : Учеб. пособие / И.Г. Мироненко, В.Ю. Сухопольский, В.А. Исаков и др., 1997. -63 с	148
Дополнительная литература		
1	Токарев, Лев Николаевич. Судовая электротехника и электромеханика [Текст] / Л.Н. Токарев, 2006. -320 с.	7
2	Иванников, Александр Дмитриевич. Моделирование микропроцессорных систем [Текст] : монография / А.Д.Иванников, 1990. -141, [2] с.	5

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Смолин Г.С, Тельманова Е Д Моделирование в электромеханике: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2006. 67 с. <a href="https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/6972/1/Smolin_Telmanova_2006.pdf?ysclid=1ffdjj0j6i943973051">https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/6972/1/Smolin_Telmanova_2006.pdf?ysclid=1ffdjj0j6i943973051</a>
2	А.В. Аристов, Л. К. Бурулько, Л.А. Паюк Математическое моделирование в электромеханике <a href="https://portal.tpu.ru/SHARED/b/BLK/ucheberab/Tab/MatModelInET.pdf">https://portal.tpu.ru/SHARED/b/BLK/ucheberab/Tab/MatModelInET.pdf</a>
3	Каган А.В. Математическое моделирование в электромеханике. ч.2: Письменные лекции. -СПб.: СЗТУ, 2002. <a href="http://www.energyland.info/files/library/1141b4c2ef05a7ff1b71e0b0d33ca2db.pdf?ysclid=1ffd7qjfc704628718">http://www.energyland.info/files/library/1141b4c2ef05a7ff1b71e0b0d33ca2db.pdf?ysclid=1ffd7qjfc704628718</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=12795>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Моделирование в электромеханике» 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

Допуск к зачету с оценкой -посещение лекций не менее 80%, выполнение всех 8-ми лабораторных и 8-ми практических работ, подготовка отчетов по результатам работы и защита их на коллоквиумах. Итоговая оценка по дисциплине выставляется по средней оценке за защищенные лабораторные работы и практические занятия и оценке, полученной на промеж. аттестации.

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

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Развитие методов моделирования в автоматизации научных исследований и проектирования.
2	Моделирование преобразователей энергии (тиристорных, преобразователей частоты)
3	Моделирование источников питания, анализ их параметров.
4	Моделирование механических подсистем.
5	Моделирование магнитных и тепловых полей.
6	Моделирование электроприводов переменного и постоянного токов (системы управления, электродвигатели).
7	Планирование и организация модельного эксперимента.
8	Взаимосвязь физического, модельного и машинного времени.
9	Принципы формализации.
10	Обработка результатов машинного эксперимента при синтезе систем.
11	UML как средство проектирования моделей динамических систем.
12	Моделирование электропривода с многотактно-многоуровневым преобразователем частоты и двигателем переменного тока
13	Применение среды LabVIEW для исследования систем управления АЭМК.
14	Технология моделирования в инструментальной среде Model Vision Stadium.
15	Средства визуального моделирования динамических систем.

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.	
2	Методы построения моделей электромеханических систем Особенности вычислительных процессов	
3		
4		Коллоквиум
5	Модели электрических машин	
6		
7		
8		Коллоквиум
9	Модели полупроводниковых преобразователей	
10		
11		
12		Коллоквиум
13	Модели электромеханических систем в целом Заключение	
14		
15		
16		
17		Коллоквиум

### 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 к дифференцированному зачету.

#### на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «**Моделирование в электромеханике**» 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 каждых 2 лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиума,

на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 2 человек. Оформление отчета студентами осуществляется в количестве одного отчета на бригаду 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.

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.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск к дифференцированному зачету.

#### **на практических (семинарских) занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80**

% занятий), по результатам которого студент получает допуск к дифференцированному зачету.

В ходе проведения семинарских и 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.

**Оценивание знаний студентов на защите лабораторных работ и практических заданий производится исходя из следующего:**

Отлично – студент владеет знаниями в полном объеме, достаточно глубоко осмысливает выполненную работу; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопросы;

Хорошо – студент владеет знаниями почти в полном объеме;

Удовлетворительно – студент отвечает частично, на заданные ему вопросы, владеет только обязательным минимумом знаний;

Неудовлетворительно – студент не освоил обязательного минимума знаний.

Итоговая оценка по выполненным лабораторным работам и практическим занятиям по дисциплине выставляется по средней оценке за защищенные лабораторные работы и практические задания.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных 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, ПК	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, ПК	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, ПК	1) Windows XP 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

<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>