

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

**«СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**

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 Королев В.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РАПС  
09.03.2022, протокол № 3

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭА, 10.03.2022, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	РАПС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	6
Курс	3
Семестр	6
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	103
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	113
Всего (академ. часов)	216
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**

Силовая электроника является основой современного электропривода и находит в нем все более широкое применение. В курсе силовой электроники рассматриваются полупроводниковые преобразователи энергии, которые применяются на транспорте, в электротехнологических установках, на электростанциях.

### **SUBJECT SUMMARY**

### **«POWER ELECTRONICS»**

Power electronics is the basis of a modern electric drive and is increasingly being used in it. In the course of power electronics, semiconductor energy converters are considered, which are used in transport, in electrical installations, and at power plants.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. При изучении дисциплины обучающиеся получают основные знания, умения и навыки по преобразователям электрической энергии, применяемым в электроприводных системах.

2. Задачи дисциплины:

Изучение современных преобразователей электрической энергии.

Приобретение умений производить расчет преобразователей, используя основные расчетные соотношения.

Формирование навыков конструирования преобразователей энергии.

3. Знания теоретических основ построения силовых преобразователей энергии, используемых в электроприводных системах.

4. Умения производить расчет и выбор полупроводниковых элементов, применяемых в силовых преобразователях электрической энергии.

5. Навыки конструирования схем построения полупроводниковых силовых преобразователей электрической энергии для электропривода

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

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Теоретические основы электротехники»

2. «Аналоговая электроника»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Автоматизированное проектирование электротехнических устройств»

2. «Преобразовательная техника»

3. «Системы управления электроприводами»
4. «Основы мехатроники»
5. «Основы электромеханики»
6. «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>
ПК-2	Способен проводить обоснование проектных решений
<i>ПК-2.1</i>	<i>Обосновывает выбор целесообразного решения</i>
<i>ПК-2.2</i>	<i>Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации</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
2	Преобразователи параметров электрической энергии	1				2
3	Полупроводниковые элементы преобразовательных устройств	4	6	6		20
4	Однофазные выпрямители тока	6	0	6		20
5	Многофазные выпрямители тока	6	0	6	1	20
6	Управляемые выпрямители тока	6	12	6		20
7	Фильтры	2		4		6
8	Ведомые инверторы	4	4			12
9	Реверсивные преобразователи переменного тока в постоянный	4	12	6		12
	Итого, ач	34	34	34	1	113
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	216/6				

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Цели и задачи курса
2	Преобразователи параметров электрической энергии	Классификация преобразователей параметров электрической энергии. Назначение преобразователей. Параметры.
3	Полупроводниковые элементы преобразовательных устройств	Принцип действия силовых полупроводниковых элементов: диодов, транзисторов, тиристоров. Классификация элементов, ВАХ, параметры. Выбор элементов. Области применения.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Однофазные выпрямители тока	Обобщенная схема выпрямителей. Назначение структурных элементов выпрямителей. Однофазный однополупериодный выпрямитель: принцип действия, диаграммы работы, внешняя и регулировочная характеристики, расчетные соотношения. Однофазный двухполупериодный выпрямитель: принцип действия, диаграммы работы, внешняя и регулировочная характеристики, расчетные соотношения. Однофазный мостовой выпрямитель: принцип действия, диаграммы работы, внешняя и регулировочная характеристики, расчетные соотношения. Работа выпрямителей на различную нагрузку. Сравнение однофазных схем управления.
5	Многофазные выпрямители тока	Трехфазная нулевая схема выпрямления и ее разновидности. Шестифазная нулевая схема. Трехфазная мостовая схема. Сравнение многофазных схем управления.
6	Управляемые выпрямители тока	Работа управляемых выпрямителей. Основные соотношения. Регулировочная характеристика. Непрерывный, прерывистый и граничный режимы работы выпрямителей.
7	Фильтры	Назначение и классификация. Входные, сглаживающие, выходные фильтры переменного тока.
8	Ведомые инверторы	Классификация инверторов. Переход от выпрямительного к инверторному режиму. Регулировочные и внешние характеристики ведомого инвертора. Условия устойчивой работы инвертора.
9	Реверсивные преобразователи переменного тока в постоянный	Назначение, области применения, принципы построения силовых схем реверсивных преобразователей, их основные типы. Совместное и раздельное управление комплектами вентилях реверсивного преобразователя. Уравнительные токи и их ограничение. Характеристики преобразователей. Построение систем управления.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Исследование однофазных однополупериодных выпрямителей	6
2. Исследование схем трехфазных управляемых выпрямителей	6
3. Исследование однофазного мостового выпрямителя с корректором коэффициента мощности	6
4. Исследование характеристик силовых полупроводниковых ключей	4
5. Исследование неуправляемых выпрямителей и фильтров выпрямленного напряжения	6
6. Исследование трехфазных тиристорных преобразователей	6
Итого	34

### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Расчёт режимов работы и параметров силовых полупроводниковых приборов	6
2. Расчёт режимов работы и параметров элементов силовых цепей тиристорных преобразователей	6
3. Расчёт статических характеристик тиристорных преобразователей	6
4. Расчёт параметров элементов силовых цепей и характеристик преобразователей переменного напряжения	12
5. Расчёт параметров элементов силовых цепей и характеристик инверторов	4
Итого	34

### 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.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих лекционные занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения

дисциплины»).

Самостоятельной записи на курс нет. Студент заходит на курс, используя логин/пароль от единой учетной записи университета (единый логин и пароль). Каждую неделю будет доступна новая тема курса: конспекты, с которыми обучающиеся смогут ознакомиться в любое удобное время, а также методические указания по лабораторным работам. В конце каждой лекции (лабораторной работы) необходимо пройти небольшой контрольный тест, который покажет насколько усвоен предложенный материал. Рекомендуем изучать материал последовательно, что существенно облегчит работу. У каждого контрольного задания имеется своя форма (тест) есть срок выполнения (окончательный срок), по истечении которого даже правильные ответы система принимать не будет! В расписании курса указан окончательный срок каждого задания. Весь учебный курс рассчитан на 16 недель. Его итоги будут подведены в течение недели после его окончания.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	51
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	27
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	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>113</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	Розанов, Юрий Константинович. Силовая электроника [Электронный ресурс] : Учебник и практикум для вузов / Розанов Ю. К., Лепанов М. Г. ; под ред. Розанова Ю.К., 2021. -206 с	неогр.
2	Павлова, Вера Анатольевна. Силовая электроника [Электронный ресурс] : электрон. учеб. -метод. пособие / В. А. Павлова, М. А. Кузнецов, 2017. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
3	Онищенко, Георгий Борисович. Силовая электроника. Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения [Текст] : учеб. пособие для бакалавров и магистров по направлениям 13.03.02, 13.04.02"Электроэнергетика и электротехника" / Г. Б. Онищенко, О. М. Соснин, 2017. -120, [1] с.	20
Дополнительная литература		
1	Штерн М.И. Силовая электроника. Расчеты и схемотехника [Текст] / М. И. Штерн, 2017. -398 с.	12
2	Розанов, Юрий Константинович. Силовая электроника [Текст] : учеб. и практикум для вузов по инженер.-техн. направлениям / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Ю. К. Розанова, 2020. -204, [2] с.	15
3	Розанов, Юрий Константинович. Силовая электроника [Текст] : учеб. для общеобразоват. учреждений сред. проф. образования / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов ; под ред. Ю. К. Розанова, 2022. -204, [2] с.	3
4	Полупроводниковые выпрямители [Текст] / Е.И. Беркович [и др.] ; под ред. Ф.И. Ковалева, Г.П. Мостковой, 1978. -447 с.	19
5	Энергетическая электроника [Текст] : справ. пособие / пер. с нем., под ред. В.А. Лабунцова, 1987. -264 с.	15
6	Попков, Олег Захарович. Основы преобразовательной техники [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика, электротехнологии" / О.З. Попков, 2010. -199, [1] с.	36
7	Редди, С.Рама. Основы силовой электроники [Текст] / С.Р. Редди ; пер. с англ. В.В. Масалова под ред. Д.П. Приходько, 2006. -287 с.	54
8	Руденко, Владимир Семенович. Основы преобразовательной техники [Текст] : учеб. для вузов по специальности "Промышленная электроника" / В.С. Руденко, В.И. Сенько, И.М. Чиженко, 1980. -423 с.	63

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Форум по силовой электронике Electronix <a href="https://electronix.ru">https://electronix.ru</a>

## 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10738>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Силовая электроника» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### Экзамен

<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

Допуском к экзамену является выполнение всех лабораторных работ.

Экзамен проводится в устной форме по билетам.

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

### Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Классификация преобразователей параметров электрической энергии. Назначение преобразователей. Параметры.
2	Принцип действия силовых полупроводниковых диодов. Классификация элементов, ВАХ, параметры. Выбор элементов. Области применения.
3	Принцип действия силовых полупроводниковых транзисторов, тиристоров. Классификация элементов, ВАХ, параметры. Выбор элементов. Области применения.
4	Принцип действия силовых полупроводниковых тиристоров. Классификация элементов, ВАХ, параметры. Выбор элементов. Области применения.
5	Обобщенная схема выпрямителей. Назначение структурных элементов выпрямителей.
6	Однофазный однополупериодный выпрямитель: принцип действия, диаграммы работы, внешняя и регулировочная характеристики, расчетные соотношения.
7	Однофазный двухполупериодный выпрямитель: принцип действия, диаграммы работы, внешняя и регулировочная характеристики, расчетные соотношения.
8	Однофазный мостовой выпрямитель: принцип действия, диаграммы работы, внешняя и регулировочная характеристики, расчетные соотношения.
9	Работа выпрямителей на различную нагрузку. Сравнение однофазных схем управления.
10	Трехфазная нулевая схема выпрямления и ее разновидности.
11	Шестифазная нулевая схема.
12	Трехфазная мостовая схема.
13	Работа управляемых выпрямителей. Основные соотношения. Регулировочная характеристика.
14	Непрерывный, прерывистый и граничный режимы работы выпрямителей.
15	Назначение и классификация. Входные, сглаживающие, выходные фильтры переменного тока.
16	Назначение, области применения, принципы построения силовых схем реверсивных преобразователей, их основные типы.
17	Совместное и раздельное управление комплектами вентиля реверсивного преобразователя.
18	Уравнительные токи и их ограничение в реверсивных преобразователях.
19	Характеристики реверсивных преобразователей.
20	Построение систем управления реверсивными преобразователями.

21	Классификация инверторов. Переход от выпрямительного к инверторному режиму.
22	Регулировочные и внешние характеристики ведомого инвертора.
23	Условия устойчивой работы инвертора.

### **Форма билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

Дисциплина **Силовая электроника ФЭА**

1. Классификация преобразователей параметров электрической энергии. Назначение преобразователей. Параметры.
2. Работа выпрямителей на различную нагрузку. Сравнение однофазных схем управления.
3. Задача.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

М.П. Белов

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
7	Однофазные выпрямители тока	
8		Отчет по лаб. работе
9	Многофазные выпрямители тока	
10		Отчет по лаб. работе
11	Управляемые выпрямители тока	
12		Отчет по лаб. работе
13	Полупроводниковые элементы преобразовательных устройств	
14		Отчет по лаб. работе
15	Многофазные выпрямители тока	
16		Отчет по лаб. работе
17	Фильтры	
18		Отчет по лаб. работе

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лабораторных занятиях

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

В процессе обучения по дисциплине «Силовая электроника» студент обязан выполнить 6 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 4 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.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результа-

тов, 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 критериях оценивания.

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

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

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.

#### **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, доска, маркер	
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, лабораторные стенды с осциллографами	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, доска, маркер	
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>