

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
**профессор В.А. Шпенст**

---

**Проректор по образовательной**  
**деятельности**  
**Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки:</b>	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
<b>Направленность (профиль):</b>	Электропривод и автоматика
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доц. Турышева А.В.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Силовая электроника» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 144 от 28.02.2018.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника» направленность (профиль) «Электропривод и автоматика».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. А.В. Турышева

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры Электроэнергетики и электромеханики от 22.01.2021 г, протокол № 12/01.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. В.А. Шпенст

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования \_\_\_\_\_ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины** – формирование у студентов базовых знаний в области преобразования электроэнергии на основе использования силовых полупроводниковых приборов.

### Основные задачи дисциплины:

- ознакомление с силовыми полупроводниковыми приборами;
- изучение схем преобразования электрической энергии;
- получение навыков проектирования силовых вентильных преобразователей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Силовая электроника» относится к обязательной части Блока 1 Дисциплины (модули) основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) «Электропривод и автоматика», изучается в 6 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Силовая электроника» являются «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Электротехническое и конструкционное материаловедение», «Физические основы электротехники».

Дисциплина «Силовая электроника» является основополагающей для изучения дисциплины «Электрический привод».

Особенностью дисциплины «Силовая электроника» является изучение методов преобразования электрической энергии в электроэнергетике.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Силовая электроника» направлен на формирование следующих компетенций и получение основных результатов обучения:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Содержание компетенций	Коды компетенции	
Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин.	ОПК-3	ОПК-3.4. Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы или 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		6
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>54</b>	<b>54</b>
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-

Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат	-	-
Подготовка к практическим занятиям	9	9
Подготовка к лабораторным занятиям	9	9
Подготовка к зачету / дифф. зачету	-	-
<b>Промежуточная аттестация – дифф. зачет (ДЗ) / зачет (З) / экзамен (Э)</b>	<b>36</b>	<b>Э (36)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплин и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1 «Введение. Выпрямители тока»	13	4	-	-	9
Раздел 2 «Управляемые выпрямители тока»	49	4	18	18	9
Раздел 3 «Энергетические показатели выпрямителей тока»	2	2	-	-	-
Раздел 4 «Ведомые инверторы»	4	4	-	-	-
Раздел 5 «Автономные инверторы и преобразователи частоты»	4	4	-	-	-
<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
<b>Экзамен:</b>	<b>36</b>				
<b>Всего часов:</b>	<b>108</b>				

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Введение. Выпрямители тока	Введение. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе. Основные понятия. Классификация силовых полупроводниковых приборов (диоды, тиристоры, транзисторы). Классификация выпрямителей. Однофазные и трехфазные неуправляемые выпрямители тока. Основные диаграммы токов и напряжений. Основные расчетные соот-	4

№ п/п	Наименование раздела	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		ношения. Работа выпрямителей при $L_d = 0$ и $L_d = \infty$ . Коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения.	
2	Управляемые выпрямители тока	Режимы работы выпрямителей. Понятие угла регулирования. Процесс коммутации тока. Выпрямленное напряжение. Регулировочные характеристики выпрямителей при $L_d = 0$ и $L_d = \infty$ . Внешние характеристики выпрямителя. Высшие гармонические составляющие в кривой выпрямленного напряжения и первичного тока выпрямителей.	4
3	Энергетические показатели выпрямителей тока	КПД и коэффициент мощности управляемого выпрямителя, коэффициент сдвига первой гармоники тока относительно напряжения сети	2
4	Ведомые инверторы	Классификация инверторов. Перевод преобразователя в инверторный режим. Коммутация тока в инверторе. Опрокидывание инвертора. Срыв коммутации инвертора. Выпрямленное напряжение инвертора. Внешние характеристики. Энергетические показатели инвертора.	4
5	Автономные инверторы и преобразователи частоты	Классификация автономных инверторов. Однофазный мостовой автономный инвертор напряжения (АИН). Регулирование величины и формы напряжения в АИН. Трехфазный АИН. Трехфазный АИН с ШИР. Трехфазный АИН с ШИР. Преобразователи частоты с непосредственной связью. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока.	4
<b>Итого:</b>			<b>18</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий: Проектирование трехфазного мостового управляемого выпрямителя	Трудоемкость ак. час
1	Раздел 2	Выбор источника питания и тиристоров выпрямителя	2
2	Раздел 2	Выбор охладителей, защитных РС-цепей и сглаживающего реактора	4
3	Раздел 2	Внешние характеристики выпрямителя	4
4	Раздел 2	Гармонический состав тока на входе и напряжения на выходе выпрямителя	4
5	Раздел 2	Выбор фильтрокомпенсирующих устройств выпрямителя	4
<b>Итого:</b>			<b>18</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость ак. час.
1	Раздел 1	Неуправляемый однофазный однополупериодный выпрямитель	4
2	Раздел 1	Неуправляемый однофазный нулевой выпрямитель	4
3	Раздел 1	Неуправляемый однофазный мостовой выпрямитель	4
4	Раздел 1	Трехфазный нулевой выпрямитель	4
5	Раздел 1	Трехфазный мостовой выпрямитель	2
<b>Итого:</b>			<b>18</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Лабораторные занятия.** Цели лабораторных занятий:

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;
- главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

### 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 6.1. *Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости*

**Раздел 1.** Введение. Выпрямители тока

1. Силовые диоды, тиристоры, транзисторы
2. Однофазные выпрямители

3. Трехфазные выпрямители
4. Основные диаграммы токов и напряжений.
5. Основные расчетные соотношения.

#### **Раздел 2. Управляемые выпрямители тока**

1. Управляемые однофазные выпрямители
2. Управляемые трехфазные выпрямители
3. Процесс коммутации тока
4. Энергетические показатели выпрямителей
5. Регулировочные характеристики
6. Внешние характеристики

#### **Раздел 3. Энергетические показатели выпрямителей тока**

1. Коэффициент полезного действия
2. Коэффициент мощности
3. Коэффициент сдвига первой гармоники тока относительно напряжения сети

#### **Раздел 4. Ведомые инверторы**

1. Перевод преобразователя в инверторный режим
2. Особенности коммутации тока
3. Опрокидывание и срыв коммутации
4. Внешние характеристики преобразователя
5. Энергетические показатели инвертора

#### **Раздел 5. Автономные инверторы и преобразователи частоты**

1. Однофазный мостовой АИТ
2. Однофазный мостовой АИН
3. Регулирование напряжения в АИН
4. Трехфазный АИН
5. Трехфазный АИН с ШИР

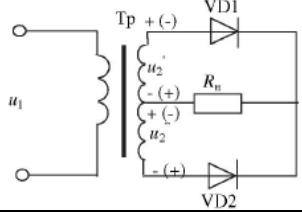
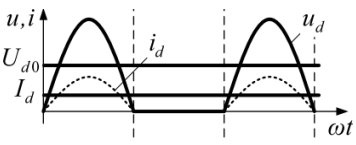
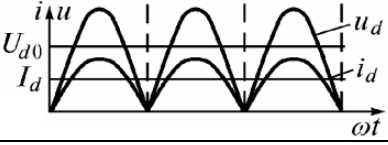
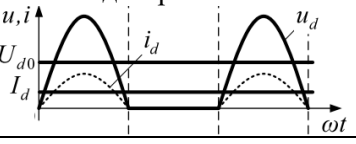
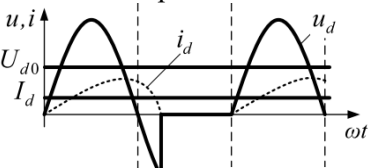
### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине:**

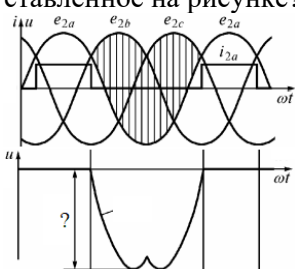
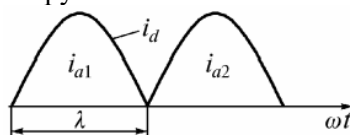
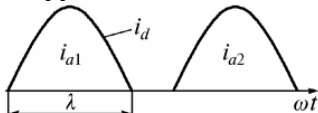
1. Классификация силовых полупроводниковых приборов.
2. Основные параметры диодов.
3. Основные параметры тиристоров
4. Основные параметры транзисторов
5. Классификация выпрямителей.
6. Однофазные неуправляемые выпрямители
7. Трехфазные неуправляемые выпрямители тока.
8. Основные диаграммы токов и напряжений.
9. Основные энергетические показатели.
10. Процесс коммутации тока.
11. Выпрямленное напряжение.
12. Внешние характеристики выпрямителя.
13. Высшие гармонические составляющие в кривой выпрямленного напряжения и первичного тока выпрямителей.
14. КПД и коэффициент мощности управляемого выпрямителя.
15. Перевод преобразователя в инверторный режим.
16. Коммутация тока в инверторе.
17. Аварийные режимы инвертора
18. Внешние характеристики инвертора.
19. Энергетические показатели инвертора
20. Однофазный мостовой автономный инвертор напряжения (АИН).

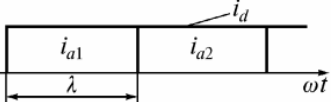
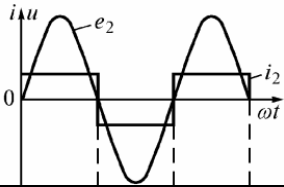
21. Однофазный мостовой автономный инвертор тока (АИТ).
22. Регулирование величины и формы напряжения в АИН.
23. Трехфазный АИН.
24. Преобразователи частоты с непосредственной связью.
25. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока.


### 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

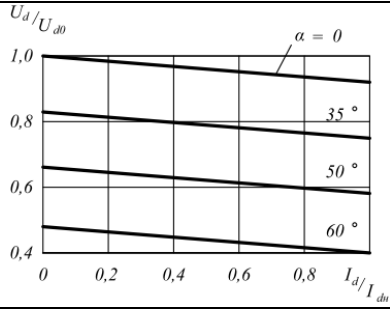
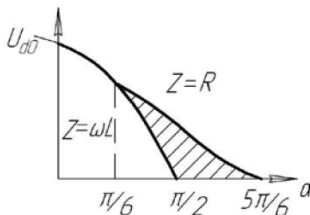
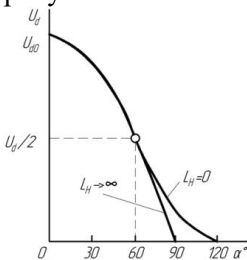
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
Вариант 1		
1	<p>Схема какого устройства представлена на рисунке?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Однофазного однополупериодного выпрямителя</li> <li>2. Однофазного двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора</li> <li>3. Однофазного мостового выпрямителя</li> <li>4. Трехфазного двухполупериодного выпрямителя</li> </ol>
2	<p>Схема какого выпрямителя обеспечивает напряжение и ток на нагрузке, представленные на рисунке?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Однофазного однополупериодного выпрямителя</li> <li>2. Однофазного двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора</li> <li>3. Однофазного мостового выпрямителя</li> <li>4. Трехфазного двухполупериодного выпрямителя</li> </ol>
3	<p>Схема какого выпрямителя обеспечивает напряжение и ток на нагрузке, представленные на рисунке?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Однофазного однополупериодного выпрямителя</li> <li>2. Однофазного двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора</li> <li>3. Однофазного мостового выпрямителя</li> <li>4. Верны варианты 2 и 3</li> </ol>
4	<p>Для какого типа нагрузки представлены временные диаграммы?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чисто активной</li> <li>2. Активно-индуктивной</li> <li>3. Активно-емкостной</li> <li>4. Емкостной</li> </ol>
5	<p>Для какого типа нагрузки представлены временные диаграммы?</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чисто активной</li> <li>2. Активно-индуктивной</li> <li>3. Активно-емкостной</li> <li>4. Емкостной</li> </ol>
6	<p>Сколько диодов в однофазном мостовом выпрямителе?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Два.</li> <li>2. Три.</li> <li>3. Четыре.</li> <li>4. Шесть</li> </ol>
7	<p>Во сколько раз изменяется действующее напряжение на нагрузке в схеме трехфазного</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2.</li> <li>2. <math>\sqrt{3}</math></li> </ol>

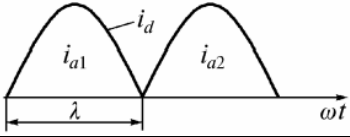


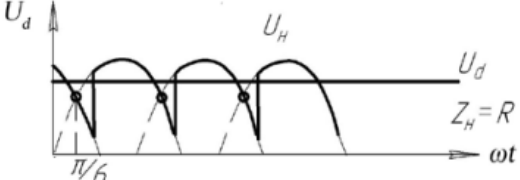
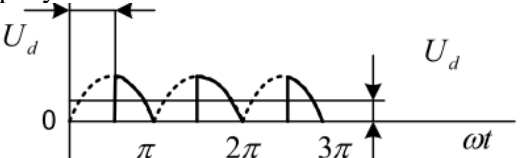
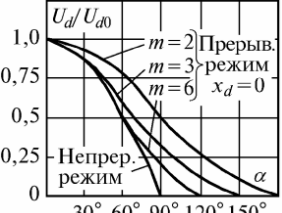
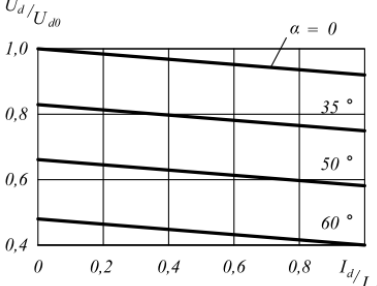
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	мостового выпрямителя?	3. $\sqrt{2}$ . 4. не изменится
8	Коэффициент пульсации для трехфазного мостового выпрямителя равен?	1. 1,57 2. 0,67 3. 0,25 4. 0,057
9	Коэффициент пульсации для трехфазного нулевого выпрямителя равен?	1. 1,57 2. 0,67 3. 0,25 4. 0,057
10	В схеме трехфазного нулевого выпрямителя на каком элементе снято напряжение, представленное на рисунке? 	1. на нагрузке 2. на диоде, включенном в фазу А 3. на диоде, включенном в фазу В 4. на диоде, включенном в фазу С
11	Чему равна пульсность схемы трехфазного мостового выпрямителя?	1. 1 2. 2 3. 3 4. 6
12	Чему равна пульсность схемы трехфазного нулевого выпрямителя?	1. 1 2. 2 3. 3 4. 6
13	Зависимость выпрямленного напряжения от выпрямленного тока при постоянном угле управления называется	1. регулировочная характеристика 2. внешняя характеристика 3. входная характеристика 4. выходная характеристика
14	Какая зависимость регулировочной характеристики в непрерывном режиме от вида нагрузки?	1. прямопропорциональная 2. гиперболическая 3. нелинейная 4. не зависит
15	Как называется режим работы выпрямителя, обеспечивающий заданный график тока на нагрузке? 	1. граничный 2. прерывистый 3. непрерывный 4. линейный
16	Как называется режим работы выпрямителя, обеспечивающий заданный график тока на нагрузке? 	1. граничный 2. прерывистый 3. непрерывный 4. линейный
17	Как называется режим работы выпрямителя, обеспечивающий заданный график тока на нагрузке?	1. граничный 2. прерывистый 3. непрерывный 4. линейный

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		
18	Угол, который измеряется от точки естественной коммутации до момента подачи управляющего импульса и включения тиристора называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. угол коммутации</li> <li>2. угол управления</li> <li>3. угол проводимости</li> <li>4. угол опережения</li> </ol>
19	Как влияет увеличение пульсности на качество выпрямленного напряжения?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уменьшается частота пульсаций, уменьшается амплитуда гармоник генерируемых в сеть</li> <li>2. Уменьшается частота пульсаций, увеличивается амплитуда гармоник генерируемых в сеть</li> <li>3. Увеличивается частота пульсаций, уменьшается амплитуда гармоник генерируемых в сеть</li> <li>4. Увеличивается частота пульсаций, увеличивается амплитуда гармоник генерируемых в сеть</li> </ol>
20	При увеличении угла управления содержание первой гармоники в выпрямленном напряжении	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уменьшается</li> <li>2. Не изменяется</li> <li>3. Увеличивается</li> <li>4. При индуктивной нагрузке не изменится</li> </ol>
Вариант 2		
1	При какой нагрузке ток через обмотки трансформатора превращается в прямоугольные импульсы? 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При чисто активной нагрузке</li> <li>2. При небольшой индуктивной нагрузке</li> <li>3. При активно-емкостной нагрузке</li> <li>4. При индуктивной нагрузке, стремящейся к бесконечности</li> </ol>
2	Увеличение индуктивного сопротивления в нагрузке силового выпрямителя приводит к ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. увеличению времени выхода на установившийся режим.</li> <li>2. снижению времени выхода на установившийся режим.</li> <li>3. увеличению напряжения на нагрузке.</li> <li>4. увеличению напряжения на источнике.</li> </ol>
3	Увеличение активного сопротивления в нагрузке силового выпрямителя влечет за собой...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. повышение тока.</li> <li>2. снижение тока.</li> <li>3. увеличение времени выхода на установившийся режим.</li> <li>4. увеличение частоты питающего напряжения.</li> </ol>
4	Увеличение активного сопротивления в нагрузке силового выпрямителя приводит к ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. увеличению времени выхода на установившийся режим.</li> <li>2. снижению времени выхода на установившийся режим.</li> <li>3. увеличению напряжения на нагрузке.</li> <li>4. увеличению напряжения на источнике.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
5	Увеличение индуктивного сопротивления в нагрузке силового выпрямителя влечет за собой...	1. повышение тока. 2. снижение тока. 3. увеличение времени выхода на установившийся режим. 4. увеличение частоты питающего напряжения.
6	Чему равна пульсность схемы однофазного мостового выпрямителя?	1. 1 2. 2 3. 3 4. 6
7	Чему равна пульсность схемы однофазного нулевого выпрямителя?	1. 1 2. 2 3. 3 4. 6
8	Чему равна пульсность схемы однофазного однополупериодного выпрямителя?	1. 1 2. 2 3. 3 4. 6
9	Коэффициент пульсации выпрямленного напряжения определяется по формуле: ... , где $U_d$ - среднее значение выпрямленного напряжения, $U_{1m}$ - амплитуда первой гармоники пульсаций	1. $k_n = \frac{U_d}{U_{1m}}$ 2. $k_n = \frac{U_{1m}}{U_d}$ 3. $k_n = \frac{\sqrt{2}U_{1m}}{U_d}$ 4. $k_n = \frac{U_{1m}}{\sqrt{2}U_d}$
10	Переменная составляющая выпрямленного напряжения равна	1. сумме высших гармонических составляющих 2. среднему значению выпрямленного напряжения 3. амплитуде первой гармоники 4. действующему значению выпрямленного напряжения
11	Постоянная составляющая выпрямленного напряжения	1. сумме высших гармонических составляющих 2. среднему значению выпрямленного напряжения 3. амплитуде первой гармоники 4. действующему значению выпрямленного напряжения
12	Какая характеристика приведена на рисунке? 	1. регулировочная характеристика 2. внешняя характеристика 3. входная характеристика 4. выходная характеристика
13	Какая характеристика приведена на рисунке?	1. регулировочная характеристика 2. внешняя характеристика 3. входная характеристика

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		4. выходная характеристика
14	При каком угле управления в однофазном мостовом выпрямителе среднее значение выпрямленного напряжения будет равно нулю ( $U_d=0$ ) при чисто активной нагрузке ( $L_H \rightarrow 0$ )?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>60^0</math></li> <li>2. <math>90^0</math></li> <li>3. <math>150^0</math></li> <li>4. <math>180^0</math></li> </ol>
15	При каком угле управления в однофазном мостовом выпрямителе среднее значение выпрямленного напряжения будет равно нулю ( $U_d=0$ ) при активно-индуктивной нагрузке ( $L_H \rightarrow \infty$ )?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>60^0</math></li> <li>2. <math>90^0</math></li> <li>3. <math>150^0</math></li> <li>4. <math>180^0</math></li> </ol>
16	Регулировочная характеристика какого управляемого выпрямителя представлена на рисунке? 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Однофазного однополупериодного выпрямителя</li> <li>2. Трехфазного нулевого выпрямителя</li> <li>3. Однофазного мостового выпрямителя</li> <li>4. Трехфазного мостового выпрямителя</li> </ol>
17	Регулировочная характеристика какого управляемого выпрямителя представлена на рисунке? 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Однофазного однополупериодного выпрямителя</li> <li>2. Трехфазного нулевого выпрямителя</li> <li>3. Однофазного мостового выпрямителя</li> <li>4. Трехфазного мостового выпрямителя</li> </ol>
18	Коэффициент полезного действия выпрямителя определяется по формуле...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta P_B = m_B \Delta U_a I_a</math></li> <li>2. <math>\chi = \frac{P_1}{S_1}</math></li> <li>3. <math>\eta = \frac{P_d}{P_d + \Delta P}</math></li> <li>4. <math>\cos \varphi = \frac{U_d}{U_{d0}}</math></li> </ol>
19	Коэффициент мощности выпрямителя определяется по формуле...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta P_B = m_B \Delta U_a I_a</math></li> <li>2. <math>\chi = \frac{P_1}{S_1}</math></li> <li>3. <math>\eta = \frac{P_d}{P_d + \Delta P}</math></li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		4. $\cos \varphi = \frac{U_d}{U_{d0}}$
20	Коэффициент сдвига первой гармоники тока относительно напряжения сети определяется по формуле...	1. $\Delta P_B = m_B \Delta U_a I_a$ 2. $\chi = \frac{P_1}{S_1}$ 3. $\eta = \frac{P_d}{P_d + \Delta P}$ 4. $\cos \varphi = \frac{U_d}{U_{d0}}$
Вариант 3		
1	Чему равна пульсность схемы трехфазного мостового выпрямителя?	1. 1 2. 2 3. 3 4. 6
2	Чему равна пульсность схемы трехфазного нулевого выпрямителя?	1. 1 2. 2 3. 3 4. 6
3	Отношение амплитуды первой гармоники пульсаций к среднему значению выпрямленного напряжения называется	1. коэффициент пульсации выпрямленного напряжения 2. коэффициент стабилизации выпрямленного напряжения 3. пульсность схемы 4. коэффициент мощности выпрямителя
4	Какая схема выпрямителя обеспечивает двойную амплитуду напряжения на диоде в запертом состоянии?	1. Однофазного однополупериодного выпрямителя 2. Однофазного двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора 3. Однофазного мостового выпрямителя 4. Трехфазного двухполупериодного выпрямителя
5	Коэффициент пульсации для однофазного однополупериодного выпрямителя равен?	1. 1,57 2. 0,67 3. 0,25 4. 0,057
6	Зависимость выпрямленного напряжения от выпрямленного тока при постоянном угле управления называется	1. регулировочная характеристика 2. внешняя характеристика 3. входная характеристика 4. выходная характеристика
7	Какая зависимость регулировочной характеристики в непрерывном режиме от вида нагрузки?	1. прямопропорциональная 2. гиперболическая 3. нелинейная 4. не зависит
8	Как называется режим работы выпрямителя, обеспечивающий заданный график тока на нагрузке? 	1. граничный 2. прерывистый 3. непрерывный 4. линейный
9	При каком угле управления в трехфазном нулевом выпрямителе обеспечивается прерыви-	1. меньше $30^\circ$ 2. равен $30^\circ$

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
	<p>стый режим?</p> 	<p>3. более <math>30^0</math> 4. больше <math>60^0</math></p>
10	<p>При каком угле управления в однофазном мостовом выпрямителе обеспечивается кривая выходного напряжения, представленная на рисунке?</p> 	<p>1. <math>30^0</math> 2. <math>60^0</math> 3. <math>90^0</math> 4. <math>180^0</math></p>
11	<p>Регулировочная характеристика выпрямителя при <math>L_n \rightarrow \infty</math> описывается выражением</p>	<p>1. <math>U_d = U_{d0} \frac{1 + \cos \alpha}{2}</math> 2. <math>U_d = U_{d0} \cos \alpha</math> 3. <math>U_d = U_{d0} \frac{1 + \cos(30^0 + \alpha)}{\sqrt{3}}</math> 4. <math>U_d = U_{d0} \cos \alpha - \frac{x_a I_d}{2\pi / m}</math></p>
12	<p>Постоянная составляющая выпрямленного напряжения</p>	<p>1. сумме высших гармонических составляющих 2. среднему значению выпрямленного напряжения 3. амплитуде первой гармоники 4. действующему значению выпрямленного напряжения</p>
13	<p>Какая характеристика приведена на рисунке?</p> 	<p>1. регулировочная характеристика 2. внешняя характеристика 3. входная характеристика 4. выходная характеристика</p>
14	<p>Какая характеристика приведена на рисунке?</p> 	<p>1. регулировочная характеристика 2. внешняя характеристика 3. входная характеристика 4. выходная характеристика</p>
15	<p>Как влияет увеличение пульсности на качество выпрямленного напряжения?</p>	<p>1. Уменьшается частота пульсаций, уменьшается амплитуда гармоник генерируемых в сеть 2. Уменьшается частота пульсаций, увеличивается амплитуда гармоник генерируемых в сеть</p>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		3. Увеличивается частота пульсаций, уменьшается амплитуда гармоник генерируемых в сеть 4. Увеличивается частота пульсаций, увеличивается амплитуда гармоник генерируемых в сеть
16	При увеличении угла управления содержание первой гармоники в выпрямленном напряжении	1. Уменьшается 2. Не изменяется 3. Увеличивается 4. При индуктивной нагрузке не изменится
17	Спектр высших гармонических составляющих в выпрямителе определяется по формуле: ... где $m$ - пульсность схемы, $n$ - натуральный ряд чисел 1, 2, 3...	1. $k = mn \pm 1$ 2. $k = mn + 1$ 3. $k = mn - 1$ 4. $k = mn \pm 2$
18	Для каких целей чаще всего используют ведомые инверторы?	1. для передачи энергии, запасенной в маховых массах двигателя обратно в сеть 2. для получения регулируемой частоты в электроприводах переменного тока 3. для улучшения качества выпрямленного напряжения 4. преобразования постоянного тока в переменный
19	Для каких целей чаще всего используют автономные инверторы?	1. для передачи энергии, запасенной в маховых массах двигателя обратно в сеть 2. для получения регулируемой частоты в электроприводах переменного тока 3. для улучшения качества выпрямленного напряжения 4. преобразования постоянного тока в переменный
20	Коэффициент мощности выпрямителя определяется по формуле...	1. $\Delta P_B = m_B \Delta U_a I_a$ 2. $\chi = \frac{P_1}{S_1}$ 3. $\eta = \frac{P_d}{P_d + \Delta P}$ 4. $\cos \varphi = \frac{U_d}{U_{d0}}$

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает	Студент поверхностно знает материал основных	Студент хорошо знает материал, грамотно и по	Студент в полном объеме знает материал,

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
существенные ошибки в ответах на вопросы	разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

**Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме**

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.

URL: [https://elprivod.nmu.org.ua/files/converters/%D0%93%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BC%D0%B0%D0%BD\\_%D0%9F%D0%A2.pdf](https://elprivod.nmu.org.ua/files/converters/%D0%93%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BC%D0%B0%D0%BD_%D0%9F%D0%A2.pdf) (дата обращения 14.09.2020).

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Зиновьев Г. С. Основы силовой электроники: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 396 с.

URL: [http://techlibrary.ru/b/2p1j1o1p1c2d1f1c\\_2k.2z.\\_2w1s1o1p1c2c\\_1s1j1m1p1c1p1k\\_2e1m1f1l1t1r1p1o1j1l1j.\\_3f1a1s1t2d\\_1\\_1999.pdf](http://techlibrary.ru/b/2p1j1o1p1c2d1f1c_2k.2z._2w1s1o1p1c2c_1s1j1m1p1c1p1k_2e1m1f1l1t1r1p1o1j1l1j._3f1a1s1t2d_1_1999.pdf) (дата обращения 14.09.2020).

2. Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю. К. Розанова. – 2-е изд. – М.: Информэлектро, 2001. – 420 с.

URL: [https://www.texenergo.ru/publication/biblioteka\\_elektrotehnika/rozanov\\_yu\\_k\\_elektricheskie\\_i\\_elektronnye\\_apparaty/](https://www.texenergo.ru/publication/biblioteka_elektrotehnika/rozanov_yu_k_elektricheskie_i_elektronnye_apparaty/) (дата обращения 14.09.2020).

#### 7.1.3. Учебно-методическое обеспечение



1. Силовая электроника: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. В.Н. Костин. СПб, 2017 – 38 с.

URL: [http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set\\_staticreq&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=%D0%9C%2D372901<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_staticreq&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%9C%2D372901<.>) (дата обращения 14.09.2020).

## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных вузовской рабочей программой, находящиеся в свободном доступе для студентов, обучающихся в вузе, на внутрисетевом сервере <http://www.spmi.ru/>

2. Научная Электронная Библиотека <http://www.e-library.ru>

3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/>

4. Рекомендуемые поисковые системы <http://www.yandex.ru/>, <http://www.google.ru/>, <http://www.google.com/>

5. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>

6. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>

7. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>

8. Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>

9. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

10. Электронный журнал «Силовая электроника»

<http://www.power-e.ru/>

11. Школа для электрика. Основы электроники

<http://electricalschool.info/electronica/1793-silovaja-jelektronika.html>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **8.1.1. Аудитории для проведения лекционных занятий**

Аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы. Для наиболее наглядного и эффективного представления теоретического материала при чтении лекций используются презентации, реализованные в программной среде *Microsoft Office Power Point*.

Лекционные аудитории рассчитаны на одну группу студентов и включают в себя:

- посадочное место (стол и стул) преподавателя;
- не менее 12-15 посадочных мест для студентов;
- настенную доску;
- переносную настольную трибуну;
- стационарную или переносную мультимедийную аппаратуру.

#### **8.1.2. Аудитории для проведения практических занятий.**

Аудитории для практических занятий рассчитаны на одну группу студентов и включают в себя:

- посадочное место (стол и стул) преподавателя;
- не менее 12-15 посадочных мест для студентов;

- настенную доску;
- переносную настольную трибуну.

### **8.1.3. Аудитории для проведения лабораторных занятий.**

Аудитории для лабораторных занятий рассчитаны на одну подгруппу студентов и включают в себя:

- посадочное место (стол и стул) преподавателя;
- не менее 12-15 посадочных мест с персональными компьютерами для студентов;
- настенную доску.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012, Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования».

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010.

CorelDRAW Graphics Suite X5.

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор

плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security .

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).