

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Зам. директора  
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Смоленске  
по учебно-методической работе  
В.В. Рожков  
« 12 » 10 2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Профиль подготовки: **Электропривод и автоматика промышленных  
установок и технологических комплексов**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Смоленск – 2015 г.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

**Целью освоения дисциплины** является подготовка обучающихся к производственно-технологической деятельности по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачами дисциплины** является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на формирование следующих профессиональных компетенций:

- ПК-6 «способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности»;
- ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике».

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- классификацию, основные схемные решения полупроводниковых преобразователей и особенности их работы (ПК-6);
- порядок расчета устройств силовой электроники (ПК-7);

**уметь:**

- графически отображать геометрические образы элементов полупроводниковых преобразователей (ПК-6);
- проводить элементарные испытания электронных преобразователей энергии и обрабатывать результаты измерений (ПК-7);

**владеть:**

- навыками расчетов по определению параметров и характеристик устройств силовой электроники (ПК-7).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б1 образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» направления «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» дисциплина «Силовая электроника» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.13	Общая энергетика
Б1.Б.12	Электрические машины
Б1.В.ОД.4	Дискретные преобразования в электромеханических системах
Б1.В.ОД.5	Элементы систем автоматики
Б1.В.ОД.6	Электромеханические системы
Б1.В.ОД.8	Введение в электромеханику
Б1.В.ОД.9	Теория автоматического управления

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин:

Б1.В.ОД.12	Электрический привод
------------	----------------------

- Б1.В.ДВ.4.1 Силовые преобразователи энергии
- Б1.В.ДВ.4.2 Преобразовательная техника в электромеханических системах
- Б1.В.ДВ.7.1 Теория электропривода
- Б1.В.ДВ.7.2 Электропривод в современных технологиях
- Б1.В.ДВ.8.1 Системы управления электроприводов
- Б1.В.ДВ.8.2 Регулирование координат электропривода
- Б1.В.ДВ.9.2 Типовые решения в технике электропривода

### 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

#### Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ОД.11	
Часов (всего) по учебному плану:	216	6 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	6 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	1, 36	6 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	1, 36	6 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	2,5, 90	6 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1, 36	6 семестр

#### Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,5, 18
Подготовка к практическим занятиям (пз)	32/36, 32
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	30/36, 30
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	6/36, 6
Подготовка к контрольным работам	4/36, 4
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего:	2,5, 90
Подготовка к экзамену	1, 36

#### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. интеракт.
1	<b>Тема 1.</b> Элементы силовых схем вентильных преобразователей	18	2	8		8	
2	<b>Тема 2.</b> Выпрямители	70	6	14	16	34	8
3	<b>Тема 3.</b> Импульсные преобразователи постоянного тока	26	2	4	8	12	4
4	<b>Тема 4.</b> Инверторы	15	2	4		9	
5	<b>Тема 5.</b> Преобразователи частоты	15	2	4		9	
6	<b>Тема 6.</b> Фильтры	6	2	2		2	
7	<b>Тема 7.</b> Системы управления преобразовательными устройствами	26	2		12	12	6
8	<b>Дополнительная тема на СРС.</b> 1. Качество выходного напряжения выпрямителей. Гармонический состав потребляемого тока (к теме 2).	4				4	
<b>всего 216 часов по видам учебных занятий (включая 36 часов на подготовку к экзамену)</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>90</b>	<b>18</b>

#### Содержание по видам учебных занятий

##### Тема 1. Элементы силовых схем вентильных преобразователей

**Лекция 1.** Виды преобразования электрической энергии. Классификация преобразователей. Состав силовых схем вентильных преобразователей (2 часа).

**Практическое занятие 1.** Области применения силовой электроники. Состав устройств преобразовательной техники (2 часа).

**Практическое занятие 2.** Полупроводниковые вентили, используемые в силовых преобразователях: диод, тиристор, силовой переключающий транзистор, силовые модули. Основные характеристики, статические и динамические параметры. (2 часа).

**Практическое занятие 3.** Трансформаторы. Реакторы. Конденсаторы. Назначение. Разновидности и области применения (2 часа).

**Практическое занятие 4.** Расчет и выбор силовых ключей. (2 часа).

**Самостоятельная работа 1.** Подготовка к практическим занятиям № 1 - № 4 (всего к теме № 1 – 8 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию.

##### Тема 2. Выпрямители

**Лекция 2.** Классификация выпрямителей. Блок-схема выпрямителя. Принципы регулирования напряжения (2 часа).

**Лекция 3.** Комбинированные схемы выпрямления. Последовательное и параллельное включение преобразовательных мостов (2 часа).

**Лекция 4.** Коэффициент мощности и КПД управляемых выпрямителей. Пути улучшения энергетических показателей выпрямителей. (2 часа).

**Практическое занятие 5.** Однофазные схемы выпрямления. Работа схемы на активную, активно-индуктивную нагрузки (2 часа).

**Практическое занятие 6.** Однофазные схемы выпрямления. Работа схемы на активно-емкостную нагрузку и на противо-ЭДС (2 часа).

**Практическое занятие 7.** Трехфазные схемы выпрямления. Работа схемы на активную, активно-индуктивную нагрузки. (2 часа).

**Практическое занятие 8.** Режим прерывистого и непрерывного тока нагрузки. (2 часа).

**Практическое занятие 9.** Коммутация токов в выпрямителе. (2 часа).

**Практическое занятие 10.** Внешние и регулировочные характеристики. Расчет характеристик выпрямителей. (2 часа).

**Практическое занятие 11.** Временные диаграммы схем выпрямления в различных режимах работы. Контрольная работа (2 часа).

**Лабораторная работа 1-2.** Исследование режимов работы и характеристик неуправляемых выпрямителей ч.1, 2 (8 часов).

**Лабораторная работа 3-4.** Исследование режимов работы и характеристик однофазного тиристорного преобразователя, ч.1, 2 (8 часов).

**Самостоятельная работа 2.** Подготовка к практическим занятиям № 5 - № 11 и к контрольной работе. Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ № 1 - № 4 (всего к теме № 2 – 34 часа).

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, проверка выполнения заданий в рабочей тетради. Устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защита лабораторных работ. Контрольная работа.

### **Тема 3. Импульсные преобразователи постоянного тока**

**Лекция 5.** Классификация преобразователей постоянного тока. Функциональная схема импульсного преобразователя. Схемные решения импульсных прерывателей на тиристорах. Способы искусственной коммутации. Базовые структуры импульсных преобразователей на транзисторах. (2 часа).

**Практическое занятие 12.** Исследование квазиустановившихся электромагнитных процессов в импульсных преобразователях (2 часа).

**Практическое занятие 13.** Внешние и регулировочные характеристики преобразователей постоянного тока. (2 часа).

**Лабораторная работа 5-6.** Исследование работы импульсного преобразователя, ч.1, 2. (8 часов).

**Самостоятельная работа 3.** Подготовка к практическим занятиям №№ 12, 13. Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ № 5 - № 6 (всего к теме № 3 – 12 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию. Устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защита лабораторных работ.

### **Тема 4. Инверторы.**

**Лекция 6.** Классификация инверторов. Инверторы, ведомые сетью. Автономные инверторы. Основные характеристики для различных типов нагрузки (2 часа).

**Практическое занятие 14.** Особенности работы ведомых инверторов. (2 часа).

**Практическое занятие 15.** Сравнительная характеристика автономных инверторов напряжения и тока. Регулирование величины и формы напряжения в АИН. (2 часа).

**Самостоятельная работа 4.** Самостоятельное изучение лекций. Подготовка к практическим занятиям №№ 14, 15 (всего к теме № 4 – 9 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос по пройденному лекционному материалу; устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию.

### **Тема 5. Преобразователи частоты.**

**Лекция 7.** Классификация и принципы построения преобразователей частоты. Непосредственные преобразователи частоты. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока. (2 часа).

**Практическое занятие 16.** Методы формирования кривой выходного напряжения в НПЧ. Закон регулирования угла управления (2 часа).

**Практическое занятие 17.** Преобразователи частоты на основе неуправляемого выпрямителя и АИН с ШИМ-модуляцией (2 часа).

**Самостоятельная работа 5.** Самостоятельное изучение лекций. Подготовка к практическим занятиям №№ 16, 17 (всего к теме № 5 – 9 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос по пройденному лекционному материалу; устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию.

#### **Тема 6. Фильтры.**

**Лекция 8.** Назначение и классификация фильтров в преобразователях. Входные фильтры. Сглаживающие фильтры (2 часа).

**Практическое занятие 18.** Расчет индуктивности дросселей и емкости конденсаторов фильтров. (2 часа).

**Самостоятельная работа 6.** Подготовка к практическому занятию № 18 (2 часа). (всего к теме №6 – 2 часа).

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию.

#### **Тема 7. Системы управления преобразовательными устройствами.**

**Лекция 9.** Классификация систем управления вентильными преобразователями. Многоканальная и одноканальная система импульсно-фазового управления (2 часа).

**Лабораторная работа 7 - 8.** Управляющие элементы дискретного действия, ч.1, 2. (8 часов).

**Лабораторная работа 9.** Исследование системы управления трехфазного тиристорного преобразователя напряжения (4 часа).

**Самостоятельная работа 7.** Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ № 7 - № 9 (всего к теме №7 – 12 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям.

#### **Дополнительная тема на СРС.**

Качество выходного напряжения выпрямителей. Гармонический состав потребляемого тока

**Самостоятельная работа 8.** Самостоятельное изучение указанной темы (4 часа).

**Текущий контроль** – устный опрос по дополнительной теме СРС.

**Интерактивные занятия: на лабораторных работах (18 часов)** используется бригадный метод выполнения вариантов задания с использованием методики построения «дерева решений» и анализом различных методов расчета. Затем усилия объединяются, и организуется активный диалог студентов с преподавателем и между собой для подведения итогов решения задания. Также используется метод проблемной формулировки задачи и интерактивного обсуждения хода ее решения, а также метод анализа конкретной ситуации с организацией диалога «преподаватель-студент», «студент-студент»; совместное обсуждение результатов работы студенческих бригад, групповые дискуссии.

#### **Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен**

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны:  
демонстрационные слайды лекций по дисциплине,  
методические указания по самостоятельной работе при подготовке к лабораторным работам,  
рабочая тетрадь для практических занятий (см. Приложение к РПД)

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ПК-6, ПК-7.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена.

### **6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания**

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлен различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ПК-6 «способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам и в рабочей тетради к практическим занятиям. Учитываются также ответы студента на вопросы на практических занятиях при текущем контроле – устных опросах, защитах лабораторных работ.

Принимается во внимание **знание** обучающимися:

- классификации, основных схемных решений полупроводниковых преобразователей и особенностей их работы;

наличие **умения**:

– графически отображать геометрические образы элементов полупроводниковых преобразователей.

В ходе защит лабораторных работ и обсуждений результатов практических заданий студенту задается два вопроса из примерного перечня:

1. Изобразите графическое обозначение заданного полупроводникового прибора.
2. Изобразите условное буквенное обозначение заданного полупроводникового прибора.
3. Что включает в себя структура условного обозначения силового диода?
4. Что включает в себя структура условного обозначения силового тиристора?
5. Расшифруйте заданное условное обозначение полупроводникового прибора.
6. Изобразите графические обозначения элементов, входящих в состав полупроводниковых преобразователей.
7. Изобразите принципиальную схему заданного преобразователя и обозначьте входящие в нее элементы.
8. Поясните принцип действия заданной схемы выпрямления.
9. Что собой представляет схема замещения полупроводниковых преобразователей?
10. Нарисуйте схему замещения заданного преобразователя и обозначьте входящие в нее параметры.

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню).

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ПК-7 «готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике» преподавателем оцениваются результаты деятельности студента по всем видам занятий (лабораторные работы, аудиторные практические занятия, практические задания, выполненные в ходе СРС). Оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защитах лабораторных работ. Преподавателем оценивается также активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента «у доски» в процессе выполнения заданий на практическом занятии.

Принимается во внимание **знание** обучающимися:

– порядка расчета устройств силовой электроники;

наличие **умения**:

– проводить элементарные испытания электронных преобразователей энергии и обрабатывать результаты измерений;

присутствие **навыка**:

– расчетов по определению параметров и характеристик устройств силовой электроники.

В ходе защит лабораторных работ и обсуждений результатов практических заданий студенту задается два вопроса из примерного перечня:

1. Назовите основные показатели, характеризующие использование трансформатора в схемах выпрямления.
2. Назовите основные показатели, характеризующие использование полупроводниковых вентилей в схемах выпрямления.



3. Что является основой для расчета элементов, входящих в состав вентильного преобразователя?
4. В чем заключается разница в работе между однофазной двухполупериодной и однофазной мостовой схемой выпрямления?
5. Как величина индуктивности нагрузки влияет на форму выпрямленного тока и напряжения?
6. При каких параметрах цепи нагрузки выпрямленный ток будет идеально сглаженным?
7. Как можно ускорить процесс перезаряда емкости в схеме импульсного преобразователя?
8. Почему диапазон изменения коэффициента заполнения импульсного цикла в схемах с параллельно-емкостной коммутацией ограничен?
9. На что влияет величина угла опережения  $\beta$  в НПЧ?
10. Охарактеризуйте энергетические показатели НПЧ (коэффициент мощности, КПД).

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню).

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Экзамен по дисциплине «Силовая электроника» проводится в устной форме.

Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответивший не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнивший практическое задание.

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавший систематический характер знаний по дисциплине, ответивший на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомы с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустивший погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнивший практическое задание, но по указанию преподавателя выполнивший другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продол-

жить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка экзамена по дисциплине за 6 семестр.

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу дисциплины):

1. Виды преобразования электрической энергии.
2. Силовые вентили. Основные характеристики и параметры.
3. Трансформаторы. Реакторы. Конденсаторы. Разновидности и области применения.
4. Выпрямители. Основные характеристики. Классификация.
5. Однофазные схемы выпрямления.
6. Трёхфазные схемы выпрямления.
7. Коммутации токов в схемах выпрямления. Особенности коммутации в трёхфазных схемах.
8. Комбинированные схемы выпрямления.
9. Коэффициент мощности и КПД выпрямителей.
10. Пути улучшения энергетических показателей выпрямителей.
11. Особенности работы выпрямителей на ёмкостную нагрузку и противо-ЭДС.
12. Инверторы, ведомые сетью. Переход от выпрямительного к инверторному режиму.
13. Импульсные преобразователи постоянного тока. Искусственная коммутация тиристоров.
14. Базовые структуры импульсных преобразователей на транзисторах.
15. Автономные инверторы. Основные определения. Способы коммутации тиристоров.
16. Автономные инверторы напряжения (АИН) на транзисторах и запираемых тиристорах.
17. Характеристики АИН с ШИМ-модуляцией.
18. Многоуровневые АИН.
19. Преобразователи частоты на основе неуправляемого выпрямителя и АИН с ШИМ-модуляцией.
20. Непосредственные преобразователи частоты. Формирование кривой выходного напряжения.

Вопросы по приобретению и развитию практических умений, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной  
(примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам)

1. Что является основой для расчета элементов, входящих в состав вентильного преобразователя?
2. Назовите основные показатели, характеризующие использование трансформатора в схемах выпрямления.

3. Назовите основные показатели, характеризующие использование полупроводниковых вентилях в схемах выпрямления.
4. В чем заключается разница в работе между однофазной двухполупериодной и однофазной мостовой схемой выпрямления?
5. Проведите сравнение различных вариантов исполнения схем выпрямителей.
6. Что такое угол управления тиристорным преобразователем?
7. Как влияет форма опорного напряжения СИФУ на характеристику управления преобразователем?
8. Как величина индуктивности нагрузки влияет на форму выпрямленного тока и напряжения?
9. Для каких целей применяется шунтирующий диод?
10. При каких параметрах цепи нагрузки выпрямленный ток будет идеально сглаженным?
11. В чем состоит особенность работы выпрямителя на активно-емкостную нагрузку?
12. Объясните особенности работы преобразователя на противоЭДС.
13. Как происходит формирование косинусоидального опорного напряжения?
14. Как можно ускорить процесс перезарядки емкости в схеме импульсного преобразователя?
15. Почему диапазон изменения коэффициента заполнения импульсного цикла в схемах с параллельно-емкостной коммутацией ограничен?
16. В чем состоит разница в схемных решениях АИТ и АИН?
17. Какие блоки входят в состав двухзвенного преобразователя частоты?
18. Охарактеризуйте энергетические показатели НПЧ (коэффициент мощности, КПД).
19. Для чего необходима пауза между переключением вентиляхных групп в НПЧ?
20. На что влияет величина угла опережения  $\beta$  в НПЧ?

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к экзамену)

1. Классификация полупроводниковых приборов.
2. Силовые диоды. ВАХ. Основные параметры.
3. Силовые тиристоры. ВАХ. Диаграммы включения и выключения.
4. Силовые тиристоры. Основные параметры.
5. Групповое соединение полупроводниковых приборов.
6. Биполярные транзисторы. Основные характеристики.
7. Транзисторы с изолированным затвором.
8. Вентильные преобразователи. Классификация.
9. Блок-схема выпрямителя. Классификация выпрямителей
10. Показатели, характеризующие схемы выпрямления
11. Однофазная однополупериодная схема выпрямления. Работа на активную нагрузку.
12. Однофазная однополупериодная схема выпрямления. Работа на активно-индуктивную нагрузку. Включение обратного диода.
13. Однофазная двухполупериодная схема выпрямления со средней точкой. Работа на активную нагрузку.
14. Однофазная двухполупериодная схема выпрямления со средней точкой. Работа на активно-индуктивную нагрузку.
15. Режим прерывистого тока.
16. Однофазная мостовая схема выпрямления. Диаграммы работы.
17. Трехфазная нулевая схема выпрямления. Диаграммы работы.
18. Трехфазная мостовая схема выпрямления. Диаграммы работы.
19. Шестифазная нулевая схема выпрямления.

20. Характеристики управления выпрямителей.
21. Коммутации токов в схемах выпрямления.
22. Особенности коммутации в трехфазных схемах.
23. Работа выпрямителей на противо-ЭДС.
24. Внешние характеристики выпрямителей
25. Инверторный режим работы.
26. Комбинированные схемы выпрямления.
27. Коэффициент мощности и КПД выпрямителей.
28. Пути улучшения энергетических показателей выпрямителей.
29. Гармонический состав выпрямленного напряжения.
30. Импульсные преобразователи постоянного тока. Способы регулирования.
31. Блок-схема импульсного преобразователя.
32. ШИП с параллельно-емкостной коммутацией. Схемы замещения.
33. ШИП с параллельно-емкостной коммутацией. Диаграммы работы.
34. Внешние характеристики импульсных преобразователей.
35. Автономные инверторы. Классификация.
36. Параллельный мостовой инвертор напряжения.
37. Параллельный мостовой инвертор тока.
38. Однофазный инвертор напряжения на транзисторах.
39. Регулирование напряжения в АИН
40. Преобразователи частоты. Классификация.
41. Схема преобразователя частоты на основе неуправляемого выпрямителя и АИН.
42. Непосредственные преобразователи частоты. Формирование кривой выходного напряжения.
43. Трансформаторы. Реакторы. Конденсаторы. Разновидности и области применения.
44. Назначение и классификация фильтров.
45. Основные требования, предъявляемые к системам управления преобразователями.
46. Системы импульсно-фазового управления преобразователями с естественной коммутацией. Общие принципы построения.
47. Система управления преобразователем частоты.

#### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по изучению курса «Силовая электроника», в которые входят методические рекомендации по выполнению и защите лабораторных работ и к выполнению заданий в рабочей тетради к практическим занятиям. (Приложение к РПД)

### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **а) основная литература**

1. Силовая электроника: [Электронный ресурс] Учеб. для вузов /Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. -2-ое изд., стер. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009.- Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/reader/?book=3>
2. Мелешин, В.И. Транзисторная преобразовательная техника : монография / В.И. Мелешин. - М. : Техносфера, 2005. - 628 с. : ил. - (Мир электроники). - ISBN 5-94836-051-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273791>.

**б) дополнительная литература:**

1. Зиновьев Г.С. Силовая электроника. М.: Юрайт, 2012. – 667 с.
3. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: Семейство. Характеристики. Применение. - М.: Додэка – ХХ1. 2001.
4. Лачин В.И. Электроника: Учеб. пособие для вузов. 3-е изд. - Ростов н/Д: Феникс, 2002.
5. Полупроводниковые приборы: учебник для вузов. /В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. 9-е изд. - М.: Лань, 2009. (ЭБС Лань). Режим доступа [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=300](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=300)

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины**

<http://kit-e.ru/articles/powerel> Портал статей по компонентам силовой электроники.

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина предусматривает лекции один раз в две недели, практические занятия один раз в неделю и девять четырехчасовых лабораторных работ, включая защиту. Изучение курса завершается экзаменом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях и лабораторных работах, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

**Практические (семинарские) занятия** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических (семинарских) занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание практических (семинарских) занятий фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические (семинарские) занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы и внимательное отношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объем профессионально значимых знаний, умений, навыков;  
позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;  
прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;  
способствуют свободному оперированию терминологией;  
предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

На практических занятиях студенты выполняют задания по рабочей тетради. В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент заносит в нее результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы, графики, таблицы, ответы на вопросы пунктов задания и т.п.). Примерный образец оформления заданий в рабочей тетради имеется у преподавателя.

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объем выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

После проверки рабочей тетради преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки рабочей тетради и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

**Лабораторные работы** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;  
формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и их объемы, определяются рабочими учебными планами.

Содержание лабораторных работ фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения **лабораторных работ** в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интер-

претации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала.

**Самостоятельная работа студентов (СРС)** по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

При проведении **лекционных** занятий предусматривается использование систем мультимедиа.

При проведении **лабораторных работ** для подготовки отчетов по лабораторным работам предусматривается использование компьютерных программ Mathcad, Microsoft Office и др.

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

##### **Лекционные занятия:**

Аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

**Практические занятия** по данной дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

**Лабораторные работы** по данной дисциплине проводятся в учебной лаборатории № Б -113 «Силовые преобразователи» (оснащена пятью лабораторными стендами с различными преобразователями и элементами систем управления ими).

В основное оборудование указанных лабораторий входит оборудование, необходимое для проведения лабораторных работ по дисциплине «Силовая электроника».

Автор,  
канд. техн. наук, доцент

 И.С. Саватеева

Зав. кафедрой ЭМС  
канд. техн. наук, доцент

 В.В. Рожков

Программа одобрена на заседании кафедры ЭМС от 12.10.2015 года, протокол № 3.

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- мене- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- нен- ных	заме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10