Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор Департамента по образовательной политике
Дата подписания: 31.10.2023 17:34:01
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет Урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ /Л.А. Марюшин/

«_28_» _04_____ 2022 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# «Промышленная электроника»

Направление подготовки
**13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

Профиль
**«Электроснабжение»**

Квалификация
**бакалавр**

Формы обучения
**заочная**

Москва, 2022 г.

**Разработчик:**
Профессор кафедры
«Электрооборудование и промышленная электроника»
к.т.н., доцент  /Р.А. Малеев/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Электрооборудование и промышленная электроника»,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Руководитель образовательной программы,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

# Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Промышленная электроника» ..... 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы ..... 4
3 Структура и содержание дисциплины ..... 4
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость ..... 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины ..... 5
3.3 Содержание дисциплины ..... 6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ..... 9
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ..... 10
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение ..... 10
4.1 Нормативные документы и ГОСТы ..... 10
4.2 Основная литература ..... 10
4.3 Дополнительная литература ..... 10
4.4 Электронные образовательные ресурсы ..... 11
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспе-чение ..... 11
4.5 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ..... 11
5 Материально-техническое обеспечение ..... 12
6 Методические рекомендации ..... 12
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ..... 12
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. ..... 13
7 Фонд оценочных средств ..... 13
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения ..... 13
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения ..... 14
7.3 Оценочные средства ..... 15

# 1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Промышленная электроника»

Целью изучения дисциплины «Промышленная электроника» заключается в том, чтобы ознакомить студентов с многообразными системами силовой электроники и схемами их управления, анализом процессов и методов управления и применением силовой электроники в электроэнергетике, на транспорте и в электроприводах. а также овладение студентами навыков исследования основных характеристик и параметров систем управления силовой электроники. используемых в электрооборудовании и промышленной электронике.

**Задачами изучения** дисциплины являются приобретение студентами знаний:

- изучение различных систем силовой электроники и способов их управления, развитие навыков анализа процессов и методов управления силовой электроники в электроэнергетике, на транспорте и в электроприводах.
- изучение методов исследования основных характеристик и параметров систем управления силовой электроники

**Планируемые результаты обучения, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций.**

Обучение по дисциплине **«Промышленная электроника»** направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| **ПК-1.** Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности | ИПК-1.1. Использует методики расчета систем управления силовой электроники.<br>ИПК-1.2. Рассчитывает характеристики и режимы работы систем управления силовой электроники.<br>ИПК-1.3. Применяет методы исследования систем управления силовой электроники. |

# 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

- Теоретические основы электротехники;
- Электроника;
- Электрические и электронные аппараты;
- Электрические машины;
- Основы промышленной схемотехники.

# 3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 академических часов).

## 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1 Заочная форма обучения

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 7 | 8 |
| **1** | **Аудиторные занятия** | **90** | **16** | **16** |
| | В том числе: | | | |
| 1.1 | Лекции | 16 | 8 | 8 |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | | | |
| 1.3 | Лабораторные занятия | 16 | 8 | 8 |
| **2** | **Самостоятельная работа** | **198** | **128** | **128** |
| | В том числе: | | | |
| 2.1 | Подготовка к лабораторным работам | 76 | 38 | 38 |
| 2.2 | Работа в системе LMS | 100 | 50 | 50 |
| 2.3 | Подготовка к промежуточной аттестации | 80 | 40 | 40 |
| **3** | **Промежуточная аттестация** | | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | | **Зачет** | **Экзамен** |
| | **Итого** | **288** | **144** | **144** |

## 3.2 Тематический план изучения дисциплины

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Трудоемкость, час | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | Самостоятельная работа |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | |
| | **Вводная часть** | | **1** | - | - | - |
| **1** | **Раздел 1. Выпрямители тока** | | **2** | **-** | **6** | **56** |
| 1.1 | Тема 1. Неуправляемые выпрямители | | 0,5 | - | 2 | 20 |
| 1.2 | Тема 2. Трёхфазные выпрямители | | 0,5 | - | 2 | 20 |
| 1.3 | Тема 3. Управляемые выпрямители тока | | 0,5 | - | - | 6 |
| 1.4 | Тема 4. Инверторы | | 0,5 | - | 2 | 10 |
| **2** | **Раздел 2. Рекуперативные и реверсивные преобразователи** | | **3** | **-** | **6** | **80** |
| 2.1 | Тема 1. Нереверсивные преобразователи | | 1 | - | 2 | 30 |
| 2.2 | Тема 2. Рекуперативные преобразователи. | | 1 | - | 2 | 30 |
| 2.3 | Тема 3. Системы управления реверсивных преобразователей | | 1 | - | 2 | 20 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **3** | **Раздел 3. Автономные инверторы** | | **4** | **-** | **4** | **60** |
| 3.1 | Тема 1. Мостовые инверторы | | 0,5 | - | **2** | 20 |
| 3.2 | Тема 2. Импульсная модуляция | | 0,5 | - | - | 5 |
| 3.3 | Тема 3. Инверторы переменного тока | | 1 | - | 2 | 20 |
| 3.4 | Тема 4. Пространственно-векторная широтно-импульсная модуляция. | | 1 | - | - | 5 |
| 3.5 | Тема 5. Синусоидальная широтно-импульсная модуляция | | 0,5 | - | - | 5 |
| 3.6 | Тема 6. Трехфазные мостовые инверторы | | 0,5 | - | - | 5 |
| **4** | **Раздел 4. Преобразователи частоты** | | **3** | - | - | **30** |
| 4.1 | Тема 1. Двухзвенные преобразователи на основе неуправляемого выпрямителя | | 1 | - | - | 10 |
| 4.2 | Тема 2. Двухзвенные преобразователи с активными выпрямителем | | 1 | - | - | 10 |
| 4.3 | Тема3. Преобразователи частоты с коммутацией | | 1 | - | - | 10 |
| **5** | **Раздел 5. Системы управления силовыми вентильными преобразователями.** | | **3** | - | **-** | **30** |
| 5.1 | Тема 1. Системы управления вентильными преобразователями | | 1 | - | - | 10 |
| 5.2 | Тема 2. Система импульсно-фазового управления | | 1 | - | - | 10 |
| 5.3 | Тема 3. Реверсивный широтно-импульсный преобразователь. | | 1 | - | **-** | 10 |
| **Итого** | | **288** | **16** | **-** | **16** | **256** |

### 3.3 Содержание дисциплины

**Вводная часть.**

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Общие сведения об электронике. Структура курса, его место и роль в подготовке специалиста, связь с другими дисциплинами.

**Раздел 1. Выпрямители тока.**

**Тема 1. Неуправляемые выпрямители.**

Однофазный мостовой неуправляемый выпрямитель тока при активной и активно-индуктивной нагрузке: временные диаграммы, основные соотношения в схеме. Сглаживающие фильтры: емкостной, индуктивный, Г-образный. Внешние характеристики однофазного мостового выпрямителя со сглаживающими фильтрами.

**Тема 2. Трёхфазные выпрямители.**

Трехфазная нулевая и шестифазная схемы выпрямления: временные диаграммы при активно-индуктивной нагрузке, основные соотношения, преимущества и недостатки. Трехфазная мостовая и двенадцатифазная схемы выпрямления: временные диаграммы при активно-индуктивной нагрузке, основные соотношения, преимущества и недостатки.

**Тема 3. Управляемые выпрямители тока.**

Временные диаграммы токов и напряжений на примере трехфазной нулевой схемы в непрерывном, прерывистом и граничном режимах при активной и активно-индуктивной

нагрузках, идеальные регулировочные характеристики. Коммутационные процессы в управляемых выпрямителях тока на примере трехфазной нулевой схемы. Схема замещения однофазного трансформатора и выпрямителя. Внешние и регулировочные характеристики управляемых выпрямителей тока в непрерывном режиме.

**Тема 4. Инверторы.**

Классификация инверторов. Понятие о направлении потока мощности. Переход от выпрямительного к инверторному режиму. Векторная диаграмма входного напряжения и тока. Регулировочные и внешние характеристики ведомого инвертора, выполненного по трехфазные мостовые схемы в непрерывном и прерывистом режимах. Условия устойчивой работы инвертора, ограничительная характеристика.

**Раздел 2. Рекуперативные и реверсивные преобразователи.**

**Тема 1. Нереверсивные преобразователи.**

Классификация преобразователей постоянного напряжения (ППН). Непосредственные ППН. Понижающий ППН. Повышающий ППН. Инвертирующий ППН. Нереверсивные понижающие ППН. Регулировочные, внешние и энергетические характеристики нереверсивных понижающих ППН. Рекуперирующие нереверсивные ППН.

**Тема 2. Рекуперативные преобразователи**.

Классификация рекуперирующих преобразователей. Схемы реверсивных преобразователей: перекрестная, встречно-параллельная. Способы управления: раздельное, совместное. Внешние и регулировочные характеристики при раздельном управлении. Совместное управление и способы ограничения уравнительных токов. Внешние характеристики при совместном управлении. Уравнительные токи при совместном управлении и способы их ограничения. Сравнение совместного и раздельного управления

**Тема 3. Системы управления реверсивных преобразователей.**

Схема и способы управления реверсивными ППН. Работа реверсивного ППН на активно-индуктивную нагрузку при симметричном управлении. Работа реверсивного ППН на активно-индуктивную нагрузку при несимметричном управлении. Работа реверсивного ППН при поочередном управлении. Внешние характеристики реверсивных ППН. Реверсивный двухключевой ППН.

Многоканальная синхронная система импульсно-фазового управления на примере трехфазного мостового выпрямителя. Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей при различных формах опорного напряжения. Система управления реверсивного преобразователя с раздельным управлением. Регулировочные характеристики реверсивного преобразователя в непрерывном и прерывистом режимах. Согласование характеристик. Выбор начального угла управления.

**Раздел 3. Автономные инверторы.**

**Тема 1. Мостовые инверторы.**

Классификация автономных инверторов. Область их применения. Однофазный мостовой и полумостовой автономные инверторы напряжения (АИН): временные диаграммы токов и напряжений, основные соотношения, качество выходного напряжения, преимущества и недостатки. Однофазный мостовой АИН с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) на основе фазового сдвига импульсов управления: временные диаграммы токов и напряжений совместно с системой управления, регулировочная характеристика, качество выходного напряжения, преимущества и недостатки.

**Тема 2. Импульсная модуляция.**

Законы импульсной модуляции. Двухполярная и однополярная ШИМ в однофазном мостовом АИН: временные диаграммы токов и напряжений совместно с системой управления, основные соотношения, регулировочная характеристика, спектр выходного напряжения, преимущества и недостатки. Метод гистерезисной или «дельта»-модуляции в однофазном полумостовом АИН: временные диаграммы токов и напряжений совместно с системой управления, спектр выходного напряжения, преимущества и недостатки.

**Тема 3. Инверторы переменного тока.**

Фильтрация выходного напряжения в однофазных АИН: схема Г-образного LC-фильтра, его частотная характеристика, расчет параметров фильтра. Трехфазный мостовой АИН с шестиступенчатой формой фазного напряжения: временные диаграммы токов и напряжений совместно с системой управления, основные соотношения, качество выходного напряжения, преимущества и недостатки.

**Тема 4. Пространственно-векторная широтно-импульсная модуляция.**

Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном мостовом АИН: теория пространственного вектора, таблица базовых векторов, выражения расчета коэффициентов модуляции, функциональная схема микропроцессорной системы управления, временные диаграммы напряжений совместно с системой управления, основные соотношения, регулировочная характеристика. Преимущества и недостатки пространственно-векторной ШИМ по сравнению с синусоидальной ШИМ.

**Тема 5. Синусоидальная широтно-импульсная модуляция.**

Синусоидальная ШИМ в трехфазном мостовом АИН: временные диаграммы токов и напряжений совместно с системой управления, основные соотношения, регулировочная характеристика. Внешние и энергетические характеристики трехфазных мостовых АИН с ШИМ. Однофазный автономный инвертор тока (АИТ) на полностью управляемых ключах: временные диаграммы токов и напряжений при различных параметрах нагрузки, схема замещения, векторная диаграмма напряжений и токов, внешняя характеристика, преимущества и недостатки.

**Тема 6. Трехфазные мостовые инверторы.**

Трехфазный мостовой АИТ на полностью управляемых ключах: временные диаграммы токов и напряжений совместно с системой управления, основные соотношения, преимущества и недостатки. Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном мостовом АИТ: теория пространственного вектора, таблица базовых векторов, выражения расчета коэффициентов модуляции, временные диаграммы токов и напряжений совместно с системой управления, основные соотношения, регулировочная характеристика.

**Раздел 4. Преобразователи частоты.**

**Тема 1. Двухзвенный преобразователи на основе неуправляемого выпрямителя.**

Классификация преобразователей частоты (ПЧ). Двухзвенный ПЧ на основе управляемого выпрямителя на входе и автономного инвертора напряжения (АИН) с шестиступенчатой формой выходного напряжения: временные диаграммы токов и напряжений, преимущества и недостатки. Двухзвенный ПЧ на основе неуправляемого выпрямителя (НВ) и АИН с ШИМ: временные диаграммы токов и напряжений, преимущества и недостатки. Процессы инверторного торможения в двухзвенном ПЧ с НВ на входе.

**Тема 2. Двухзвенные преобразователи с активным выпрямителем.**

Двухзвенный ПЧ на основе активного выпрямителя напряжения и АИН с ШИМ: временные диаграммы токов и напряжений, преимущества и недостатки. Двухзвенные ПЧ на основе АИТ с управляемым и активным выпрямителями тока на входе: временные диаграммы токов и напряжений, преимущества и недостатки.

**Тема3. Преобразователи частоты с коммутацией.**

Непосредственные ПЧ с естественной коммутацией: временные диаграммы токов и напряжений, основные соотношения, энергетические характеристики, преимущества и недостатки. Непосредственные ПЧ с принудительной коммутацией или матричные ПЧ: временные диаграммы токов и напряжений, регулировочная характеристика, преимущества и недостатки.

**Раздел 5. Системы управления силовыми вентильными преобразователями.**

**Тема 1. Системы управления вентильными преобразователями.**

Классификация систем управления вентильными преобразователями (ВП). Многоканальная синхронная система импульсно-фазового управления (СИФУ), основные ее узлы, преимущества и недостатки. Взаимодействие элементов многоканальной СИФУ на примере трехфазной мостовой схемы тиристорного выпрямителя.

**Тема 2. Система импульсно-фазового управления.**

Одноканальная синхронная система импульсно-фазового управления (СИФУ), основные ее узлы, преимущества и недостатки. Взаимодействие элементов одноканальной СИФУ на примере трехфазной нулевой схемы тиристорного выпрямителя. Асинхронные системы управления, основные их узлы и отличительные особенности

**Тема 3. Реверсивный широтно-импульсный преобразователь.**

Реверсивный широтно-импульсный преобразователь с симметричным и несимметричным способами управления. Временные диаграммы сигналов, регулировочные характеристики, сравнение способов управления.

## 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

### 3.4.1 Семинарские/практические занятия - нет

### 3.4.2 Лабораторные занятия

**Лабораторная работа №1.** Однофазный мостовой неуправляемый выпрямитель тока при активной и активно-индуктивной нагрузке: временные диаграммы, основные соотношения в схеме

**Лабораторная работа №2.** Определение основных характеристик трёхфазной двухполупериодной схемы выпрямления.

**Лабораторная работа №3.** Принцип работы и исследование работы однофазного и трехфазного мостового инверторов.

**Лабораторная работа №4.** Моделирование двухзвенных преобразователей с активным выпрямителем.

**Лабораторная работа №5.** Моделирование нереверсивных преобразователей.

**Лабораторная работа №6.** Исследование схем и способов управления реверсивными преобразователями напряжения.

**Лабораторная работа №7.** Исследование характеристик различных схем инверторов напряжения.

**Лабораторная работа №8.** Принципы управления выходным напряжением и его фильтрация в инверторе напряжения.

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) - нет

## 4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ IEC 60050-551-2022. МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. Международный электротехнический словарь. Часть 551. Силовая электроника. International electrotechnical vocabulary. Chapter 551. Power electronics. (IEC 60050-551:1998, IDT).
2. ГОСТ IEC 61800-9-2-2021. Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью. Часть 9–2. Энергоэффективность систем силовых электроприводов, пускателей электродвигателя, силовой электроники и электромеханических комплексов на их основе. Показатели энергоэффективности систем силовых электроприводов и пускателей электродвигателя.
3.ГОСТ 33323–2015 (IEC 61287–1:2005) Преобразователи полупроводниковые силовые для железнодорожного подвижного состава. характеристики и методы испытаний.
4. ГОСТ Р МЭК 61800-4-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью. Часть 4. Общие требования. Номинальные технические характеристики систем силовых приводов переменного тока свыше 1000 В и не более 35 кВ.
5. ГОСТ Р 59030–2020. Системы постоянного тока высокого напряжения. виды и методы испытаний.
6. ГОСТ 4.137–85. Система показателей качества продукции. Приборы полупроводниковые силовые. Номенклатура показателей
7. ГОСТ 2.709–89. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.

### 4.2 Основная литература

1. Ю.К. Рязанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. Силовая электроника. Учебник для ВУЗОВ. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009.- 631с.
2. М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. Преобразовательная техника. Учебное пособие. Издательский центр ЮУрГУ, 2009. - 425 с.
3. Силовая электроника. / Фролов В.Я., Смородинов В.В., Зверев С.Г.: Учеб. пособие. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 281 с.
4. Зиновьев Г. С. Основы силовой электроники: Учебник. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. Ч.1. - 199 с

### 4.3 Дополнительная литература

1. Силовая электроника. Краткий терминологический словарь под редакцией Ф.И. Ковалева. М: Издательство ОИСЭ, 2001г.
2. Розанов Ю.К. Силовая электроника: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Ю.К. Розанов, М.Г. Лепанов; под редакцией Ю.К. Розанова.-М.: Издательство Юрайт, 2021-206с.
3. Б. Ю. Семенов. Силовая электроника: от простого к сложному. - М.:
СОЛОН-Пресс, 2005. - 416 с.

### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

| Название ЭОР | Ссылка |
|---|---|
| Силовая электроника | https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=1790 |
| Силовая электроника. Часть II | https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=8412 |

Разработанный ЭОР включают промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog).

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/
2. Платформа nanoCAD – это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов *.dwg и IFC делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологий. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей https://www.nanocad.ru/support/education/
3. Система трехмерного моделирования «КОМПАС-3D» https://edu.ascon.ru/main/download/freeware/

4.MATLAB — пакет программ для имитационного моделирования работы электронных устройств;

5. simuLAB – пакет программ электронных устройств;
6. anylogic – пакет программ для имитационного моделирования/

### 4.5 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/

7. Электротехническая библиотека «Элек.ру» https://www.elec.ru/library/info/
8. Netelectro. Новости электротехники, оборудование. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. https://netelectro.ru/
9. Электроцентр. http://electrocentr.info/

# 5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами, интерактивными досками, мультимедийными проекторами и экранами:
В-307 и аудитории общего фонда. Для проведения лабораторных работ используются аудитория В-310, оснащенной мультимедийным проектором, экраном, ноутбуком, а также аудитории Инновационно-образовательного комплекса «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

# 6 Методические рекомендации

## 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.10 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

### 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

## 7 Фонд оценочных средств

### 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

**Форма промежуточной аттестации в седьмом семестре: зачет.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине «Промышленная электроника» проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Промышленная электроника»: выполнили и защитили лабораторные работы, а также выполнили тестовые задания в системе LMS.

**Форма промежуточной аттестации в восьмом семестре: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Промышленная электроника»: выполнили и защитили лабораторные работы, а также выполнили тестовые задания в системе LMS.

## 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации **«зачет»** и их описание:

| **Шкала оценивания** | **Критерий оценивания** |
|---|---|
| Зачтено | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Не зачтено | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации **«экзамен»** и их описание:

| ***Шкала оценивания*** | ***Критерий оценивания*** |
|---|---|
| *Отлично* | *Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.* |
| *Хорошо* | *Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2–3 несущественные ошибки.* |
| *Удовлетворительно* | *Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.* |

| | |
|---|---|
| *Неудовлетворительно* | *Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.* |

## 7.3 Оценочные средства

### 7.3.1 Текущий контроль

1. Подготовка к выполнению, проведение расчетов, оформление отчетов и защита шести лабораторных работ.
2. Выполнение промежуточного и итогового тестирования по основным разделам дисциплины в системе LMS.

### 7.3.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме **зачёта** проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Промышленная электроника»: выполнили и защитили лабораторные работы, а также выполнили тестовые задания в системе LMS.

Промежуточная аттестация проводится в форме письменного **экзамена** с последующим собеседованием по материалам ответа. Для допуска к экзамену студенты должны выполнить и защитить шесть лабораторных работ. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Список вопросов, выносимых на экзамен, выдается студентам на первом занятии. Для подготовки и написания ответа на билет студенту выделяется 40 минут. В процессе проведения собеседования студенту могут быть заданы дополнительные вопросы, не выходящие за рамки изученного курса.

**Вопросы к экзамену:**

1. Каковы основные функции систем управления?
2. Перечислите узлы, входящие в систему управления; каковы их основные функции?
3. Для чего стремятся снизить мощность сигналов, преобразуемых системами управления?
4. Какие основные задачи выполняют формирователи импульсов управления?
5. Перечислите способы обеспечения гальванической развязки между силовым ключом и формирователем импульса управления?
6. Какие преимущества имеют системы управления импульсных преобразователей с управлением по току?
7. Как будет изменяться модель регулятора при учете активного сопротивления реактора?
8. Будет ли влиять на фазовые траектории прерывистый режим тока в реакторе и почему?

9. Какие общие признаки объединяют силовые электронные преобразователи электроэнергии?

10. Приведите примеры структурных схем прямого и непрямого выпрямителей.

11. Перечислите основные электрические параметры следующих преобразователей электроэнергии: выпрямителя, преобразователя постоянного тока в постоянный, инвертора и преобразователя частоты.

12. Как определить средние значения выходного напряжения и тока в тиристорном однофазном однополупериодном выпрямителе?

13. Как изменится индуктивность реактора, включенного в качестве фильтра последовательно с нагрузкой трехфазного мостового выпрямителя чтобы уменьшить пульсацию?

14. Поясните причину повышения входного напряжения инвертора при увеличении тока.

15. Чем ограничено минимальное значение угла инвертирования в зависимом инверторе?

16. Как изменится угол управления тиристорами после перехода преобразователя в инверторный режим при сохранении неизменными параметров сети переменного тока, напряжения источника постоянного тока и среднего значения тока реактора?

17. Почему преобразователи частоты с естественной коммутацией тиристоров не могут иметь частоту выходного напряжения выше частоты входного напряжения?

18. Как влияет увеличение угла коммутации на выходное напряжение преобразователя?

19. Какие факторы влияют на синусоидальность выходного напряжения в прямом преобразователе частоты с естественной коммутацией тиристоров?

20. Какой вид коммутации используется в тиристорных регуляторах?

21. Как влияет коэффициент мощности нагрузки на диапазон регулирования угла в тиристорном регуляторе переменного тока?

22. Можно ли использовать один тиристор в схемах регуляторов переменного тока?

23. В чем заключается основной недостаток регулятора реактивной мощности на основе схемы со встречновключенными тиристорами?

24. Какое максимальное быстродействие имеют контакторы переменного тока на основе встречновключенных тиристоров?

25. Какими преимуществами обладает схема регулятора со встречновключенными тиристорами, переключающими обмотки автотрансформатора, по сравнению со схемой, содержащей только встречновключенные тиристоры?

26. Каким образом можно изменять выходное напряжение в транзисторном регуляторе непрерывного действия?

27. Какие факторы определяют высокие значения КПД и удельных массогабаритных показателей импульсных регуляторов по сравнению с непрерывными?

28. В какой схеме импульсного регулятора легче обеспечить низкий уровень пульсации входного тока?

29. Приведите примеры технических устройств с использованием импульсных регуляторов с изменением направления тока и полярности напряжения в нагрузке.

30. Укажите преимущества и недостатки полумостовой и мостовой схем регуляторов.

31. Какие недостатки имеет обратноходовой регулятор тока? Укажите способы их устранения.

32. Поясните принцип регулирования в обратноходовом регуляторе.

33. Перечислите основные преимущества схемы тока и поясните их диаграммами электромагнитных процессов.

34. В каких случаях целесообразно использовать схемы регуляторов постоянного тока с многоканальным повышением выходного напряжения?

35. Какие преимущества имеет комбинированный регулятор с бестрансформаторным входом?

36. В каких случаях целесообразно использовать схемы регуляторов с магнитными ключами?

37. Перечислите характерные различия инверторов напряжения и тока.

38. Какую функцию выполняют “обратные” диоды в инверторах напряжения?

39. Как влияет на гармонический состав выходного напряжения широтно – импульсное регулирование?

40. Какими способами можно регулировать выходное напряжение инвертора тока?

41. В чем принципиальное различие алгоритмов широтно – импульсного регулирования напряжения инверторов тока и напряжения?

42. Начертите схему регулятора переменного тока с ШИМ, повышающего выходное напряжения.

43. Перечислите основные методы ШИМ для обеспечения синусоидальности тока или напряжения.

44. В чем отличие однополярной модуляции напряжения от двухполярной?

45. Сколько комбинаций состояния ключей существует в схеме однофазного мостового инвертора напряжения при однополярной ШИМ?

46. Сколько комбинаций состояния ключей при ШИМ возникает в трехфазном инверторе тока?

47. Дайте определение пространственному вектору трехфазной системы напряжений.

48. Поясните принцип организации ШИМ в системах с пространственным вектором.

49. Какие устройства и элементы лежат в основе силовой части активных фильтров?

50. Чем определяется максимальная мощность активной части гибридного фильтра?

51. Какие основные функции выполняет гибридный фильтр?

52. Дайте сравнительную характеристику систем управления с ШИМ, работающих с разомкнутым и замкнутым по току нагрузки контурами.

53. Какие основные функции выполняет микроконтроллер в системе управления с ШИМ пространственного вектора?

54. Какой принцип положен в основу резонансных преобразователей и какими преимуществами они обладают по сравнению с другими схемами?

55. Для чего и в каких схемах используются двунаправленные ключи в резонансных инверторах?

56. Перечислите способы регулирования выходного напряжения в инверторах с последовательным резонансным контуром.

57. В чем состоит принцип действия квазирезонансных преобразователей?

58. Перечислите достоинства и недостатки инверторов с резонансным звеном на стороне постоянного тока.

59. Какие условия необходимо выполнять при функционировании параллельно включенных инверторов?

60. Какими способами осуществляется синхронизация частоты параллельно работающих инверторов?

61. В чем состоит принцип умножения напряжения в выпрямителях на основе диодно – конденсаторных ячеек?

62. Дайте характеристику топологий многоуровневых инверторов.

63. Поясните принцип соединения многоуровневых инверторов без диодной блокировки.

64. Принцип работы выпрямительных устройств современных генераторных установок.

65. Составьте упрощенную модель линии электропередачи на основе сосредоточенных параметров и поясните их влияние на процесс передачи электроэнергии.

66. Перечислите способы компенсации реактивной мощности при ее передаче.

67. Перечислите основные показатели качества электроэнергии.

68. Каким образом следует управлять элементами фотоэлектрических преобразователей?

69. Из каких основных устройств состоит ветроэнергетическая установка?

70. Дайте сравнительную характеристику методов управления, основанных на преобразователях с коммутацией от сети переменного тока и импульсных преобразователей постоянного тока.