

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Промышленная электроника и микропроцессорная техника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ**  
**УСТАНОВКИ**

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Блок:                             | Блок 1 «Дисциплины (модули)»                             |
| Часть образовательной программы:  | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану:   | Б1.Ч.01.02.01  |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 3 семестр - 5;   |
| Часов (всего) по учебному плану:  | 180 часов  |
| Лекции                            | 3 семестр - 32 часа;                                     |
| Практические занятия              | 3 семестр - 32 часа;                                     |
| Лабораторные работы               | не предусмотрено учебным планом                          |
| Консультации                      | 3 семестр - 2 часа;                                      |
| Самостоятельная работа            | 3 семестр - 113,5 часов;                                 |
| в том числе на КП/КР              | не предусмотрено учебным планом                          |
| Иная контактная работа            | проводится в рамках часов аудиторных занятий             |
| включая:                          |  |
| Контрольная работа                |  |
| Промежуточная аттестация:         |  |
| Экзамен                           | 3 семестр - 0,5 часа;                                    |

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Серегин Д.А.                 |
|  | Идентификатор                                      | R5209bc37-SereginDA-9c53cea2 |

Д.А. Серегин

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Рашитов П.А.                  |
|  | Идентификатор                                      | R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c |

П.А. Рашитов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Асташев М.Г.                  |
|  | Идентификатор                                      | R7a29e524-AstashevMG-0583186f |

М.Г. Асташев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение принципов функционирования и расчета полупроводниковых преобразователей для питания электротехнологических установок.

### Задачи дисциплины

- Приобретение навыков по проектированию источников питания электротехнологических установок;
- Освоение методов расчета и моделирования систем регулирования источников питания электротехнологических установок;
- Изучение средств защиты источников питания электротехнологических установок.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Запланированные результаты обучения  |
|--|--|--|
| ПК-1 Способен проводить и сопровождать работы по проектированию устройств электроники и наноэлектроники в соответствии с требованиями технического задания | ИД-3ПК-1 Умеет анализировать, исследовать и разрабатывать схемы узлов и блоков устройства электроники и наноэлектроники на основе технического задания | знать:<br>- Принципы электромагнитной совместимости в преобразовательной установке.;<br>- Структуру электротехнологической преобразовательной установки..<br><br>уметь:<br>- Проектировать и рассчитывать замкнутые системы регулирования электротехнических преобразовательных установок;<br>- Проектировать и рассчитывать средства защиты силовых полупроводниковых ключей. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Промышленная электроника и микропроцессорная техника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Способы регулирования выходных величин электротехнических преобразовательных установок
- знать Средства защиты электротехнических преобразовательных установок
- уметь Проектировать и рассчитывать системы регулирования электротехнических преобразовательных установок
- уметь Проектировать и рассчитывать средства защиты электротехнических преобразовательных установок

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации                          | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания   |   |  |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|---|--|
|       |   |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |  |   |  |
|       |   |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |  |   |  |
| КПР   | ГК  | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |  |   |  |
| 1     | 2   | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15   |   |  |
| 1     | Структура преобразовательной установки. Технические требования                  | 16                    | 3       | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение технических требований к преобразовательным установкам и стандартов. |   |  |
| 1.1   | Структура преобразовательной установки. Технические требования                  | 16                    |         | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 10                                |  | - |  |
| 2     | Замкнутые системы регулирования   | 45                    |         | 8  | -   | 12 | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 25                                |  | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Критерии устойчивости. Методы синтеза систем управления. Методы коррекции системы с обратными связями     |
| 2.1   | Замкнутые системы регулирования   | 45                    |         | 8  | -   | 12 | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 25                                |  | - |  |
| 3     | Средства защиты силовых полупроводниковых ключей и преобразовательной установки | 34                    |         | 8  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 20                                |  | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Основные схемные решения. Современные и перспективные решения. Понятие об интеллектуальных силовых ключах |
| 3.1   | Средства защиты силовых полупроводниковых ключей и преобразовательной установки | 34                    |         | 8  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 20                                |  | - |  |
| 4     | Электромагнитная  | 49                    | 12      | -  | 12  | -  | -            | - | -   | -  | -  | 25                | -                                 | <b><u>Самостоятельное изучение</u></b>   |   |  |

|     |   |              |           |          |           |          |          |          |            |              |           |             |      |   |
|-----|---|--------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|------------|--------------|-----------|-------------|------|---|
|     | совместимость.<br>Защита ЭПУ по входу.                  |              |           |          |           |          |          |          |            |              |           |             |      | <i>теоретического материала:</i> Типовые схемы фильтров. Выбор фильтра. Готовые фильтры как законченные блоки. Выпускаемые в настоящее время фильтры (примеры). |
| 4.1 | Электромагнитная совместимость.<br>Защита ЭПУ по входу. | 49           | 12        | -        | 12        | -        | -        | -        | -          | -            | -         | 25          | -    |   |
|     | Экзамен   | 36.0         | -         | -        | -         | -        | 2        | -        | -          | 0.5          | -         | -           | 33.5 |   |
|     | <b>Всего за семестр</b>                                 | <b>180.0</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>2</b> | <b>-</b> | <b>-</b>   | <b>0.5</b>   | <b>80</b> | <b>33.5</b> |      |   |
|     | <b>Итого за семестр</b>                                 | <b>180.0</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>32</b> | <b>2</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.5</b> | <b>113.5</b> |           |             |      |   |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Структура преобразовательной установки. Технические требования

1.1. Структура преобразовательной установки. Технические требования  
Виды электротехнологических процессов. Структура электротехнологической преобразовательной установки (ЭПУ) Технические требования к ЭПУ.

#### 2. Замкнутые системы регулирования

##### 2.1. Замкнутые системы регулирования

Замкнутые системы регулирования выходных величин ЭПУ. Принцип управления по отклонению (ошибке) управляемой величины. Регулятор тока на базе ШИМ преобразователя. Принцип построения, статическая характеристика. Замкнутая система подчиненного регулирования напряжения с внутренним контуром регулирования Принцип построения, статическая характеристика. Требование к системе регулирования. Устойчивость. Качество переходных процессов. Релейная система регулирования. Гистерезисный регулятор тока. Построение, принцип работы. Релейный регулятор тока по нижнему уровню. Релейный регулятор тока по верхнему уровню (управление по пиковому току).

#### 3. Средства защиты силовых полупроводниковых ключей и преобразовательной установки

3.1. Средства защиты силовых полупроводниковых ключей и преобразовательной установки

Причины возникновения токовых перегрузок. Обнаружение токовых перегрузок и принципы построения защиты. Причины возникновения импульсных перенапряжений в преобразователе и средства защиты транзисторов от перенапряжений. Пассивные цепи снабберов. Активное ограничение..

#### 4. Электромагнитная совместимость. Защита ЭПУ по входу.

##### 4.1. Электромагнитная совместимость. Защита ЭПУ по входу.

Электромагнитная совместимость, основные понятия. Виды помех: синфазные, дифференциальные. Понятие устойчивости ЭПУ к воздействию электромагнитных помех. Принципы построения защиты ЭПУ по входу. Фильтры.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Релейный регулятор тока по верхнему уровню (управление по пиковому току);
2. Виды электротехнологических процессов;
3. Релейный регулятор тока по нижнему уровню.;
4. Структура электротехнологической преобразовательной установки (ЭПУ);
5. Причины возникновения импульсных перенапряжений в преобразователе и средства защиты транзисторов от перенапряжений. Пассивные цепи снабберов. Активное ограничение.;
6. Релейная система регулирования. Гистерезисный регулятор тока. Построение, принцип работы;
7. Причины возникновения токовых перегрузок. Обнаружение токовых перегрузок и принципы построения защиты.;
8. Требование к системе регулирования. Устойчивость. Качество переходных процессов.;

9. Замкнутая система подчиненного регулирования напряжения с внутренним контуром регулирования Принцип построения, статическая характеристика.;
10. Замкнутые системы регулирования выходных величин ЭПУ. Принцип управления по отклонению (ошибке) управляемой величины. Регулятор тока на базе ШИМ преобразователя. Принцип построения, статическая характеристика;
11. Электромагнитная совместимость, основные понятия. Принципы построения защиты ЭПУ по входу.;
12. Технические требования к ЭПУ.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации по теме "Структура преобразовательной установки. Технические требования". Примеры, группы требований
2. Синтез (расчет) замкнутых систем. Последовательность синтеза системы управления
3. Типовые методы защиты. Схемы защитных цепей - по силовым цепям; по цепям управления
4. Расчет фильтров. Типовые задачи расчета. Типовые схемы фильтра

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)                           | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование)  |
|--|------------------|---|---|---|---|---|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 |   |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |
| Структуру электротехнологической преобразовательной установки.   | ИД-3ПК-1         | +   |   |   |   | Контрольная работа/Структура электротехнологической преобразовательной установки. Технические требования  |
| Принципы электромагнитной совместимости в преобразовательной установке.                                      | ИД-3ПК-1         |   |   |   | + | Контрольная работа/Электромагнитная совместимость, основные понятия. Принципы построения защиты по входу преобразователя. Средства защиты от помех, возникающих в питающей сети |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |   |
| Проектировать и рассчитывать средства защиты силовых полупроводниковых ключей                                | ИД-3ПК-1         |   |   | + |   | Контрольная работа/Средства защиты силовых полупроводниковых ключей   |
| Проектировать и рассчитывать замкнутые системы регулирования электротехнических преобразовательных установок | ИД-3ПК-1         |   | + |   |   | Контрольная работа/Замкнутые системы регулирования  |



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Замкнутые системы регулирования (Контрольная работа)
2. Средства защиты силовых полупроводниковых ключей (Контрольная работа)
3. Структура электротехнологической преобразовательной установки. Технические требования (Контрольная работа)
4. Электромагнитная совместимость, основные понятия. Принципы построения защиты по входу преобразователя. Средства защиты от помех, возникающих в питающей сети (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Мелешин, В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин . – М. : Техносфера, 2006 . – 632 с. – (Мир электроники) . - ISBN 5-948360-51-2 .;
2. Мелешин, В. И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В. И. Мелешин, Д. А. Овчинников . – М. : Техносфера, 2011 . – 576 с. – (Мир радиоэлектроники) . - ISBN 978-5-94836-260-1 .;
3. Попков О.З. - "Основы преобразовательной техники", (3-е изд., стереот.), Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2010 - (200 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72254](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72254).

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
12. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование                 | Оснащение   |
|---|---|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                       | сервер, кондиционер   |
|   | А-312, Учебная аудитория "А"                  | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая   |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                       | сервер, кондиционер   |
|   | А-312, Учебная аудитория "А"                  | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая   |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                       | сервер, кондиционер   |
|   | А-312, Учебная аудитория "А"                  | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая   |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | НТБ-201, Компьютерный читальный зал           | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер                      |
| Помещения для консультирования  | Е-324/2, Преподавательская каф. "Пром.эл"     | кресло рабочее, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря                | Е-324/5, Методический кабинет каф. "Пром.эл." | парта, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук                                  |

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Электротехнологические преобразовательные установки**

(название дисциплины)

**3 семестр****Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Структура электротехнологической преобразовательной установки. Технические требования (Контрольная работа)
- КМ-2 Замкнутые системы регулирования (Контрольная работа)
- КМ-3 Средства защиты силовых полупроводниковых ключей (Контрольная работа)
- КМ-4 Электромагнитная совместимость, основные понятия. Принципы построения защиты по входу преобразователя. Средства защиты от помех, возникающих в питающей сети (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 16   |
| 1             | Структура преобразовательной установки. Технические требования                  |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Структура преобразовательной установки. Технические требования                  |            | +    |      |      |      |
| 2             | Замкнутые системы регулирования   |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Замкнутые системы регулирования   |            |      | +    |      |      |
| 3             | Средства защиты силовых полупроводниковых ключей и преобразовательной установки |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Средства защиты силовых полупроводниковых ключей и преобразовательной установки |            |      |      | +    |      |
| 4             | Электромагнитная совместимость. Защита ЭПУ по входу.                            |            |      |      |      |      |
| 4.1           | Электромагнитная совместимость. Защита ЭПУ по входу.                            |            |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 15   | 15   | 30   | 40   |