

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль «Робототехника в электромеханических системах»
РПД Б1.В.04 «Силовые преобразователи энергии»



**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
канд. техн. наук, доцент
В.В. Рожков
«06» 03 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Силовые преобразователи энергии

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль: «Робототехника в электромеханических системах»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Год набора: 2026

Смоленск

Программа составлена с учетом ОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного ректором ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Н.Д. Роголевым 20.12.2023.

Программу составил:



подпись

к.т.н., доцент И.С. Саватеева
ФИО

« 24 » февраля 2026 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электромеханических систем»
« 25 » февраля 2026 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой «Электромеханических систем»:



подпись

к.т.н., доцент В.В. Рожков
ФИО

« 05 » марта 2026 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе
с ЛОВЗ и инвалидами**



подпись

зам. начальника УУ Е.В. Зуева
ФИО

« 05 » марта 2026 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является решение обучающимися проектных задач профессиональной деятельности в части формирования знаний по видам и основным областям применения преобразователей электрической энергии, необходимых для инженерной оценки функциональных показателей и энергетических характеристик преобразователей, приобретения навыков исследования их работы, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией робототехнических систем.

Задачи: изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения на практике теоретических знаний, позволяющих:

- иметь представление о способах преобразования электрической энергии в зависимости от функционального назначения преобразователя и технических условий его применения;
- описывать основные электромагнитные процессы и проводить расчеты по определению параметров преобразователей электроэнергии;
- выполнять построение характеристик преобразователей для различных режимов их работы;
- самостоятельно проводить испытания преобразователей электрической энергии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Силовые преобразователи энергии» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- Электрические машины;
- Элементы систем автоматики;
- Электрические и электронные аппараты;
- Силовая электроника;
- Основы механики роботов.

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной:

- Специальные электрические машины для средств автоматизации (факультативно).

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-4. Готов определять параметры оборудования робототехнических систем (их компонентов)	ПК-4.1 Применяет средства определения параметров оборудования робототехнических систем (их компонентов)	Знает: основные типы силовых преобразователей энергии, применяемых в электроприводах роботов Умеет: описывать электромагнитные процессы и проводить расчеты по определению параметров преобразователей электроэнергии

		Владеет: способностью рассчитывать параметры и режимы работы преобразователей энергии в робототехнических системах
	ПК-4.2 Использует полученную от электромеханического объекта информацию для определения параметров оборудования робототехнических систем (их компонентов)	Знает: схемные решения полупроводниковых преобразователей и особенности их работы Умеет: проводить испытания преобразователей электрической энергии Владеет: способностью определять состав оборудования, его параметры и характеристики

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	Лекционные занятия: 1.1. Сравнительная характеристика электромашинных и статических преобразователей электроэнергии. Основные характеристики, статические и динамические параметры, области применения. 1.2. Статические преобразователи электроэнергии. Реверсивные выпрямители. Особенности работы и характеристики при раздельном и совместном управлении. Ограничения, накладываемые процессом коммутации тока. Импульсные преобразователи постоянного тока. Основные характеристики. 1.3. Управляемые преобразователи для низковольтных систем электроприводов переменного тока и их возможности. Тиристорный регулятор напряжения переменного тока. Устройства плавного пуска и торможения асинхронных двигателей. 1.4. Преобразователи частоты с непосредственной связью. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока. Улучшение формы выходного напряжения. Коэффициент мощности и КПД преобразователей. Высоковольтные преобразователи. 1.5. Электромагнитная совместимость электрооборудования. Способы обеспечения электромагнитной совместимости. Электромеханическая совместимость электродвигателей с силовыми полупроводниковыми преобразователями.
2	Лабораторные работы: 2.1. Исследование характеристик генератора постоянного тока. 2.2. Исследование характеристик электромашинного усилителя 2.3 Исследование характеристик тиристорного преобразователя напряжения переменного тока в постоянный. 2.4. Исследование характеристик импульсного преобразователя 2.5. Исследование характеристик преобразователя частоты.
3	Практические занятия: 3.1. Особенности работы и характеристики реверсивных выпрямителей при раздельном и совместном управлении. Ограничения, накладываемые процессом коммутации тока. 3.2. Импульсные преобразователи постоянного тока. Основные характеристики. 3.3. Тиристорный регулятор напряжения переменного тока. Устройства плавного пуска и торможения асинхронных двигателей 3.4 Преобразователи частоты. Улучшение формы выходного напряжения. 3.5 Способы и устройства обеспечения электромагнитной совместимости.
4	Расчетно-графическая работа на тему «Расчет характеристик преобразователя».
5	Самостоятельная работа студентов: 5.1. Подготовка к защите лабораторных работ. 5.2. Подготовка к контрольной работе. 5.3. Выполнение расчетно-графической работы 5.4. Подготовка к экзамену по дисциплине. (оценочные материалы приведены в разделе 6 настоящей РПД).

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция в формате мультимедийных презентаций. Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине
2	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений.
3	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде) Допуск к лабораторной работе. Технология проблемного обучения на основе анализа результатов лабораторной работы: индивидуальный опрос, собеседование в малой группе (бригаде), представление студентом результатов лабораторной работы в форме отчета
4	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
5	Контроль (промежуточная аттестация: экзамен)	Технология устного опроса

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости:

Примеры вопросов к защите лабораторных работ:

1. Изобразите принципиальную схему заданного преобразователя.
2. Как действует поперечная реакция якоря в насыщенной и ненасыщенной машине?
3. Какие факторы влияют на вид внешних характеристик генератора?
4. Поясните назначение каждой из обмоток электромашинного усилителя.
5. Чем объясняется нелинейность результирующей характеристики управления электромашинного усилителя на начальном участке?
6. Какие негативные последствия имеет работа электропривода в режиме прерывистого тока?
7. Чем отличаются регулировочные характеристики тиристорного преобразователя при отсутствии и наличии дросселя в цепи нагрузки?

8. Как осуществляется регулирование напряжения в частотно- и широтно- импульсных преобразователях?
9. Чем определяется средняя величина напряжения на выходе импульсного преобразователя с параллельно-емкостной коммутацией?
10. Какие факторы оказывают влияние на диапазон регулирования частоты НПЧ?

Примеры вопросов контрольной работы:

1. В чем состоит принципиальное отличие полупроводникового и электромашинного преобразователя с точки зрения КПД?
2. Полупроводниковые преобразователи энергии являются статическими и бесконтактными. Что под этим подразумевается?
3. В чем проявляется негативное влияние работы преобразователей частоты на двигатели.
4. Как обеспечиваются тормозные режимы работы в электроприводе с преобразователями частоты?
5. Для чего вводится ограничение угла управления в регулировочной характеристике реверсивного тиристорного преобразователя?
6. Зачем нужен реактор в цепи уравнивающего тока реверсивного тиристорного преобразователя при совместном управлении и какие отрицательные последствия имеет его применение?
7. Для чего применяют нелинейное согласование характеристик при совместном управлении в реверсивном тиристорном преобразователе и какие отрицательные последствия это имеет?
8. Поясните, как Вы понимаете разницу понятий помехоустойчивость и помехозащищенность? .
9. С чем связано наличие проблемы электромагнитной совместимости при использовании СПП?
10. Перечислите основные способы обеспечения электромагнитной совместимости в полупроводниковых преобразователях.

Краткое содержание расчетно-графической работы:

Тема расчетно-графической работы «Расчет характеристик преобразователей».

В качестве преобразователей, характеристики которых подлежат расчету, задаются тиристорный преобразователь напряжения переменного тока в постоянный и двухзвенный преобразователь частоты с автономным инвертором напряжения или тока.

При выполнении расчетно-графической работы студентами решаются следующие задачи:

- расчет параметров заданного преобразователя;
- расчет и построение характеристик преобразователей.

Примеры вопросов к защите РГР:

1. Поясните принцип действия заданной схемы преобразователя.
2. От чего зависит вид характеристик управления преобразователя?
3. Какие факторы влияют на вид внешних характеристик преобразователя?
4. Какие параметры влияют на жесткость внешней характеристики преобразователя?
5. Как описывается внешняя характеристика преобразователя в режиме непрерывного тока?
6. От чего зависит величина зоны прерывистых токов в управляемом выпрямителе?
7. Каково назначение сглаживающего дросселя?
8. Какой может быть длительность интервала проводимости ключей в трехфазной мостовой схеме АИН?
9. Какие факторы влияют на форму выходного напряжения ДПЧ?
10. Почему при частотном регулировании асинхронного двигателя требуется согласованное изменение выходной частоты и напряжения преобразователя?

Оценочные средства для промежуточной аттестации:

Перечень вопросов к экзамену по дисциплине:

1. Силовые преобразователи энергии. Классификация.
2. Электромашинный преобразователь на основе генератора постоянного тока.
3. Статические преобразователи электроэнергии. Достоинства и недостатки полупроводниковых преобразователей.
4. Преимущества асинхронных двигателей. Требования, предъявляемые к асинхронным электроприводам.
5. Реверсивные выпрямители. Схемные решения. Способы управления комплектами вентилялей.
6. Преимущества и недостатки совместного управления комплектами вентилялей.
7. Характеристики СИФУ и реверсивного преобразователя при различном согласовании.
8. Преимущества и недостатки отдельного управления.
9. Внешние и регулировочные характеристики реверсивного преобразователя при отдельном управлении.
10. Функциональная схема реверсивного преобразователя с отдельным управлением
11. Импульсные преобразователи постоянного тока. Способы управления и характеристики.
12. Управляемые преобразователи для электроприводов переменного тока.
13. Устройства плавного пуска и торможения асинхронных двигателей.
14. Классификация частотных преобразователей.
15. Силовая схема двухзвенного ПЧ и его внешних соединений.
16. Тормозные режимы работы электропривода с ПЧ.
17. Активный выпрямитель напряжения. Выполняемые функции.
18. Непосредственные преобразователи частоты. Достоинства и недостатки НПЧ с естественной коммутацией.
19. Матричные преобразователи. Достоинства МПЧ.
20. Негативное влияние работы преобразователей частоты на двигатели.
21. Гармонический состав тока, потребляемого силовыми преобразователями из сети.
22. Показатели качества электроэнергии.
23. Высоковольтные преобразователи частоты – варианты исполнения.
24. Бестрансформаторные схемы высоковольтных преобразователей частоты. Реализация. Достоинства и недостатки.
25. Двухтрансформаторные схемы высоковольтных преобразователей частоты. Реализация. Достоинства и недостатки.
26. Фильтры в силовых преобразователях. Назначение, реализация.
27. Электромагнитная совместимость. Основные понятия.
28. Источники и приемники помех.
29. Способы помехозащиты в вентильных преобразователях.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – **экзамен**.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным

письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему 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; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, 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 продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Для лекций и практических занятий:

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Для проведения занятий лабораторного типа используется специализированная лаборатория: лаборатория Б -113 «Силовые преобразователи», расположенная по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр., д.1, Здание энергетического института (лабораторный корпус № 2).

Лаборатория оснащена пятью лабораторными стендами. В основное оборудование лаборатории входит следующая аппаратура, необходимая для проведения лабораторных работ по дисциплине «Силовые преобразователи энергии»: электромашинные преобразователи - генератор постоянного тока; электромашинный усилитель; статические преобразователи - трехфазный тиристорный преобразователь напряжения, импульсный преобразователь постоянного тока, непосредственный преобразователь частоты; трансформаторы, реакторы; маломощные электродвигатели, используемые в качестве нагрузки преобразователей; измерительные приборы, осциллографы.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;

- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Справочник по силовой электронике [электронный ресурс] /Розанов Ю.К. Воронин П.А. Рывкин С.Е. Чаплыгин Е.Е. - М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - 474 с. Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=230> Текст: электронный.
2. Ветров, В.И. Преобразователи энергии: учебное пособие. / В.И. Ветров, А.В. Белоглазов ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 128 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575665> Текст: электронный.

Дополнительная литература.

1. Совершенствование полупроводниковых преобразователей в системах автоматизированного электропривода [электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://electricalschool.info/main/drugoe/1465-sovershenstvovanie-poluprovodnikovyykh.html> Текст:
электронный.

2. Онищенко Г. Б. Силовая электроника. Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения: учеб. пособие для магистров и бакалавров напр. 13.03.02 и 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника" / Г.Б. Онищенко, О.М. Соснин. — М. : ИНФРА-М, 2016 .— 120, [2] с. : ил .— (Высшее образование Бакалавриат)

Список авторских методических разработок.

1. Саватеева И.С. Исследование характеристик преобразователей. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Силовые преобразователи энергии». (расположены на кафедральных ресурсах (ауд. В-117) и передаются обучающимся на 1-й лекции для подготовки к занятиям).

2. Саватеева И.С. Методические указания к расчетно-графической работе по курсу «Силовые преобразователи энергии». (расположены на кафедральных ресурсах (ауд. В-117) и передаются обучающимся на 1-й лекции для самостоятельного изучения дисциплины).



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер из- ме- не- 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
	из- ме- нен- ных	за- ме- нен- ных	но- вых	ан- ну- ли- ро- ванн ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10