

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроэнергетические системы, сети,
электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность»
РПД Б1.В.04 «Электропередачи и вставки постоянного тока»



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

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
по учебно-методической работе
филиала ФГБОУ ВО
«ННУ «МЭИ» в г. Смоленске

В.В. Рожков

« 10 » 20 21 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ВСТАВКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Магистерская программа «Электроэнергетические системы, сети, электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность»

Уровень высшего образования: магистратура

Нормативный срок обучения: 2 года

Форма обучения: очная

Год набора: 2022


Смоленск

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроэнергетические системы, сети,
электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность»
РПД Б1.В.04 «Электропередачи и вставки постоянного тока»



Программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки / специальности 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от «28» февраля 2018 г. № 147


Программу составил:


_____ к.т.н., доц. Ковженкин В.С.
подпись _____ ФИО

« 27 » сентября 2021 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетические системы»
« 29 » сентября 2021 г., протокол № 2


Заведующий кафедрой «Электроэнергетические системы»:


_____ к.т.н., доцент Р.В. Солопов
подпись _____ ФИО

« 08 » октября 2021 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

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


_____ зам. начальника УУ _____ Е.В. Зуева
подпись _____ ФИО

« 08 » октября 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины – подготовка обучающихся к проектной деятельности по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений, навыков.

Задачи дисциплины – теоретическое и практическое освоение технологии преобразования постоянного тока в переменный, переменного в постоянный, формирование знаний в особенностях конструктивного и схемного исполнения электропередачи и вставок постоянного тока в энергосистемах в освоении режимных характеристик системы автоматического регулирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Электропередачи и вставки постоянного тока относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

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

Б1.В.ДВ.01.01 Устойчивость и надежность электроэнергетических систем

Б1.В.ДВ.01.02 Современная концепция электробезопасности и способы ее обеспечения

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

Б1.В.02 Современные устройства релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем

Б2.В.03(П) Проектная практика

Б2.В.04(Пд) Преддипломная практика

Б3.01 Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

ФТД.01 Методология научного творчества

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС 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-3. Способен формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства расчета, моделирования и автоматизации при проектировании электрических сетей и электроэнергетических систем	ПК-3.1 Формулирует технические задания при решении учебных задач проектирования электрических сетей и электроэнергетических систем	Знает: перечни государственных стандартов и технических условий на применяемое электрооборудование Умеет: применять требования нормативных документов и методологические основы для расчета электротехнических объектов Владеет: навыками практического применения правовых норм

	ПК-3.2 Разрабатывает и использует средства расчета, моделирования и автоматизации при решении учебных задач проектирования электрических сетей и электроэнергетических систем	Знает: основные и дополнительные способы расчета характеристик электрооборудования Умеет: использовать основные и альтернативные методы оценки свойств Владеет: расчетными навыками основных и альтернативных методов оценки технических решений
--	---	--

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Магистерская программа «Электроэнергетические системы, сети,
 электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность»
 РПД Б1.В.04 «Электропередачи и вставки постоянного тока»



4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура дисциплины:

№	Индекс	Наименование	Семестр 1										Семестр 2										Итого за курс						Каф.	Семестры											
			Контроль	Академических часов								з.е.	Неделя	Контроль	Академических часов								з.е.	Неделя																	
				Всего	Кон такт.	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Конт роль				Всего	Кон такт.	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Конт роль			Всего																
9	Б1.В.04	Электропередачи и вставки постоянного тока	Эк РГР	216	66	34	16	16		105	45	6																	Эк РГР	216	66	34	16	16		105	45	6		12	1

ОБОЗНАЧЕНИЯ:

Виды промежуточной аттестации (виды контроля):

Экз – экзамен;

ЗаО – зачет с оценкой;

За – зачет;

Виды работ:

Контакт. – контактная работа обучающихся с преподавателем;

Лек. – лекционные занятия;

Лаб.– лабораторные работы;

Пр. – практические занятия;

КРП – курсовая работа (курсовой проект);

РГР – расчетно-графическая работа (реферат);

СР – самостоятельная работа студентов;

з.е.– объем дисциплины в зачетных единицах.

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	лекционные занятия 17 шт. по 2 часа: 1.1. Возможные области применения электропередач и вставок постоянного тока. Отличие в передаче электроэнергии переменным и постоянным током. 1.2. Принципиальные схемы передач постоянного тока. Униполярная и биполярная ППТ. Назначение выпрямителя и инвертора. 1.3. Вентильный мост основной агрегат преобразовательной подстанции. Каскадное включение мостов. 1.4 Работа одномостового преобразователя в выпрямительном режиме. 1.5. Нормальные режимы преобразовательного моста. Методы исследования электромагнитных процессов в мостовой схеме. 1.6 Внешняя характеристика выпрямительного моста. 1.7 Работа одномостового преобразователя в инверторном режиме. 1.8 Совместная работа выпрямителя и инвертора. 1.9.Основное оборудование преобразовательных подстанций и линий постоянного тока. 1.10. Характеристики основного оборудования ППТ и ВПТ. Конструкция тиристорных вентилей и их параметры. Система управления, защиты и автоматики преобразовательного агрегата. 1.11. Энергетические характеристики электропередач постоянного тока. 1.12. Токи и напряжения в сетевых и вентильных обмотках трансформаторов преобразователей. 1.13. Электрические параметры и эквивалентные схемы воздушных и кабельных линий постоянного тока. 1.14. Гармоники напряжения и тока на выходе преобразовательных подстанций и в линии ППТ. 1.15. Компенсация реактивной мощности. Фильтры на стороне переменного тока. 1.16. Особенности ВИП как объекта автоматического управления 1.17. Применение звена постоянного тока для изменения характеристик передач переменного тока.
2	лабораторные работы 8 шт. по 2 часа: 2.1. Неуправляемые выпрямители однофазного тока. 2.2 Неуправляемые выпрямители трехфазного тока. 2.3. 12-пульсные выпрямители. 2.4. Управляемые однофазные выпрямители. 2.5. Управляемые трехфазные выпрямители. 2.6. Однофазный мостовой инвертор. 2.7. Трехфазный мостовой инвертор. 2.8. Трехфазный мостовой инвертор на полностью управляемых вентилях.
3	практические занятия 8 шт. по 2 часа: 3. 1 Расчет нормального режима одиночного преобразователя работающего в режиме выпрямителя. 3.2. Расчет энергетических характеристик преобразователя. 3.3 Расчет нормального режима электропередачи постоянного тока. 3.4. Расчет энергетических характеристик ППТ. 3.5. Расчет токов и напряжений высших гармоник для 6 пульсных схем. 3.6. Расчет токов и напряжений высших гармоник для 12 пульсных схем.

	3.7. Расчет устройств компенсации реактивной мощности и мощности искажения. 3.8. Расчет фильтров высших гармоник.
4	расчетно-графическая работа: Расчет нормального режима электропередачи постоянного тока
5	Самостоятельная работа студентов: 5.1. Принципиальные отличия в передаче электроэнергии переменным и постоянным током. 5.2. Тиристоры. Характеристики открываемого тиристора. 5.3. Полностью управляемые тиристоры. 5.4. Схема управления ВТВ. 5.5. Линейные реакторы. 5.6. Преобразовательные трансформаторы. 5.7. Измерительные трансформаторы постоянного тока.

Текущий контроль: опрос, защита лабораторных работ.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине
	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений
	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде) Допуск к лабораторной работе
	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
	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

Вопросы к защите лабораторных работ:

1. Мостовая схема однофазного выпрямителя.
2. Временные диаграммы токов и напряжений при активной нагрузке.
3. Схема трехфазного мостового выпрямителя (схема Ларионова).
4. Временные диаграммы токов и напряжений при активной нагрузке в схеме Ларионова.
5. Способы регулирования напряжения выпрямителей и инверторов.
6. Обрыв двух вентилях: один в катодной группе фазы А, другой в анодной группе фазы В.

Нагрузка активная. Построить потенциалы, форму выпрямленного напряжения и напряжения на поврежденном вентилю катодной группы.

7. Обрыв одного вентиля в катодной группе. Построить потенциалы, форму выпрямленного напряжения и напряжения на поврежденном вентилю.

8. Сглаживающие фильтры. Основные понятия.
9. Индуктивный фильтр.
10. Емкостный фильтр.
11. Г-образный фильтр.
12. П-образный фильтр.
13. Резонансный фильтр.
14. Инверторы тока.
15. Инверторы напряжения.
16. Инверторы ведомые сетью.

Оценочные средства промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – экзамен

Примерные вопросы к экзамену:

1. Возможные области применения электропередач и вставок постоянного тока.
2. Схемы электропередач и вставок постоянного тока.
3. Элементы преобразовательного моста.
4. Возможные способы увеличения мощности мостов постоянного тока.
5. Возможные схемы выполнения электропередач постоянного тока. Униполярная и биполярная передачи.
6. Биполярная передача с последовательным и параллельным отбором мощности.
7. Автоматическая система регулирования электропередач и вставок постоянного тока. Первичное и вторичное регулирование.
8. Преобразовательные трансформаторы.
9. Воздушные и кабельные линии постоянного тока.
10. Преобразовательный мост.
11. Линейные реакторы.
12. Техничко-экономические показатели преобразовательной подстанции.
13. Расчет нормального режима электропередач постоянного тока.
14. Тиристоры. Характеристика открываемого тиристора.
15. Вентильный мост Ларионова.
16. Передача постоянного тока с униполярной и биполярной линией.
17. Режимы передач постоянного тока.

18. Внешняя характеристика при управлении. Семейство характеристик управляемого 1 - мостового выпрямителя.
19. Высокочастотные тиристорные вентили.
20. Схема управления ВТВ.
21. Энергетические процессы, происходящие в преобразователе.
22. Управляемые гибкие линии.
23. Возможные способы включения автономного инвертора.
24. Компенсация реактивной мощности и высших гармоник преобразовательных ПС.
25. Выбор средств компенсации реактивной мощности преобразовательных ПС.
26. Принцип действия измерительного трансформатора постоянного тока.
27. Вставки постоянного тока.
28. Требования, предъявляемые к системе управления. Регулирование токов и углов запаса вентилей преобразователей вставок постоянного тока.
29. Алгоритм функционирования устройств управления.
30. Мощные электропередачи и вставки постоянного тока на обычных тиристорах.
31. Передачи и вставки постоянного тока на полностью управляемых вентилях.
32. Создание и разработка линии постоянного тока Тамбов-Экибастуз.
33. Вставка постоянного тока Россия-Финляндия.
34. Классификация автономных инверторов.
35. Структурные схемы систем с автономными инверторами.
36. Схема электропередачи Россия-Финляндия основной режим и режим выделенным КВ11У-4
37. Автономные инверторы тока.
38. Автономные инверторы напряжения.
39. Выходные фильтры автономного инвертора.
40. Автономные резонансные инверторы.

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

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, отве-

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
	<p>тившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».</p>
<p>«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»</p>	<p>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 выполнившего практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившего другие практические задания из того же раздела дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».</p>
<p>«неудовлетворительно»/ не зачтено</p>	<p>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 выполнившего 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 выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</p>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

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

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

Учебная аудитория для проведения практических занятий, 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 используются лаборатория «Р3иА» расположенная по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр., д.1, Здание энергетического инсти-

тута (лабораторный корпус № 2).

В лаборатории имеются специально оборудованные рабочие места для сборки выпрямителей и инверторов, их проверки и наладки и снятия характеристик в различных режимах работы.

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

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональным 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. Электрические сети сверхвысокого и ультравысокого напряжения ЕЭС России. Электропередачи переменного тока специального назначения. Электропередачи и вставки постоянного тока. Под общей ред. д.т.н, проф. А.Ф. Дьякова. -НТФ Энергопрогресс Москва 2012, -368 с.

2. Ю.П.Рыжов. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

Дополнительная литература.

1. Электроэнергетическое оборудование [Электронный ресурс]. Т.4, Электрические сети и линии электропередач : электронный справочник / сост. Е. Т. Акимов. — М. : ielectro, Б.г. — 1 электрон.опт.диск : ил. — 965.24.

2. Институт энергетических исследований. <http://www.eriras.ru/>.

3. <http://www.ecorpower.ru/Н>) Информационно-аналитический центр "Экология энергетики" МЭИ.

4. Институт энергетических исследований РАН (ИНЭИ РА <http://www.oem.ras.ru/>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц в документе	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изменения в данный экземпляр	Дата внесения изменения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10