

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА ОСНОВЕ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.16
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	8 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	8 семестр - 28 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 105,2 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	8 семестр - 4 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа Решение задач	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсового проекта	8 семестр - 0,5 часа;
Зачет с оценкой	8 семестр - 0,3 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Суслов К.В.
	Идентификатор	R94355520-SuslovKV-1ebd2b2c

К.В. Суслов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Васьков А.Г.
	Идентификатор	R1cbebe0f-VaskovAG-eb5ccd67

А.Г. Васьков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шестопалова Т.А.
	Идентификатор	Rca486bb1-ShestopalovaTA-2b9205

Т.А.
Шестопалова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение особенностей выработки электроэнергии в электроустановках на основе солнечных и ветроэнергетических установок

Задачи дисциплины

- Научить анализировать схемы, состав и параметры электрооборудования солнечных и ветровых электростанций;
- Научить рассчитывать и анализировать возможные режимы работы электроустановок с возобновляемыми источниками..

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-3 Способен применять знание характеристик и особенностей электроэнергетических систем, способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-1 _{ПК-3} Демонстрирует знание основных характеристик и особенностей электроэнергетических систем, способов производства, передачи, распределения электроэнергии и электроснабжения потребителей	знать: - Особенности альтернативных источников энергии и их влияние на электрические схемы и электротехнической оборудовании. уметь: - Составлять расчетные условия для выбора электрических схем и электротехнического оборудования..
ПК-4 Способен принимать участие в проектировании объектов гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии	ИД-4 _{ПК-4} Умеет выполнять расчёты основных технических показателей элементов электростанций на основе ВИЭ	знать: - Методы расчета продолжительных и кратковременных режимов работы электроустановок. уметь: - Рассчитывать параметры продолжительных и кратковременных режимов работы электроустановок..
ПК-5 Способен решать задачи цифровизации в электроэнергетике и электротехнике	ИД-2 _{ПК-5} Осуществляет поиск и выбор цифровых технологий и методов в соответствии с поставленной задачей	знать: - Технические требования к электрическим схемам и электротехническому оборудованию. уметь: - Осуществлять поиск и выбор цифровых технологий и методов для проектирования электрической части станций на основе ВИЭ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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	Режимы работы электроустановок с ВИЭ	13	8	2	-	1	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], 1-296
1.1	Режимы работы электроустановок с ВИЭ	13		2	-	1	-	-	-	-	-	10	-	
2	Гибридные электроустановки	13		2	-	1	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], 1-296
2.1	Гибридные электроустановки	13		2	-	1	-	-	-	-	-	10	-	
3	Электрическая часть постоянного тока фотоэлектрической станции	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 1-82
3.1	Электрическая часть постоянного тока фотоэлектрической станции	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
4	Электрическая часть переменного тока ФЭС	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 1-82
4.1	Электрическая часть переменного тока ФЭС	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
5	Внутренняя электрическая сеть ветроэлектростанции	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [5], 1-56
5.1	Внутренняя	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	

	электрическая сеть ветроэлектростанции												
6	Подключение ветроэлектростанции к электроэнергетической системе	16	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [5], 1-56
6.1	Подключение ветроэлектростанции к электроэнергетической системе	16	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
7	Выбор электрооборудования главной схемы	18	4	-	2	-	-	-	-	-	12	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [4], 1-568
7.1	Выбор электрооборудования главной схемы	18	4	-	2	-	-	-	-	-	12	-	
8	Расчет токов короткого замыкания	21.5	4	-	2	-	-	-	-	-	15.5	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [3], 1-495 [4], 1-568
8.1	Расчет токов короткого замыкания	21.5	4	-	2	-	-	-	-	-	15.5	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Курсовой проект (КП)	32.5	-	-	-	28	-	4	-	0.5	-	-	
	Всего за семестр	180.0	28	-	14	28	-	4	-	0.8	87.5	17.7	
	Итого за семестр	180.0	28	-	14	28	-	4	-	0.8	105.2		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Режимы работы электроустановок с ВИЭ

1.1. Режимы работы электроустановок с ВИЭ

Виды и состав электроустановок с ВИЭ. Изолированная и параллельная работа с электроэнергетической системой. Продолжительные и кратковременные режимы работы электроустановок с ВИЭ. Надежность электроснабжения потребителей. Требования к генерирующим установкам с ВИЭ..

2. Гибридные электроустановки

2.1. Гибридные электроустановки

Режимы работы гибридных электроустановок. Критерии оптимизации параметров источников энергии в составе гибридных электроустановок. Методы оптимизации параметров гибридных электроустановок..

3. Электрическая часть постоянного тока фотоэлектрической станции

3.1. Электрическая часть постоянного тока фотоэлектрической станции

Существующие и перспективные технологии изготовления фотоэлектрических модулей и их электрические характеристики. Структурные схемы фотоэлектрических станций. Выбор электрической схемы фотоэлектрической батареи. Расчет токов короткого замыкания в цепи фотоэлектрических модулей. Выбор проводников и устройств защиты от сверхтоков постоянного тока. Согласование параметров фотоэлектрической батареи и инвертора. Системы собственных нужд фотоэлектрических станций..

4. Электрическая часть переменного тока ФЭС

4.1. Электрическая часть переменного тока ФЭС

Технические требования, конструктивные особенности, характеристики и выбор силовых трансформаторов, работающих в электроустановках с преобразовательными устройствами СЭС. Схемы электрических соединений переменного тока ФЭС. Проводники и коммутационные аппараты переменного тока ФЭС.

5. Внутренняя электрическая сеть ветроэлектростанции

5.1. Внутренняя электрическая сеть ветроэлектростанции

Типы и электрические характеристики ветрогенераторов. Технические требования к электроустановкам на основе ветроэнергетических установок. Выбор напряжения и схем электрических соединений внутренней электрической сети ВЭС. Особенности выбора кабелей, коммутационных аппаратов, схем распределительных устройств среднего и высокого напряжения. Технические требования, конструктивные особенности, характеристики и выбор силовых трансформаторов, работающих в электроустановках с преобразовательными устройствами ВЭС. Компенсация реактивной мощности на ветроэлектростанциях с асинхронными генераторами. Системы собственных нужд ветроэлектростанций.

6. Подключение ветроэлектростанции к электроэнергетической системе

6.1. Подключение ветроэлектростанции к электроэнергетической системе

Выбор схемы распределительных устройств повышающей подстанции ВЭС. Электрические аппараты подстанции. Вопросы выбора места подключения ВЭС к ЭЭС.

7. Выбор электрооборудования главной схемы

7.1. Выбор электрооборудования главной схемы

Расчетные условия для выбора электрооборудования. Нагрев проводников и электрических аппаратов в продолжительном режиме при равномерном графике нагрузки. Нормирование допустимых температур для различных классов изоляции. Влияние теплопередачи в окружающую среду Термическая стойкость проводников и электрических аппаратов. Нормируемые допустимые температуры. Электродинамическая стойкость проводников и аппаратов..

8. Расчет токов короткого замыкания

8.1. Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания. Схема замещения. Эквивалентирование схемы замещения. Расчет начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ, ударного тока КЗ, аperiodической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени. Токи КЗ от ветрогенераторов разных типов..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет параметров электростанции с ВИЭ для электроснабжения нагрузки;
2. Выбор параметров фотоэлектрической батареи и схемы соединения панелей;
3. Подготовка расчетных условий для выбора электротехнического оборудования;
4. Расчет коротких замыканий;
5. Выбор инверторов и трансформаторов ФЭС;
6. Выбор схемы внутренней электрической сети ВЭС.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

8 Семестр

Курсовой проект (КП)

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 13	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2, 3, 4	5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	50	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
---------------	--------------------------

1	Разработка вариантов схем постоянного (для ФЭС) и переменного (ФЭС и ВЭС) тока ЭУ
2	Выбор силовых трансформаторов
3	Расчет токов короткого замыкания
4	Выбор электрических аппаратов и проводников
5	Разработка главной схемы электрических соединений ЭУ

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Знать:											
Особенности альтернативных источников энергии и их влияние на электрические схемы и электротехнической оборудование	ИД-1ПК-3	+	+								Тестирование/Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии
Методы расчета продолжительных и кратковременных режимов работы электроустановок	ИД-4ПК-4									+	Решение задач/Контрольная работа
Технические требования к электрическим схемам и электротехническому оборудованию	ИД-2ПК-5							+	+		Контрольная работа/Кратковременные режимы работы электроустановок с ВИЭ
Уметь:											
Составлять расчетные условия для выбора электрических схем и электротехнического оборудования.	ИД-1ПК-3			+	+	+					Тестирование/Электрические схемы ФЭС и ВЭС
Рассчитывать параметры продолжительных и кратковременных режимов работы электроустановок.	ИД-4ПК-4									+	Решение задач/Контрольная работа
Осуществлять поиск и выбор цифровых технологий и методов для проектирования электрической части станций на основе ВИЭ	ИД-2ПК-5							+	+		Контрольная работа/Кратковременные режимы работы электроустановок с ВИЭ

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа (Решение задач)
2. Кратковременные режимы работы электроустановок с ВИЭ (Контрольная работа)
3. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (Тестирование)
4. Электрические схемы ФЭС и ВЭС (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №8)

Курсовой проект (КП) (Семестр №8)

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Чо, Г. Ч. Разработка главных схем фотоэлектрических солнечных электростанций : учебное пособие по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / Г. Ч. Чо, М. Р. Жиганшин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 82 с. - ISBN 978-5-7046-1891-1 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=9980>;
2. Старшинов, В. А. Электрическая часть электростанций и подстанций : учебное пособие по курсу "Электроэнергетика и электротехника" / В. А. Старшинов, М. В. Пираторов, М. А. Козина ; ред. В. А. Старшинов . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 296 с. - ISBN 978-5-383-00874-4 .;
3. Васильев, А. А. Электрическая часть станций и подстанций. Ч. 1 Электрические аппараты и распределительные устройства : учебное пособие / А. А. Васильев . – Москва-Ленинград : Госэнергоиздат, 1963 . – 495 с.;
4. Крючков И.П. , Старшинов В.А. , Гусев Ю.П. - "Короткие замыкания и выбор электрооборудования", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2012 - (568 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72231;
5. Чо, Г. Ч. Электрическая часть ветроэлектростанций : учебное пособие по дисциплинам "Электроустановки на основе альтернативных источников энергии", "Электрическая часть энергоустановок" по направлению 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника" / Г. Ч. Чо, А. А. Антонов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 56

с. - ISBN 978-5-7046-2422-6 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11535>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

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
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/>

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
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Г-204а, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, стол для совещаний, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, кондиционер, телевизор
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-204а, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, стол для совещаний, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, кондиционер, телевизор
Помещения для самостоятельной работы	Г-206, Аспирантская кафедры "ГВИЭ"	кресло рабочее, стул, шкаф для документов, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Г-204, Учебная лаборатория	стол учебный, стул, трибуна, шкаф для документов, вешалка для одежды, доска

	"Возобновляемые источники энергии"	меловая, мультимедийный проектор, экран, указка лазерная, лабораторный стенд, ноутбук, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Г-225, Кладовая кафедры "ГВИЭ"	стеллаж для хранения инвентаря, стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, наборы демонстрационного оборудования, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, запасные комплектующие для оборудования, сменные запчасти для ЭВМ

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Электрическая часть энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (Тестирование)

КМ-2 Электрические схемы ФЭС и ВЭС (Тестирование)

КМ-3 Кратковременные режимы работы энергоустановок с ВИЭ (Контрольная работа)

КМ-4 Контрольная работа (Решение задач)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	10	12
1	Режимы работы энергоустановок с ВИЭ					
1.1	Режимы работы энергоустановок с ВИЭ		+			
2	Гибридные энергоустановки					
2.1	Гибридные энергоустановки		+			
3	Электрическая часть постоянного тока фотоэлектрической станции					
3.1	Электрическая часть постоянного тока фотоэлектрической станции			+		
4	Электрическая часть переменного тока ФЭС					
4.1	Электрическая часть переменного тока ФЭС			+		
5	Внутренняя электрическая сеть ветроэлектростанции					
5.1	Внутренняя электрическая сеть ветроэлектростанции			+		
6	Подключение ветроэлектростанции к электроэнергетической системе					
6.1	Подключение ветроэлектростанции к электроэнергетической системе				+	
7	Выбор электрооборудования главной схемы					
7.1	Выбор электрооборудования главной схемы				+	

8	Расчет токов короткого замыкания				
8.1	Расчет токов короткого замыкания				+
	Вес КМ, %:	10	30	30	30

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Электрическая часть энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Разработка вариантов схем постоянного (для ФЭС) и переменного (ФЭС и ВЭС) тока ЭУ
- КМ-2 Выбор силовых трансформаторов Расчет токов короткого замыкания Выбор электрических аппаратов и проводников
- КМ-3 Разработка главной схемы электрических соединений ЭУ

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	13
1	Разработка вариантов схем постоянного (для ФЭС) и переменного (ФЭС и ВЭС) тока ЭУ		+		
2	Выбор силовых трансформаторов			+	
3	Расчет токов короткого замыкания			+	
4	Выбор электрических аппаратов и проводников			+	
5	Разработка главной схемы электрических соединений ЭУ				+
Вес КМ, %:			20	50	30