

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Управление режимами работы электроэнергетических систем

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В**  
**ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.09.02.01
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	3 семестр - 3;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	108 часов
<b>Лекции</b>	3 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	3 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	3 семестр - 75,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Контрольная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	3 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Насыров Р.Р.
	Идентификатор	R48fa5e5e-NasyrovRR-34f285d8

Р.Р. Насыров

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Насыров Р.Р.
	Идентификатор	R48fa5e5e-NasyrovRR-34f285d8

Р.Р. Насыров

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf

Ю.В. Шаров

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении проблем интеграции возобновляемых источников энергии в электроэнергетические системы и путей их решения

### Задачи дисциплины

- изучение видов генерации на базе возобновляемых источников энергии, интегрируемых в электроэнергетические системы;
- изучение проблем, возникающих при интеграции возобновляемых источников энергии в электроэнергетические системы;
- изучение и освоение методов проведения расчётов режимов работы электроэнергетических систем с наличием в них электростанций на базе возобновляемых источников энергии;
- изучение технических средств, в том числе систем накопления электроэнергии и систем виртуальной инерции, для обеспечения устойчивой работы генерации на базе ВИЭ в составе ЭЭС.

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 участвовать в процессе проектирования и управления субъектами электроэнергетики и объектами электросетевого хозяйства	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Управляет электроэнергетическими режимами работы энергосистемы.	знать: - пути решения проблем интеграции возобновляемых источников энергии в электроэнергетические системы; - принципы работы и основные характеристики генерации на базе возобновляемых источников энергии.  уметь: - оценивать эффективность технических средств применяемых для возможности управления режимами работы генерации на базе ВИЭ; - обрабатывать данные для анализа электроэнергетических режимов при интеграции генерации на базе возобновляемых источников энергии.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Управление режимами работы электроэнергетических систем (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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 3 зачетных единицы, 108 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	Принципы работы генерации на базе возобновляемых источников энергии и ее характеристики	10	3	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Принципы работы генерации на базе возобновляемых источников энергии и ее характеристики" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 33-38	
1.1	Принципы работы генерации на базе возобновляемых источников энергии и ее характеристики	10		2	-	-	-	-	-	-	-	8	-		
2	Проблемы интеграции генерации на базе ВИЭ в электроэнергетические системы	16		4	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Проблемы интеграции генерации на базе ВИЭ в электроэнергетические системы" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 339-360
2.1	Проблемы интеграции генерации на базе ВИЭ в электроэнергетические системы	16		4	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	
3	Особенности режимов электроэнергетических систем, содержащих генерацию на базе ВИЭ	30		4	-	6	-	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности режимов электроэнергетических систем, содержащих генерацию на базе ВИЭ" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
3.1	Особенности режимов электроэнергетических систем, содержащих	30		4	-	6	-	-	-	-	-	-	20	-	

	генерацию на базе ВИЭ												[2], стр. 115-142
4	Организационные и технические мероприятия, направленные на снижение variability электростанций на базе возобновляемых источников энергии	34	6	-	8	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Организационные и технические мероприятия, направленные на снижение variability электростанций на базе возобновляемых источников энергии" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
4.1	Организационные и технические мероприятия, направленные на снижение variability электростанций на базе возобновляемых источников энергии	34	6	-	8	-	-	-	-	-	20	-	[1], стр. 215-218, 264-271 [2], стр. 480-489
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>58</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>75.7</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. Принципы работы генерации на базе возобновляемых источников энергии и ее характеристики

1.1. Принципы работы генерации на базе возобновляемых источников энергии и ее характеристики

Описание принципа работы электростанций на базе ВИЭ: солнечные электростанции, ветроэлектростанции, малые ГЭС, геотермальные станции, станции на биотопливе. Технико-экономические характеристики различных видов генерации, особенности эксплуатации и проектирования..

#### 2. Проблемы интеграции генерации на базе ВИЭ в электроэнергетические системы

2.1. Проблемы интеграции генерации на базе ВИЭ в электроэнергетические системы

Мировой и отечественный опыт внедрения ВИЭ в электроэнергетические системы. Особенности подключения генерации на базе ВИЭ в ЭЭС. Проблемы, вносимые преобразовательными устройствами (инверторами, выпрямителями). LVRT характеристика. Отклонения фактической выдаваемой мощности ВИЭ от прогнозируемой. Причины ухудшения показателей качества электроэнергии в распределительных электрических сетях и электроэнергетических системах, содержащих генерацию на базе ВИЭ..

#### 3. Особенности режимов электроэнергетических систем, содержащих генерацию на базе ВИЭ

3.1. Особенности режимов электроэнергетических систем, содержащих генерацию на базе ВИЭ

Учет генерации на базе ВИЭ при моделировании режимов ЭЭС. Модели генерации на базе ВИЭ: солнечные электростанции, ветроэлектростанции. Установившиеся и переходные режимы при возмущениях в ЭЭС, содержащих генерацию на базе ВИЭ..

#### 4. Организационные и технические мероприятия, направленные на снижение variability электростанций на базе возобновляемых источников энергии

4.1. Организационные и технические мероприятия, направленные на снижение variability электростанций на базе возобновляемых источников энергии

Нормативно-техническая документация, регламентирующая работу возобновляемой генерации и ее участие при управлении режимами работы электроэнергетических систем. Системы накопления электроэнергии в составе ЭС на базе ВИЭ. Применение систем накопления электроэнергии для решения задач повышения коэффициента использования установленной мощности, обеспечения выдачи заявленной мощности на различных временных интервалах. Применение систем виртуальной инерции для придания генерации на базе ВИЭ свойства традиционных синхронных машин..

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

1. Моделирование генерации на основе ВИЭ для проведения расчетов режимов электроэнергетической системы;
2. Исследование статической и динамической устойчивости ЭЭС при большой доле генерации на основе ВИЭ;
3. Выбор настроечных коэффициентов системы виртуальной инерции;
4. Механизмы окупаемости систем накопления электроэнергии;
5. Системы накопления электроэнергии: назначение, функции, область применения;

6. Особенности режимов работы ЭЭС, содержащих ЭС на базе ВИЭ;
7. Прогнозирование выдачи мощности объектами генерации на основе ВИЭ;
8. Статистическая обработка данных о первичной генерации, выдачи мощности ЭС на базе ВИЭ.

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

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Принципы работы генерации на базе возобновляемых источников энергии и ее характеристики"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Проблемы интеграции генерации на базе ВИЭ в электроэнергетические системы"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности режимов электроэнергетических систем, содержащих генерацию на базе ВИЭ"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Организационные и технические мероприятия, направленные на снижение variability электростанций на базе возобновляемых источников энергии"

### **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 (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	
<b>Знать:</b>						
принципы работы и основные характеристики генерации на базе возобновляемой источников энергии	ИД-4ПК-1	+				Тестирование/Принципы работы и основные характеристики генерации на базе возобновляемой источников энергии
пути решения проблем интеграции возобновляемых источников энергии в электроэнергетические системы	ИД-4ПК-1		+			Тестирование/Интеграция возобновляемых источников энергии в электроэнергетические системы
<b>Уметь:</b>						
обрабатывать данные для анализа электроэнергетических режимов при интеграции генерации на базе возобновляемых источников энергии	ИД-4ПК-1			+		Контрольная работа/Применение системы виртуальной инерции в составе электростанции на базе ВИЭ
оценивать эффективность технических средств применяемых для возможности управления режимами работы генерации на базе ВИЭ	ИД-4ПК-1				+	Контрольная работа/Определение параметров системы накопления электроэнергии в составе электростанции на базе 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**

**3 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Определение параметров системы накопления электроэнергии в составе электростанции на базе ВИЭ (Контрольная работа)
2. Применение системы виртуальной инерции в составе электростанции на базе ВИЭ (Контрольная работа)

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Интеграция возобновляемых источников энергии в электроэнергетические системы (Тестирование)
2. Принципы работы и основные характеристики генерации на базе возобновляемой источников энергии (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №3)*

Итоговая оценка по курсу выставляется по совокупности результатов прохождения контрольных мероприятий в рамках текущего контроля

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. Баранов Н.Н.- "Нетрадиционные возобновляемые источники и методы преобразования их энергии", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011843.html>;
2. Веников, В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : Учебник для электроэнергетических специальностей вузов / В. А. Веников . – 4-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1985 . – 536 с..

### **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. RastrWin.

### 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 журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
9. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
10. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Помещения для самостоятельной работы	Д-2/19, Учебная лаборатория "Вычислительный центр"	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, телевизор
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-2/9, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, кондиционер, телевизор, книги, учебники, пособия,

		канцелярский принадлежности, зеркала
--	--	--------------------------------------

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Интеграция возобновляемых источников энергии в электроэнергетические системы

(название дисциплины)

#### 3 семестр

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

- КМ-1 Принципы работы и основные характеристики генерации на базе возобновляемой источников энергии (Тестирование)
- КМ-2 Интеграция возобновляемых источников энергии в электроэнергетические системы (Тестирование)
- КМ-3 Определение параметров системы накопления электроэнергии в составе электростанции на базе ВИЭ (Контрольная работа)
- КМ-4 Применение системы виртуальной инерции в составе электростанции на базе ВИЭ (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Принципы работы генерации на базе возобновляемых источников энергии и ее характеристики					
1.1	Принципы работы генерации на базе возобновляемых источников энергии и ее характеристики		+			
2	Проблемы интеграции генерации на базе ВИЭ в электроэнергетические системы					
2.1	Проблемы интеграции генерации на базе ВИЭ в электроэнергетические системы			+		
3	Особенности режимов электроэнергетических систем, содержащих генерацию на базе ВИЭ					
3.1	Особенности режимов электроэнергетических систем, содержащих генерацию на базе ВИЭ					+
4	Организационные и технические мероприятия, направленные на снижение variability электростанций на базе возобновляемых источников энергии					
4.1	Организационные и технические мероприятия, направленные на снижение variability электростанций на базе возобновляемых источников энергии				+	
Вес КМ, %:			15	15	35	35