

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
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ


| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.08 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 7 семестр - 4; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 144 часа |
| Лекции | 7 семестр - 48 часа; |
| Практические занятия | 7 семестр - 48 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 7 семестр - 47,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Контрольная работа Расчетно-графическая работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 7 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|---|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Ванин А.С. |
| | Идентификатор | Rd4f34a31-VaninAS-037682a9 |

(подпись)

А.С. Ванин

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Васьков А.Г. |
| | Идентификатор | R1c6ebe0f-VaskovAG-eb5ccd67 |

(подпись)

А.Г. Васьков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Т.А.

Шестопалова

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение принципов и методов обеспечения качественного и надежного электроснабжения потребителей с применением современных цифровых технологий

Задачи дисциплины

- изучение схем сети, применяемых в системах электроснабжения;
- освоение аналитических и вероятностных методов расчета показателей надежности электроснабжения;
- изучение причин ухудшения показателей качества электроэнергии;
- изучение мероприятий, направленных на обеспечение качества электроэнергии;
- освоение современных цифровых технологий для решения прикладных задач электроснабжения.

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: - схемы электроснабжения; - показатели надёжности элементов и систем электроснабжения; - параметры режима, показатели качества электроэнергии и методы их оценки. уметь: - рассчитывать показатели надёжности электроснабжения с использованием аналитических и вероятностных методов; - рассчитывать параметры режимов и показатели качества электроэнергии; - выполнять анализ систем электроснабжения в современном программном обеспечении. |

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № 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 | Схемы сетей в системах электроснабжения | 28 | 7 | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | 8 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Составление схем сети для потребителей различных категорий. Определение последовательности событий при отказах элементов систем электроснабжения. Выбор основного оборудования для систем электроснабжения.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 222-248</p> | | |
| 1.1 | Схемы сетей в системах электроснабжения | 28 | | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - | |
| 2 | Надёжность элементов и систем электроснабжения | 24 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Составление моделей отказов и восстановлений для элементов и групп элементов системы электроснабжения</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 14-53</p> |
| 2.1 | Надёжность элементов и систем электроснабжения | 24 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - | |
| 3 | Расчет показателей надёжности электроснабжения | 20 | | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Определение показателей надёжности электроснабжения отдельных потребителей и системы электроснабжения в целом</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 53-66</p> |
| 3.1 | Расчет показателей надёжности электроснабжения | 20 | | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - | |
| 4 | Общие сведения о качестве | 28 | | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Расчет</p> |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|--------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|-------------|----------|---|
| | электроэнергии, показателей и влияния на работу электроприемников | | | | | | | | | | | | показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения: отклонение напряжения, коэффициенты обратной и нулевой последовательности, коэффициенты гармонических составляющих |
| 4.1 | Общие сведения о качестве электроэнергии, показателях и влиянии на работу электроприемников | 28 | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 23–28, 50–87, 105–129 |
| 5 | Регулирование напряжения в электрических сетях | 20 | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Определение настроек регулирующего оборудования в распределительных сетях при отсутствии и наличии распределенной возобновляемой генерации |
| 5.1 | Регулирование напряжения в электрических сетях | 20 | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 32–33, 219–248 |
| 6 | Моделирование систем электроснабжения в современном программном обеспечении | 23.7 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 7.7 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Ознакомление с программным комплексом Power Factory. Создание схем, выполнение расчетов установившихся режимов, квази-динамического моделирования, расчета надежности. |
| 6.1 | Моделирование систем электроснабжения в современном программном обеспечении | 23.7 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 7.7 | - | |
| | Зачет с оценкой | 0.3 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | - | |
| | Всего за семестр | 144.0 | 48 | - | 48 | - | - | - | - | 0.3 | 47.7 | - | |
| | Итого за семестр | 144.0 | 48 | - | 48 | - | - | - | - | 0.3 | 47.7 | - | |

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. Схемы сетей в системах электроснабжения

1.1. Схемы сетей в системах электроснабжения

Введение. Виды систем электроснабжения. Принципы классификации, основные требования. Принципы построения электрических сетей. Категории надежности электроснабжения. Нерезервированные схемы сети. Петлевые схемы сети. Автоматизированные многолучевые схемы сети.

2. Надёжность элементов и систем электроснабжения

2.1. Надёжность элементов и систем электроснабжения

Модели отказов элементов. Биномиальный закон. Закон Пуассона. Показательное распределение. Модель отказов и восстановления одного элемента. Жизненный цикл элемента. Модели отказов и восстановления последовательно и параллельно соединенных элементов..

3. Расчет показателей надёжности электроснабжения

3.1. Расчет показателей надёжности электроснабжения

Надежность распределительных сетей. SAIDI, SAIFI. Расчет сложных схем. Метод путей и сечений. Балансовая надежность автономных систем электроснабжения..

4. Общие сведения о качестве электроэнергии, показателях и влиянии на работу электроприемников

4.1. Общие сведения о качестве электроэнергии, показателях и влиянии на работу электроприемников

Качество электроэнергии. Показатели качества ЭЭ. Медленные изменения напряжения. Несимметрия напряжения. Несинусоидальность напряжения. Колебания напряжения. Провалы напряжения, перенапряжения, перерывы питания..

5. Регулирование напряжения в электрических сетях

5.1. Регулирование напряжения в электрических сетях

Моделирование нагрузки. Графики нагрузки. Регулирование напряжения в системах электроснабжения. ВИЭ в системах электроснабжения..

6. Моделирование систем электроснабжения в современном программном обеспечении

6.1. Моделирование систем электроснабжения в современном программном обеспечении

Цифровые устройства и программное обеспечение в системах электроснабжения. Power Factory. Введение. Сборка простой схемы. Расчет установившегося режима. Power Factory. Графики нагрузки и регулирование напряжения. Power Factory. Расчет надежности..

3.3. Темы практических занятий

1. Выполнение расчетов в программном комплексе Power Factory;
2. Определение показателей надежности электроснабжения относительно отдельных потребителей и системы электроснабжения в целом;
3. Составление схем сети для потребителей различных категорий;
4. Составление моделей отказов и восстановлений для элементов и групп элементов

- системы электроснабжения. Построение диаграмм состояний;
5. Определение показателей надежности электроснабжения относительно отдельных потребителей;
 6. Определение последовательности событий при коротких замыканиях в системах электроснабжения;
 7. Определение показателей балансовой надежности для автономных систем электроснабжения;
 8. Расчет отклонения напряжения в системах электроснабжения. Определение настроек регулирующего оборудования.;
 9. Определение настроек регулирующего оборудования в пассивных распределительных сетях.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Показатели надёжности элементов и систем электроснабжения"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Моделирование событий, состояний и элементов систем электроснабжения при анализе надёжности"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчёт показателей структурной надёжности электроснабжения"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчёт показателей балансовой надёжности для систем электроснабжения с собственной генерацией"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие сведения, нормирование, понятие об электромагнитной совместимости и качестве электроэнергии, его показателях и влиянию качества электроэнергии на работу электроприемников"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Учет показателей качества электроэнергии при выборе электросетевого оборудования"

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 | 5 | 6 | |
| Знать: | | | | | | | | |
| параметры режима, показатели качества электроэнергии и методы их оценки | ИД-1ПК-3 | | | | + | | | Контрольная работа/Качество электроэнергии |
| показатели надёжности элементов и систем электроснабжения | ИД-1ПК-3 | | + | | | | | Контрольная работа/Надёжность элементов и систем электроснабжения |
| схемы электроснабжения | ИД-1ПК-3 | + | | | | | | Контрольная работа/Схемы сетей в системах электроснабжения |
| Уметь: | | | | | | | | |
| выполнять анализ систем электроснабжения в современном программном обеспечении | ИД-1ПК-3 | | | | | + | | Контрольная работа/Регулирование напряжения в электрических сетях |
| рассчитывать параметры режимов и показатели качества электроэнергии | ИД-1ПК-3 | | | + | | | | Контрольная работа/Анализ показателей надёжности электроснабжения |
| рассчитывать показатели надёжности электроснабжения с использованием аналитических и вероятностных методов | ИД-1ПК-3 | | | | | | + | Расчетно-графическая работа/Составление и анализ схем электроснабжения различной категории надежности |

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Анализ показателей надёжности электроснабжения (Контрольная работа)
2. Качество электроэнергии (Контрольная работа)
3. Надёжность элементов и систем электроснабжения (Контрольная работа)
4. Регулирование напряжения в электрических сетях (Контрольная работа)
5. Составление и анализ схем электроснабжения различной категории надёжности (Расчётно-графическая работа)
6. Схемы сетей в системах электроснабжения (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Шведов Г.В.- "Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети", Издательство: "МЭИ", Москва, 2012 - (268 с.)
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007433.html>;
2. Хорольский, В. Я. Надёжность электроснабжения : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов . – М. : Форум : ИНФРА-М, 2019 . – 127 с. – (Высшее образование . Бакалавриат) . - ISBN 978-5-00091-486-1
.;
3. Управление качеством электроэнергии : учебное пособие для вузов по направлению 140200 "Электроэнергетика" / И. И. Карташев, и др. ; ред. Ю. В. Шаров . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Издательский дом МЭИ, 2017 . – 347 с. - ISBN 978-5-383-01074-7 ..

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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. 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 | 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 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

Электроснабжение

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Схемы сетей в системах электроснабжения (Контрольная работа)
- КМ-2 Надёжность элементов и систем электроснабжения (Контрольная работа)
- КМ-3 Анализ показателей надёжности электроснабжения (Контрольная работа)
- КМ-4 Качество электроэнергии (Контрольная работа)
- КМ-5 Регулирование напряжения в электрических сетях (Контрольная работа)
- КМ-6 Составление и анализ схем электроснабжения различной категории надежности (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 6 | 7 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| 1 | Схемы сетей в системах электроснабжения | | | | | | | |
| 1.1 | Схемы сетей в системах электроснабжения | | + | | | | | |
| 2 | Надёжность элементов и систем электроснабжения | | | | | | | |
| 2.1 | Надёжность элементов и систем электроснабжения | | | + | | | | |
| 3 | Расчет показателей надёжности электроснабжения | | | | | | | |
| 3.1 | Расчет показателей надёжности электроснабжения | | | | + | | | |
| 4 | Общие сведения о качестве электроэнергии, показателях и влиянии на работу электроприемников | | | | | | | |
| 4.1 | Общие сведения о качестве электроэнергии, показателях и влиянии на работу электроприемников | | | | | + | | |
| 5 | Регулирование напряжения в электрических сетях | | | | | | | |
| 5.1 | Регулирование напряжения в электрических сетях | | | | | | + | |
| 6 | Моделирование систем электроснабжения в современном программном обеспечении | | | | | | | |
| 6.1 | Моделирование систем электроснабжения в современном программном обеспечении | | | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 20 |

