

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: Электроэнергетика

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.09 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 7 семестр - 6; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 216 часов |
| Лекции | 7 семестр - 48 часа; |
| Практические занятия | 7 семестр - 48 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 7 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 7 семестр - 117,5 часов; |
| 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: | |
| Экзамен | 7 семестр - 0,5 часа; |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

А.С. Ванин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Кузнецов О.Н. |
| | Идентификатор | Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149f |

О.Н. Кузнецов

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Тульский В.Н. |
| | Идентификатор | R292b173d-TulskyVN-7e812984 |

В.Н. Тульский

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-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности | ИД-3 _{ПК-1} Оценивает параметры режимов | знать: - параметры режима, показатели качества электроэнергии и методы их оценки. уметь: - рассчитывать параметры режимов и показатели качества электроэнергии. |
| ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности | ИД-4 _{ПК-1} Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, расчета режимов и эксплуатации | знать: - схемы электроснабжения; - показатели надёжности элементов и систем электроснабжения. уметь: - рассчитывать показатели надёжности электроснабжения с использованием аналитических и вероятностных методов. |
| ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности | ИД-5 _{ПК-1} Анализирует результаты расчетов и исследований | уметь: - выполнять анализ систем электроснабжения в современном программном обеспечении. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроэнергетика (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 6 зачетных единиц, 216 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 | Схемы сетей в системах электроснабжения | 32 | 7 | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | 12 | - | <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. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 222-248 | |
| 1.1 | Схемы сетей в системах электроснабжения | 32 | | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | 12 | | - |
| 2 | Надёжность элементов и систем электроснабжения | 26 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Составление моделей отказов и восстановлений для элементов и групп элементов системы электроснабжения <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 14-53 |
| 2.1 | Надёжность элементов и систем электроснабжения | 26 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | |
| 3 | Расчет показателей надёжности электроснабжения | 20 | | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Определение показателей надёжности электроснабжения отдельных потребителей и системы электроснабжения в целом <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 53-66 |
| 3.1 | Расчет показателей надёжности электроснабжения | 20 | | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 4 | Общие сведения о качестве | 32 | | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Расчет |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|----|---|----|---|---|---|---|-----|-------|------|---|
| | 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 | 32 | 10 | - | 10 | - | - | - | - | - | 12 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 23–28, 50–87, 105–129 |
| 5 | Регулирование напряжения в электрических сетях | 22 | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | 10 | - | <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 | 22 | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 32–33, 219–248 |
| 6 | Моделирование систем электроснабжения в современном программном обеспечении | 48 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 32 | - | <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 | 48 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 32 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 248-266 |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 216.0 | 48 | - | 48 | - | 2 | - | - | 0.5 | 84 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 216.0 | 48 | - | 48 | - | 2 | - | - | 0.5 | 117.5 | | |

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. Определение настроек регулирующего оборудования в пассивных распределительных сетях;
2. Расчет отклонения напряжения в системах электроснабжения. Определение настроек регулирующего оборудования.;
3. Определение показателей балансовой надежности для автономных систем

- электроснабжения;
4. Определение последовательности событий при коротких замыканиях в системах электроснабжения;
 5. Определение показателей надежности электроснабжения относительно отдельных потребителей;
 6. Составление моделей отказов и восстановлений для элементов и групп элементов системы электроснабжения. Построение диаграмм состояний;
 7. Составление схем сети для потребителей различных категорий;
 8. Определение показателей надежности электроснабжения относительно отдельных потребителей и системы электроснабжения в целом;
 9. Выполнение расчетов в программном комплексе Power Factory.

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-3ПК-1 | | | | + | | | Контрольная работа/Качество электроэнергии |
| показатели надёжности элементов и систем электроснабжения | ИД-4ПК-1 | | + | | | | | Контрольная работа/Надёжность элементов и систем электроснабжения |
| схемы электроснабжения | ИД-4ПК-1 | + | | | | | | Контрольная работа/Схемы сетей в системах электроснабжения |
| Уметь: | | | | | | | | |
| рассчитывать параметры режимов и показатели качества электроэнергии | ИД-3ПК-1 | | | | | + | | Контрольная работа/Регулирование напряжения в электрических сетях |
| рассчитывать показатели надёжности электроснабжения с использованием аналитических и вероятностных методов | ИД-4ПК-1 | | | + | | | | Контрольная работа/Анализ показателей надёжности электроснабжения |
| выполнять анализ систем электроснабжения в современном программном обеспечении | ИД-5ПК-1 | | | | | | + | 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

Экзамен (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 : учебное пособие для вузов по направлениям 140200 "Электроэнергетика", 140400 "Электроэнергетика и электротехника" / Г. В. Шведов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 268 с. - ISBN 978-5-383-00743-3 ;
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 .;
4. Герасимов В.Г.- "Электротехнический справочник. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии", Издательство: "МЭИ", Москва, 2009 - (964 с.) <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383003381.html>.

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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. 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 | Г-200, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Д-205, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| | Д-207, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| | Д-209, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| | Д-213, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | Д-2/15, Учебная лаборатория «Режимов Электрических систем» | стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, лабораторный стенд, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, запасные комплектующие для оборудования |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Г-200, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой | стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | Г-200, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран |
| 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

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 – Экзамен.

| 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 |

