Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор Департамента по образовательной политике
Дата подписания: 31.10.2023 17:34:01
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет Урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ /Л.А. Марюшин/

«_28_» _04_____ 2022 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# «Надежность электроснабжения»

Направление подготовки
**13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

Профиль
**«Электроснабжение»**

Квалификация
**бакалавр**

Формы обучения
**заочная**

Москва, 2022 г.

**Разработчик:**
Доцент кафедры
«Электрооборудование и промышленная электроника»
к.т.н. /А. А. Лавриков/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Электрооборудование
и промышленная электроника»,
к.т.н., доцент /А.Н. Шишков/

Руководитель образовательной программы,
к.т.н., доцент /А.Н. Шишков/

# Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Надежность электроснабжения»....4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы....4
3 Структура и содержание дисциплины....4
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость....4
3.2 Тематический план изучения дисциплины....5
3.3 Содержание дисциплины....6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....6
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....7
4.1 Нормативные документы и ГОСТы....7
4.2 Основная литература....7
4.3 Дополнительная литература....7
4.4 Электронные образовательные ресурсы....8
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....8
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....8
5 Материально-техническое обеспечение....9
6 Методические рекомендации....9
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....9
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....10
7 Фонд оценочных средств....10
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения....10
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения....10
7.3 Оценочные средства....11

# 1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Надежность электроснабжения»

Целью изучения дисциплины «Надежность электроснабжения» заключается в изучении всего комплекса математических, экономических и технических проблем, связанных с надёжностью систем электроснабжения.

Основными задачами изучения дисциплины являются: освоение методов расчёта надёжности систем электроснабжения, анализ функционирования систем электроснабжения в послеаварийных режимах и при плановых ремонтах; технико-экономическое сравнение различных вариантов систем электроснабжения с учетом надежности.

**Планируемые результаты обучения, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций.**

Обучение по дисциплине **«Надёжность электроснабжения»** направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| **ПК-2.** Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности | ИОПК-3.1. Знает нормативные требования к надежности систем электроснабжения<br>ИОПК-3.2. Проводить расчет надежности систем электроснабжения<br>ИОПК-3.3. Учитывать надежность при технико-экономическом сравнении вариантов систем электроснабжения |

# 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части элективной дисциплины блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

- электроника;
- теоретические основы электротехники;
- электрические машины;
- электрические и электронные аппараты;
- промышленная электроника;
- основы промышленной схемотехники;
- электроснабжение.

# 3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

## 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1 Заочная форма обучения

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры |
|---|---|---|---|
| | | | 6 |
| **1** | **Аудиторные занятия** | **16** | **16** |
| | В том числе: | | |
| 1.1 | Лекции | 8 | 8 |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | 8 | 8 |
| 1.3 | Лабораторные занятия | | |
| **2** | **Самостоятельная работа** | **128** | **128** |
| | В том числе: | | |
| 2.1 | Подготовка к практическим занятиям | 38 | 38 |
| 2.2 | Обучение в системе LMS | 50 | 50 |
| 2.3 | Подготовка к промежуточной аттестации | 40 | 40 |
| **3** | **Промежуточная аттестация** | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | | Экзамен |
| | **Итого** | **144** | **144** |

## 3.2 Тематический план изучения дисциплины

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Трудоемкость, час | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | Самостоятельная работа |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | |
| **1** | **Раздел 1. Понятие надежности** | | **6** | **8** | **-** | **22** |
| 1.1 | Тема 1. Основные понятия и категории | | 6 | 8 | - | 22 |
| **2** | **Раздел 2. Математический аппарат для оценки надёжности** | | **12** | **10** | **-** | **20** |
| 2.1 | Тема 1. Оценка параметров надежности | | 12 | 10 | - | 20 |
| **3** | **Раздел 3. Показатели надежности систем электроснабжения** | | **10** | **10** | **-** | **20** |
| 3.1 | Тема 1. Технические решения, обеспечивающие надежность электроснабжения | | 10 | 10 | - | 20 |
| **4** | **Раздел 4. Экономические критерии надежности** | | **8** | **8** | - | **10** |
| 4.1 | Тема 1. Оценка ущерба потребителю | | 8 | 8 | - | 10 |
| **Итого** | | **144** | **36** | **36** | | **72** |

## 3.3 Содержание дисциплины

**Раздел 1. Понятие надежности.**

**Тема 1. Основные понятия и категории**

Нормативные требования к надежности систем электроснабжения. Основные понятия и определения. Категории предприятий относительно надежности по ПУЭ. Случайные события. Основные теоремы теории вероятности. Формирование структурных схем надежности.

**Раздел 2. Математический аппарат для оценки надёжности.**

**Тема 1. Оценка параметров надежности**

Показатели надежности при эксплуатации СЭС. Восстанавливаемые и невосстанавливаемые элементы. Оперативные и технические показатели надежности. Оценка параметров надежности на этапе проектирования. Расчет параметров надежности по структурной схеме.

**Раздел 3. Показатели надежности систем электроснабжения.**

**Тема 1. Технические решения, обеспечивающие надежность электроснабжения.**

Показатели надежности типовых элементов и схем системы электроснабжения. Сбор справочных данных о надежности элементов. Технические решения, обеспечивающие надежность электроснабжения.

**Раздел 4. Экономические критерии надежности**

**Тема 1. Оценка ущерба потребителю**

Ущерб от ненадежности электроснабжения. Виды ущерба. Удельный ущерб. Оценка ущерба потребителю. Влияние технологического процесса. Цена риска. Сравнение вариантов систем электроснабжения. Учет надежности. Экономические критерии проекта. Сравнение методик.

## 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

### 3.4.1 Семинарские/практические занятия

**Практическое занятие №1.** Формирование структурных схем надежности (4 часа).

**Практическое занятие №2.** Расчет параметров надежности систем с Пуассоновским потоком отказов ее элементов (4 часа).

**Практическое занятие №3.** Расчет оперативных и технических показателей надежности системы в период эксплуатации по структурной схеме (4 часа).

**Практическое занятие №4.** Расчет надежности на этапе проектирования (4 часа).

**Практическое занятие №5.** Формирование структурной схемы надежности для системы электроснабжения предприятия. Сбор данных о надежности ее элементов. Расчет вероятности аварии в системе электроснабжения предприятия (4 часа).

**Практическое занятие №6.** Расчет вероятности аварии в системе электроснабжения предприятия (4 часа).

**Практическое занятие №7.** Функционирование системы электроснабжения предприятия во время ремонта (4 часа).

**Практическое занятие №8.** Экономическая эффективность дублирования. Технико-экономическое сравнение вариантов СЭС (4 часа).

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) - нет

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 32144–2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. ГОСТ 30331.1–2013 (IEC 60364–1:2005). Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения.
3. ГОСТ 33947–2016. Железнодорожное электроснабжение. Номенклатура показателей надежности и функциональной безопасности.
4. ГОСТ 50571.5.56–2013/МЭК 60364-5-56:2009. Электроустановки низковольтные. Часть 5–56. Выбор и монтаж электрооборудования системы обеспечения безопасности. I E C 60364-5-56:2009.
5. ГОСТ Р МЭК 61078–2021 Надежность в технике. Структурная схема надежности.
6. ГОСТ Р МЭК 60204-1-2007. Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования.
7. ГОСТ Р 52230–2004. Электрооборудование автотракторное. Общие технические условия.

### 4.2 Основная литература

1. Мировая энергетика – 2050. Белая книга / В.В. Бушуев [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: Энергия, 2011. – 355 с.

2. Богославчик П.М. Гидротехнические сооружения ТЭС и АЭС: учеб. пособие/ Богославчик П.М., Круглов Г.Г. – Электрон. текстовые данные. – Минск: Высшая школа, 2014. – 270 с.

3. Электрические станции и сети: сборник нормативных документов/ – Электрон. текстовые данные. – М.: ЭНАС, 2013. – 720 с.

4. Дубинский Г. Н. Наладка устройств электромеханических и электронных систем напряжением свыше 1000 вольт: учебное пособие / Дубинский Г. Н. - СОЛОН-ПРЕСС, 2009. - 416 с.

5. Назарычев А. Н. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей: учебное пособие / Назарычев А. Н. - Инфра-Инженерия, 2006.

6. Почаевец В. С. Защита и автоматика устройств электромеханических и электронных систем: учебник / Почаевец В. С. - Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. - 191 с.

### 4.3 Дополнительная литература

1. Гужов Н. П. Системы электромеханических и электронных систем: учеб. для вузов / Н. П. Гужов, В. Я. Ольховский, Д. А. Павлюченко. - Феникс, 2011. - 382 с.

2. Кудрин Б. И. Системы электромеханических и электронных систем: учеб. пособие для вузов / Б. И. Кудрин. - Академия, 2011. - 350, [1] с.

### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

| Название ЭОР | Ссылка |
|---|---|
| Надежность электроснабжения | https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=9813 |

Разработанный ЭОР включают промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog).

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/
2. Платформа nanoCAD – это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов *.dwg и IFC делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологий. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей https://www.nanocad.ru/support/education/

### 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. Электротехническая библиотека «Элек.ру» https://www.elec.ru/library/info/

8. Netelectro. Новости электротехники, оборудование. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. https://netelectro.ru/

9. Электроцентр. http://electrocentr.info/

# 5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами, интерактивными досками, мультимедийными проекторами и экранами: В-306 и аудитории общего фонда. Для проведения лабораторных работ используется аудитория: В-305, оснащенная лабораторным оборудованием, испытательными стендами, образцами полупроводниковых приборов и электронных схем., а также аудитории в Инновационно-образовательном комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

# 6 Методические рекомендации

## 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 При подготовке к семинарскому занятию по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, согласно РПД, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого

учебного вопроса. Использовать фронтальный опрос давая возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной подготовки к следующему занятию.

6.1.9 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

### 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

## 7 Фонд оценочных средств

### 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

**Форма промежуточной аттестации в четвёртом семестре: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Надёжность электроснабжения».

### 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации **«экзамен»** и их описание:

| ***Шкала оценивания*** | ***Критерий оценивания*** |
|---|---|
| *Отлично* | *Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.* |
| *Хорошо* | *Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.* |
| *Удовлетворительно* | *Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.* |
| *Неудовлетворительно* | *Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.* |

## 7.3 Оценочные средства

### 7.3.1 Текущий контроль

1. Выполнение промежуточного и итогового тестирования по основным разделам дисциплины в системе LMS.

### 7.3.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме письменного **экзамена** с последующим собеседованием по материалам ответа. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Список вопросов, выносимых на экзамен, выдается студентам на первом занятии. Для подготовки и написания ответа на билет студенту выделяется 40 минут. В процессе проведения собеседования студенту могут быть заданы дополнительные вопросы, не выходящие за рамки изученного курса.

**Вопросы к экзамену:**

1. Назовите характерные нормальные и аварийные режимы работы технической системы. 2. Что является критерием отказа технической системы?

3. Как можно классифицировать отказы?

4. Что является критерием восстановления?

5. Какие системы являются восстанавливаемыми?

6. Приведите примеры восстанавливаемых и невосстанавливаемых технических изделий?

7. Дайте определение критического отказа и критичного элемента системы.

8. Раскройте смысл понятий устойчивости, режимной управляемости и живучести технической системы.

9. Какие специфические свойства описывают надежность энергетических объектов?

10. Дайте определения вероятности безотказной работы и вероятности отказа. Поясните их математический смысл.

11. Что называется интенсивностью отказов? Сформулируйте математический и физический смысл этого понятия.

12. Дайте определение параметра потока отказов. Сформулируйте физический смысл этого понятия.

13. Как изменяется параметр потока отказов технической системы в течение ее срока службы.

14. Перечислите основные коэффициенты, характеризующие надежность технических систем.

15. Назовите статистические законы распределения, применяемые в теории надежности, и область их применения.

16. Сформулируйте алгоритм испытания надежности технической системы.

17. Поясните общий смысл статистических критериев согласия.

18. Для чего в исследованиях надежности используются статистические критерии однородности.

19. Что называется моделью отказов и моделью надежности? В чем различие этих терминов?

20. Нарисуйте графы состояний и переходов для невосстанавливаемой системы с внезапными отказами и постепенным износом. Поясните их основные числовые параметры.

21. Покажите общий вид модели надежности для восстанавливаемых систем и поясните ее основные числовые характеристики.

22. Запишите уравнения для расчета вероятности безотказной работы систем с последовательным и параллельным соединением элементов.

23. Дайте определение резервированной системы. Перечислите виды резервирования энергетических систем.

24. Дайте определение кратности резервирования и поясните ее влияние на надежность и экономичность технической системы.

25. Назовите основные практические методы расчета надежности, применяемые в энергетике. Сформулируйте их область применения, достоинства и недостатки.

26. Перечислите основные этапы аналитического расчета надежности и упрощения, допускаемые в расчетах.

27. Запишите формулы эквивалентных преобразований структурной схемы надежности при последовательном, параллельном и смешанном соединении элементов.

28. Каким образом преобразуются структурные схемы, содержащие поперечные связи?

29. Запишите формулы эквивалентных преобразований структурной схемы из «треугольника» в «звезду» и обратно.

30. Опишите алгоритм логико-вероятностного расчета надежности электромеханических и электронных систем. Поясните порядок составления дерева отказов.

31. Сформулируйте основные законы алгебры логики, используемые при анализе надежности технических систем.

32. В чем особенность таблично-логического метода расчета надежности? Поясните порядок составления таблицы состояний и переходов.

33. Перечислите основные технико-экономические показатели, характеризующие надежность системы электромеханических и электронных систем.

34. Сформулируйте определение экономического ущерба от нарушения режима электромеханических и электронных систем. Назовите основные слагающие этой величины.

35. Что такое основной ущерб и ущерб внезапности? Как они определяются на действующем производстве?

36. Запишите уравнения для практического расчета ущерба при проектировании системы электромеханических и электронных систем.

37. Как зависит ущерб потребителя от качества электроэнергии?

38. Опишите порядок построения функций реакции электрической сети и потребителя при оценке последствий нарушения качества электроэнергии.

39. Из каких основных величин складывается ущерб энергоснабжающей организации при нарушении питания потребителей?

40. Как определяется оптимально-компромиссный вариант электромеханических и электронных систем с точки зрения надежности.