МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель основной профессиональной образовательной программы

_____ Максимов В. П.
14 мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.03.02 НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль (направленность) подготовки
Тепловые энергосистемы

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная, заочная

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Южно-Сахалинск, 2026 г.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Программу составил (и):

Максимов В.П., д.п.н., профессор кафедры электроэнергетики и физики

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электроэнергетики и физики, протокол № 11 от 14 мая 2026 г.

Заведующий кафедрой:

д.п.н., профессор кафедры электроэнергетики и физики _____ В.П. Максимов

© ФГБОУ ВО «СахГУ»

1. Цель и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины — формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области теории надежности электроэнергетических систем (ЭЭС), методов оценки и расчёта показателей надёжности, а также способов обеспечения требуемого уровня надёжности электроснабжения потребителей.

Задачи дисциплины:

- Изучить основные понятия и определения теории надёжности, показатели надёжности элементов ЭЭС и систем в целом .
- Освоить методы расчёта структурной надёжности систем электроснабжения (последовательно-параллельные схемы, метод минимальных сечений).
- Рассмотреть особенности учёта различных видов отказов оборудования (отказ типа «обрыв цепи», «короткое замыкание», отказ в срабатывании защиты).
- Сформировать навыки оценки экономического ущерба от перерывов электроснабжения и выбора оптимального уровня надёжности.
- Овладеть методами резервирования и планирования технического обслуживания для повышения надёжности ЭЭС.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин Б.1 основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», является дисциплиной по выбору (ДВ.3).

Пререквизиты дисциплины (модуля): «Электроэнергетические системы и сети», «Электрические станции и подстанции», «Электрические сети промышленных предприятий», «Теоретические основы электротехники», «Теория вероятностей и математическая статистика».

Постреквизиты дисциплины: преддипломная практика, выпускная квалификационная работа.

3. Формируемые компетенции и индикаторы их достижения по дисциплине (модулю)

Коды компетенции	Содержание компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПКС-3	Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПКС-3.1. Знать: основные показатели надёжности элементов ЭЭС, методы расчёта структурной надёжности, виды отказов оборудования . ПКС-3.2. Уметь: рассчитывать параметры потока отказов и время восстановления для схем электроснабжения, оценивать ущерб от перерывов электроснабжения . ПКС-3.3. Иметь навыки: выбора схем резервирования, обоснования оптимального уровня надёжности, анализа живучести ЭЭС .

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 академических часов) — данные из учебного плана (Б1.В.ДВ.03.02).

Вид работы	Трудоёмкость, акад. часов
Общая трудоёмкость	108
Контактная работа:	48
Лекции (Лек)	22
Практические занятия (ПР)	22
Лабораторные работы (Лаб)	
Контактная работа в период теоретического обучения (КонтТО)	4
Промежуточная аттестация (зачёт)	0
Самостоятельная работа:	60
– проработка лекционного материала	20
– подготовка к практическим занятиям	20
– подготовка к лабораторным работам	20

4.2. Распределение видов работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины (модуля)

Очная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Лек	Пр	Лаб	СР	КонтТО	Формы текущего контроля успеваемости
1	Основы теории надёжности. Показатели надёжности элементов ЭЭС	7	2	4	0	6	0	Опрос, тест
2	Структурная надёжность систем электроснабжения	7	2	6	0	8	1	Расчёт надёжности, решение задач
3	Виды отказов оборудования и методы их учёта	7	2	4	2	8	1	Лабораторная работа, отчёт
4	Резервирование и повышение надёжности	7	2	6	2	10	1	Контрольная работа, кейс
5	Экономический ущерб от перерывов электроснабжения	7	2	4	0	8	1	Расчёт ущерба
6	Надёжность систем с учётом технического обслуживания и ремонтов	7	2	4	0	8	0	Решение задач, анализ
7	Живучесть ЭЭС и анализ особых режимов	7	2	2	0	8	0	Опрос, тест
	Итого		**14**	**30**	**4**	**56**	**4**	

4.3. Содержание разделов дисциплины

1. Основы теории надёжности. Показатели надёжности элементов ЭЭС

Основные понятия теории надёжности: надёжность, отказ, работоспособность, безотказность, долговечность, ремонтопригодность. Единичные и комплексные показатели надёжности элементов ЭЭС: вероятность безотказной работы P(t), частота отказов a(t), интенсивность отказов λ(t), параметр потока отказов ω, наработка на отказ T_0, среднее время восстановления T_в.

2. Структурная надёжность систем электроснабжения

Методы расчёта надёжности сложных систем. Последовательно-параллельные схемы замещения. Расчёт вероятности безотказной работы при последовательном и параллельном соединении элементов. Метод минимальных сечений и метод разложения сложной структуры по базовому элементу . Учёт резервирования.

3. Виды отказов оборудования и методы их учёта

Классификация отказов элементов ЭЭС . Отказ типа «обрыв цепи» и отказ типа «короткое замыкание». Отказы защитных коммутационных аппаратов: отказ в срабатывании, ложное срабатывание. Учёт трёх видов отказов при расчётах надёжности схем электроснабжения.

4. Резервирование и повышение надёжности

Методы резервирования: общее, раздельное, скользящее. Нагруженный, облегчённый и ненагруженный резерв. Схемы резервирования в системах электроснабжения: двойное питание, кольцевые сети, секционирование, АВР . Выбор оптимальной схемы резервирования.

5. Экономический ущерб от перерывов электроснабжения

Составляющие ущерба от недоотпуска электроэнергии. Методы оценки ущерба для различных категорий потребителей. Математическое ожидание ущерба. Учёт ущерба при выборе схемы электроснабжения и определении оптимального уровня надёжности.

6. Надёжность систем с учётом технического обслуживания и ремонтов

Влияние системы ТОиР на показатели надёжности ЭЭС. Модели восстановительных процессов. Оптимизация периодичности и объёмов ремонтов. Оценка эффективности ремонтных воздействий . Учёт старения оборудования.

7. Живучесть ЭЭС и анализ особых режимов

Понятие живучести электроэнергетических систем. Способность системы выдерживать системные аварии. Анализ особых и послеаварийных режимов. Оценка запасов статической и динамической устойчивости.

4.4. Темы и планы практических занятий

Тематика практических занятий	Трудоёмкость (час.)
Расчёт показателей надёжности элементов ЭЭС по статистическим данным отказов.	2
Построение и анализ экспоненциального и нормального	2

распределений наработки до отказа.	
Расчёт надёжности для последовательного и параллельного соединения элементов.	2
Расчёт надёжности сложных схем методом минимальных сечений.	4
Расчёт надёжности схем электроснабжения с учётом отказов защитных аппаратов.	4
Выбор оптимальной схемы резервирования для потребителей различных категорий.	4
Расчёт надёжности кольцевых сетей и сетей с АВР.	2
Расчёт математического ожидания ущерба для промышленного предприятия.	2
Технико-экономическое обоснование выбора схемы по критерию минимума приведённых затрат с учётом ущерба.	2
Расчёт оптимальной периодичности профилактических ремонтов оборудования.	2
Оценка влияния износа оборудования на показатели надёжности.	2
Анализ живучести ЭЭС при каскадных авариях.	2
	30

4.5. Темы и планы лабораторных занятий

Лабораторная работа № 1. Моделирование отказов в системе электроснабжения
Цель: изучение влияния различных видов отказов (обрыв цепи, короткое замыкание, отказ в срабатывании выключателя) на надёжность электроснабжения потребителей с использованием программного комплекса.
Оборудование: ПК с установленным специализированным ПО для моделирования надёжности («РЕСУРС», Mathcad, MATLAB/Simulink).
Содержание работы:
1. Построение схемы замещения для оценки надёжности заданной системы электроснабжения.
2. Задание параметров потока отказов и восстановлений для элементов схемы.
3. Моделирование отказов и расчёт итоговых показателей надёжности для узла нагрузки.
4. Оценка влияния отказа в срабатывании выключателя на время восстановления электроснабжения.

Лабораторная работа № 2. Исследование эффективности резервирования
Цель: сравнение показателей надёжности для схем с различными способами резервирования (без резервирования, с резервированием на НН, с резервированием на СН, двойное резервирование).
Содержание работы:
1. Построение в ПО четырёх вариантов схем электроснабжения.
2. Расчёт параметра потока отказов и наработки на отказ для каждого варианта.
3. Сравнительный анализ эффективности различных схем резервирования.
4. Оформление отчёта с выводами о выборе оптимальной схемы.

5. Темы дисциплины (модуля) для самостоятельного изучения

1. Стандартизация в области надёжности электроэнергетического оборудования.
2. Надёжность систем с учётом «человеческого фактора» (ошибки персонала).
3. Цифровые технологии мониторинга и прогнозирования отказов оборудования.
4. Надёжность систем с распределённой генерацией и возобновляемыми источниками энергии.

6. Образовательные технологии

№ п/п	Наименование раздела	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Основы теории надёжности	Лекция, практическое занятие	Вводная лекция с использованием презентаций. Решение расчётных задач.
2	Структурная надёжность	Лекция, практическое занятие	Проблемная лекция. Кейс-метод (расчёт надёжности реальной схемы).
3	Виды отказов оборудования	Лекция, лабораторная работа	Лабораторный практикум с использованием ПО. Разбор реальных аварий.
4	Резервирование	Лекция, практическое занятие, лабораторная работа	Деловая игра «Выбор схемы резервирования». Компьютерное моделирование.
5	Экономический ущерб	Лекция, практическое занятие	Кейс-стади (расчёт ущерба для промышленного предприятия) .
6	ТОиР и надёжность	Лекция, практическое занятие	Анализ конкретных ситуаций. Работа с отраслевыми нормативами.
7	Живучесть ЭЭС	Лекция, практическое занятие	Видеолекции с разбором крупных системных аварий в ЕЭС России.

7. Оценочные средства (материалы) для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Вопросы для проведения текущего контроля

1. Что такое надёжность и какие основные свойства её характеризуют?
2. Какие показатели используются для оценки надёжности восстанавливаемых элементов?
3. В чём отличие отказа типа «обрыв цепи» от отказа типа «короткое замыкание»?
4. Как влияет отказ в срабатывании выключателя на надёжность электроснабжения?
5. Какие методы резервирования применяются в электроэнергетике?

7.2. Вопросы к зачёту

1) Понятие надёжности электроэнергетической системы. Основные составляющие надёжности (безотказность, ремонтопригодность, долговечность).
2) Единичные показатели надёжности элементов ЭЭС: интенсивность отказов, наработка на отказ, среднее время восстановления.
3) Комплексные показатели надёжности: коэффициент готовности, коэффициент простоя, коэффициент оперативной готовности.
4) Закон распределения наработки до отказа (экспоненциальное распределение). Экспоненциальная модель надёжности.
5) Методы расчёта структурной надёжности для последовательного и параллельного соединения элементов.
6) Расчёт надёжности сложных схем методом минимальных сечений и методом разложения.
7) Классификация видов отказов оборудования систем электроснабжения
8) Особенности расчёта надёжности с учётом отказов типа «обрыв цепи» и «короткое замыкание».
9) Расчёт надёжности схем электроснабжения с учётом отказов в срабатывании защитных

аппаратов.
10) Общее, раздельное и скользящее резервирование. Нагруженный, облегчённый и ненагруженный резерв.
11) Схемы резервирования в системах электроснабжения: АВР, кольцевые сети, секционирование
12) Расчёт надёжности системы с резервированием замещением.
13) Экономический ущерб от перерывов электроснабжения: составляющие и методы расчёта.
14) Математическое ожидание ущерба. Учёт ущерба при проектировании и эксплуатации ЭЭС
15) Влияние технического обслуживания и ремонтов на показатели надёжности ЭЭС.
16) Оптимизация периодичности профилактических ремонтов оборудования.
17) Понятие живучести электроэнергетической системы. Устойчивость и живучесть.
18) Анализ особых и послеаварийных режимов ЭЭС.
19) Надёжность систем электроснабжения промышленных предприятий.
20) Современные методы мониторинга и диагностики состояния оборудования для оценки надёжности.

7.3. Примерная тематика тестов рубежного контроля

1. Какой показатель характеризует среднюю продолжительность одного отказа?
A) Интенсивность отказов λ(t)
B) Среднее время восстановления T_в
C) Параметр потока отказов ω
D) Вероятность безотказной работы P(t)
2. Какое выражение соответствует вероятности безотказной работы при экспоненциальном законе распределения?
A) P(t) = 1 — exp(—λt)
B) P(t) = exp(—λt)
C) P(t) = 1 — λt
D) P(t) = λ·exp(—λt)
3. Как изменяется надёжность системы при параллельном соединении элементов (дублирование)?
A) Надёжность снижается
B) Надёжность остаётся неизменной
C) Надёжность повышается
D) Надёжность становится равной нулю
4. Что относится к отказам защитного коммутационного аппарата?
A) Только короткое замыкание в линии
B) Отказ в срабатывании и ложное срабатывание
C) Только перегрузка по току
D) Только снижение напряжения
5. Для какой категории надёжности требуется наличие двух независимых источников питания с АВР?
A) Первая категория
B) Вторая категория
C) Третья категория
D) Особая группа первой категории
6. Что из перечисленного относится к прямым составляющим ущерба от перерыва электроснабжения?
A) Упущенная выгода
B) Стоимость повреждённого оборудования
C) Штрафы за недопоставку продукции

D) Все перечисленные варианты
Эталонные ответы:
1 – B, 2 – B, 3 – C, 4 – B, 5 – D, 6 – D.

8. Система оценивания планируемых результатов обучения

Оценивание успешности деятельности студентов по дисциплине проводится с применением балльно-рейтинговой системы.

Вид текущей аттестации	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Выполнение и защита лабораторных работ (2 работы)	10	20
Выполнение практических работ (расчётные задания)	20	40
Составление схем и таблиц показателей надёжности	5	10
Тестирование рубежного контроля (2 этапа)	12	20
Итого	**47**	**90**

Дополнительная часть (отработка, олимпиады, творческие задания): до +10 баллов.

Итоговая оценка	Баллы
«Зачтено»	52-100
«Не зачтено»	0-51

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

9.1. Основная литература

Секретарев, Ю. А. Надежность электроснабжения : учебное пособие / Ю. А. Секретарев. – 2-е изд., доп. и перераб. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2025. – 148 с. – ISBN 978-5-7782-5432-9 .
Варганова, А. В. Надежность систем электроснабжения : учебник для вузов / А. В. Варганова, А. Н. Шеметов, Д. О. Позин. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 142 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-20968-6 .
Хорольский, В. Я. Надежность электроснабжения : учебное пособие / В. Я. Хорольский. – Москва : Издательство «ФОРУМ», 2023. – 127 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-00091-486-1 .

9.2. Дополнительная литература

1. Ушаков, В. Я. Электроэнергетические системы и сети : учебник для вузов / В. Я. Ушаков. – 2-е изд., пер. и доп. – Москва : Юрайт, 2025. – 393 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-18061-9 .
2. Ковалев, А. П. Методика расчета надежности электроснабжения узлов нагрузки с учетом трех видов отказов элементов системы / А. П. Ковалев, В. П. Муха, А. А. Васин, В. В. Якимишина // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: «Електротехніка і енергетика». – 2002. – Вип. 50. – С. 125-133 .

3. Петрова, Р. М. Оценка параметров надежности схем систем электроснабжения промышленных объектов электротехнических комплексов / Р. М. Петрова, Е. И. Грачева, Н. К. Мифтахова // Вестник МГТУ. – 2025. – Т. 28, № 4. – С. 490-508 .

9.3. Периодические издания

Вестник Московского энергетического института. – ISSN: 1993-6982.
Электричество. – ISSN: 0013-5380.
Энергетик. – ISSN: 0013-7278.

9.4. Программное обеспечение

Операционные системы
Альт Линукс
РЕД ОС
Астра Линукс
Офисные пакеты
МойОфис
Р7-Офис
Специализированное ПО
Mathcad (расчётно-математический пакет)
Программный комплекс «РЕСУРС» (моделирование надёжности)
MATLAB/Simulink (с пакетом расширения для расчётов надёжности)
Антивирусное ПО
Kaspersky Lab
Dr.Web
Справочно-правовые системы
«КонсультантПлюс», версия «Эксперт»
«Техэксперт»

9.5. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Центр дистанционного образования (ЦДО) СахГУ: http://cdo.sakhgu.ru/
Официальный сайт Сахалинского государственного университета: http://www.sakhgu.ru/
АО «Системный оператор Единой энергетической системы»: https://so-ups.ru/
Электроэнергетический Информационный Центр: http://www.electrocentr.info/
IPRbooks: http://www.iprbookshop.ru/
ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com/
ЭБС Znanium: https://znanium.com/
ЭБС Юрайт: https://urait.ru/

10. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебные и учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:
Для слепых и слабовидящих:
лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
экзамен и зачёт проводятся в устной форме.

Для глухих и слабослышащих:
лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура;
письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
экзамен и зачёт проводятся в письменной форме.
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
лекции и задания предоставляются в электронном виде;
допускается использование собственного компьютера со специализированным ПО.

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сахалинская область, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, д. 68	Лекционная аудитория (каб. 210): рабочие места обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; переносной экран; ноутбук; мультимедийный проектор. Компьютерный класс (каб. 118): рабочие места обучающихся (ПК) с выходом в Интернет, ПО Mathcad, «РЕСУРС». Библиотека: доступ к ЭБС, справочным системам.

УТВЕРЖДЕНО
Протокол заседания кафедры
№_____ от_____

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

(Изменения и дополнения в РПД вносятся ежегодно и оформляются в данной форме. Изменения вносятся заменой отдельных листов (старый лист при этом цветным маркером перечеркивается, а новый лист с изменением степлером прикалывается к рабочей программе (хранится на кафедре), в электронной форме РПД должна быть актуализированной всегда, т.е. с внесенными изменениями.

При наличии большого количества изменений и поправок, затрудняющих понимание, возникших в связи с изменением нормативной базы ВО и другим причинам, проводится полный пересмотр РПД (т.е. выпускается новая РПД), которая проходит все стадии проверки и утверждения).

в рабочей программе *(модуле)* дисциплины_____
(название дисциплины)
по направлению подготовки *(специальности)*_____

на 20__/20__ учебный год

1. В _____ вносятся следующие изменения:
(элемент рабочей программы)
1.1. ……..;
1.2. ……...;
…
1.9. …… .

2. В _____ вносятся следующие изменения:
(элемент рабочей программы)
2.1. ……..;
2.2. ……...;
…
2.9. …… .

3. В _____ вносятся следующие изменения:
(элемент рабочей программы)
3.1. ……..;
3.2. ……...;
…
3.9. …… .

Составитель подпись расшифровка подписи
дата

Зав. кафедрой подпись расшифровка подписи