

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Брикс кафедры»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №15 от 18 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

**«ДАЛЬНИЕ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ / LONG-
DISTANCE POWER LINES»**

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Современные технологии электроэнергетики / Power Electrical Engineering

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Карамов Дмитрий
Николаевич
Дата подписания: 06.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Киреевко Анна
Павловна
Дата подписания: 10.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Карамов
Дмитрий Николаевич
Дата подписания: 06.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения / Long-Distance Power Lines» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

| Код, наименование компетенции | Код индикатора компетенции |
|--|----------------------------|
| ПКС-2 Способность к выполнению работ по эксплуатации современного оборудования и систем электроснабжения с большой долей генераций возобновляемых источников и накопителей | ПКС-2.3 |

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

| Код индикатора | Содержание индикатора | Результат обучения |
|----------------|--|---|
| ПКС-2.3 | Применяет знания в области сооружения и эксплуатации линий электропередачи сверхвысокого уровня напряжения | Знать конструктивные и технические особенности ЛЭП сверхвысокого напряжения (СВН). Области применения линий электропередачи СВН. Уметь применять методики расчета конструкций линий электропередачи СВН, а также режимов функционирования. Анализировать и обосновывать предлагаемые технические решения. Владеть методиками математического моделирования линий электропередачи СВН, программным обеспечением для проектирования и расчета режимных параметров. |

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения / Long-Distance Power Lines» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Введение в профессиональную деятельность / Introduction into Professional Activities», «Теоретические основы электротехники / Theoretical Foundations of Electrical Engineering», «Общая энергетика / General Energy Issues», «Надежность электроэнергетических систем / Reliability of electric power systems», «Электрические машины / Electric Machines»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Электроэнергетические системы и сети / Electric Power Systems and Networks», «Релейная защита систем электроснабжения / Relay Protection of Power Supply Systems», «Основы электроснабжения / Basics of Electricity Supply», «Энергоснабжение / Energy Supply», «Системы электроснабжения / Power Supply Systems», «Монтаж, наладка и эксплуатация систем электроснабжения / Installation, Commissioning and Operation of Power Supply Systems», «Электрические станции и подстанции / Power Stations and Substations»,

«Проектирование электроустановок подстанций / Designing of Electrical Substations»,
 «Производственная практика: проектная практика / Company Internship 2»,
 «Производственная практика: эксплуатационная практика / Company Internship 3»,
 «Производственная практика: преддипломная практика / Undergraduate Practice»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

| Вид учебной работы | Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа) | |
|---|---|-------------|
| | Всего | Семестр № 5 |
| Общая трудоемкость дисциплины | 108 | 108 |
| Аудиторные занятия, в том числе: | 30 | 30 |
| лекции | 15 | 15 |
| лабораторные работы | 15 | 15 |
| практические/семинарские занятия | 0 | 0 |
| Контактная работа, в том числе | 0 | 0 |
| в форме работы в электронной информационной образовательной среде | 0 | 0 |
| Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование) | 42 | 42 |
| Трудоемкость промежуточной аттестации | 36 | 36 |
| Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине) | Экзамен | Экзамен |

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 5

| № п/п | Наименование раздела и темы дисциплины | Виды контактной работы | | | | | | СРС | | Форма текущего контроля |
|-------|---|------------------------|-----------|----|-----------|---------|-----------|------|-----------|-------------------------|
| | | Лекции | | ЛР | | ПЗ(СЕМ) | | № | Кол. Час. | |
| | | № | Кол. Час. | № | Кол. Час. | № | Кол. Час. | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Особенности дальних линий электропередач сверхвысокого напряжения. Общие положения. | 1 | 2 | | | | | 2, 3 | 6 | Устный опрос |
| 2 | Технические характеристики передачи электроэнергии на большие расстояния. Понятие натуральной | 2 | 2 | 1 | 2 | | | 2 | 2 | Устный опрос |

| | | | | | | | | | | |
|----|--|---|----|------|----|--|--|------|----|------------------|
| | мощности. Круговые диаграммы. | | | | | | | | | |
| 3 | Режимы максимальных и минимальных нагрузок дальних электропередач. | 3 | 2 | 2 | 2 | | | 2 | 2 | Устный опрос |
| 4 | Особые режимы дальних электропередач. | 4 | 3 | 3, 4 | 4 | | | 1, 2 | 7 | Устный опрос |
| 5 | Особые режимы дальних электропередач. | | | | | | | 1, 2 | | Устный опрос |
| 6 | Методы повышения пропускной способности ЛЭП СВН. | 5 | 2 | 5 | 3 | | | 2 | 4 | Устный опрос |
| 7 | Методы повышения пропускной способности ЛЭП СВН. | | | | | | | 2 | | Устный опрос |
| 8 | Линии постоянного тока сверхвысокого напряжения. | 6 | 4 | 6 | 4 | | | 1, 2 | 5 | Устный опрос |
| 9 | Решение задач по всем разделам дисциплины. | | | | | | | 4 | 8 | Решение задач |
| 10 | Решение специальных задач повышенной сложности. | | | | | | | 4 | 8 | Решение задач |
| | Промежуточная аттестация | | | | | | | | 36 | Экзамен |
| | Всего | | 15 | | 15 | | | | 78 | |

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 5

| № | Тема | Краткое содержание |
|---|---|---|
| 1 | Особенности дальних линий электропередач сверхвысокого напряжения. Общие положения. | Роль дальних электропередач в современной электроэнергетике. Виды систем и электропередач. Преимущества объединения энергосистем с помощью дальних ЛЭП СВН. Техникоэкономические задачи, возникающие при передаче энергии и объединении систем. Развитие энергосистем и дальних электропередач. Перспективы развития дальних ЛЭП СВН. Конструкция дальних электропередач. Задачи, возникающие при выборе основных параметров электропередач и установлении их режимов. Конструктивные |

| | | |
|----|---|---|
| | | особенности линий сверхвысокого напряжения |
| 2 | Технические характеристики передачи электроэнергии на большие расстояния. Понятие натуральной мощности. Круговые диаграммы. | Свойства и значение натурального режима. Свойства натурального режима. Оценка режимов работы электропередачи. Расчет режимов электропередачи при учете потерь. Понятие пропускной способности и условия ее определения. Схемы замещения дальних электропередач. |
| 3 | Режимы максимальных и минимальных нагрузок дальних электропередач. | Расчет нормальных режимов протяженных линий электропередач СВН. |
| 4 | Особые режимы дальних электропередач. | Выбор компенсирующих устройств и их расстановка в электрических сетях сверхвысокого напряжения. |
| 5 | Особые режимы дальних электропередач. | Исследование ЛЭП СВН длиной в четверть волны. |
| 6 | Методы повышения пропускной способности ЛЭП СВН. | Моделирование параметров режима холостого хода ЛЭП СВН. |
| 7 | Методы повышения пропускной способности ЛЭП СВН. | Исследование ДЭП СВН с устройствами продольной компенсации. |
| 8 | Линии постоянного тока сверхвысокого напряжения. | Моделирование нормального режима линий постоянного тока. |
| 9 | Решение задач по всем разделам дисциплины. | Решение задач по разделам предмета. |
| 10 | Решение специальных задач повышенной сложности. | Индивидуальные задания, задачи, расчетно-графические работы по разделам дисциплины. |

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 5

| № | Наименование лабораторной работы | Кол-во академических часов |
|---|--|----------------------------|
| 1 | Исследование схем замещения дальних линий электропередач сверхвысокого напряжения. | 2 |
| 2 | Расчет параметров нормального режима дальних линий электропередач сверхвысокого напряжения различными способами. | 2 |
| 3 | Расчёт параметров режима холостого хода дальних ЛЭП СВН | 2 |
| 4 | Исследование ЛЭП СВН длиной в четверть волны. | 2 |
| 5 | Исследование ДЭП СВН с устройствами продольной компенсации. | 3 |

| | | |
|---|---|---|
| 6 | Расчет нормального режима линий постоянного тока. | 4 |
|---|---|---|

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 5

| № | Вид СРС | Кол-во академических часов |
|---|---|----------------------------|
| 1 | Подготовка к контрольным работам | 6 |
| 2 | Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам) | 16 |
| 3 | Подготовка презентаций | 4 |
| 4 | Решение специальных задач | 16 |

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссия, компьютерные симуляции, кейс-технология, мозговой штурм, проект.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Студентам заранее назначается тема лабораторного занятия, которую они должны изучить на основе лекционного материала, профессионального стандарта и рекомендованной литературы.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Подготовка к практическим занятиям, выполнение презентаций, отчетов, рефератов и решение задач.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 5 | Устный опрос

Описание процедуры.

Выдаются персональные задания по рассматриваемой теме. Задания имеют теоретическую часть состоящую из трех вопросов и задачи.

Примеры вопросов:

1. Какое значение имеет напряжение и ток в середине линии данного типа.
2. Как изменяются параметры линии в режиме холостого хода.
3. Какие основные недостатки имеет линия длиной в половину волны.
4. Как скомпенсировать линию, чтобы добиться требуемой пропускной способности.
5. Как ведет себя линия в нагрузочном режиме.

Критерии оценивания.

1) "Отлично" - все выполнено верно и без ошибок; 2) "Хорошо" - задачи решены верно, теоретическая часть и ответы на вопросы имеют неточности; 3) "Удовлетворительно" - имеются неточности в решении задачи и ответах; 4) "Неудовлетворительно" - все ответы не верны.

6.1.2 семестр 5 | Решение задач

Описание процедуры.

Выдаются персональные задания по рассматриваемой теме. Задания имеют теоретическую часть и задачи.

1. Что такое УПК и для чего используются?
2. Преимущества использования УПК?
3. Чем ограничена пропускная способность линий 220-750 кВ?
4. От чего зависит увеличение пропускной способности ВЛ?

Задача.

Согласно исходным данным, приведённым в таблице необходимо выбрать устройство продольной компенсации (УПК) и рассчитать возможное увеличение пропускной способности.

Критерии оценивания.

1) "Отлично" - все выполнено верно и без ошибок; 2) "Хорошо" - задачи решены верно, теоретическая часть и ответы на вопросы имеют неточности; 3) "Удовлетворительно" - имеются неточности в решении задачи и ответах; 4) "Неудовлетворительно" - все ответы не верны.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

| Индикатор достижения компетенции | Критерии оценивания | Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации |
|---|--|--|
| ПКС-2.3 | Знает конструктивные и технические особенности ЛЭП сверхвысокого напряжения (СВН). Области применения линий электропередачи СВН; Умеет применять методики расчета конструкций линий электропередачи СВН, а также режимов функционирования. Анализировать и обосновывать предлагаемые технические решения; Владеет методиками математического моделирования линий электропередачи СВН, программным обеспечением для проектирования и расчета режимных параметров. | Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ. |

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проходит в формате собеседования со студентом. К экзамену допускаются обучающиеся, которые выполнили практические работы. Оценивается понимание пройденного материала. Оценка производится по пятибалльной шкале. Знания, умения, владения обучающегося на экзамене оцениваются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Проверяется знание теоретического материала, наличие всех лекций и выполненных презентаций, пройденных тестов. Экзамен проводится письменно по экзаменационным билетам. Экзаменационный билет состоит из трех вопросов и задачи. В случае невыполнения критерия оценивания назначается дата пересдачи, но не более 2 раз с последующим опросом по всем темам дисциплины.

Пример задания:

Примеры вопросов.

1. Особенности проектирования дальних ЛЭП СВН и их применение для объединения энергосистем.
2. Преимущества объединения энергосистем с помощью дальних ЛЭП СВН.
3. Схемы выполнения электропередач СВН
4. Габариты линий СВН и факторы, их определяющие.
5. Влияние конструкции фазы на удельные электрические параметры линии и ее пропускную способность.
6. Воздействие ЛЭП СВН на окружающую среду.
7. Учет распределенности параметров ЛЭП и волнового процесса передачи энергии.
8. Уравнение длинной линии.
9. Понятие идеальной линии.
10. Зависимость предела передаваемой мощности линии от ее длины.
11. Влияние индуктивности и емкости линии на напряжение и ток.
12. Понятие натуральной мощности.
13. Распределение напряжения и тока в линии при передаче по ней мощности меньше и больше натуральной.
14. Соотношения между параметрами режима ЛЭП.
15. Круговые диаграммы мощностей начала и конца линии.
16. Определение КПД линии и электропередачи.
17. Реактивные мощности концов линии при разных нагрузках, методы их компенсации.
18. Действие индуктивности и емкости линии на напряжение и ток.
19. Изменение напряжения и тока в ЛЭП.
20. Процессы в дальних ЛЭП при одинаковом напряжении по её концам.
21. Схемы замещения ЛЭП.
22. Представление ЛЭП четырехполюсниками.
23. Представление ЛЭП П-образными схемами замещения.
24. Связь между параметрами различных схем замещения ЛЭП.
25. Характеристики П-образной схемы замещения ЛЭП.
26. Поправочные коэффициенты и их определение.
27. Учет элементов с сосредоточенными параметрами.

28. Задачи расчетов режимов ЛЭП и способы задания исходной информации.
29. Задачи расчета режима наибольших нагрузок.
30. Задачи расчета режима минимальных нагрузок.
31. Определение особых режимов.
32. Установившиеся режимы холостого хода.
33. Самовозбуждение генераторов в режиме одностороннего включения протяженной ЛЭП
34. Несимметричные режимы работы электропередач.
35. Методы увеличения пропускной способности ЛЭП.
36. Промежуточные синхронные компенсаторы, выбор их мощности и места установки.
37. Продольная емкостная компенсация.
38. Особенности передачи энергии по линиям постоянного тока.
39. Схема замещения ЛЭП постоянного тока.
40. Схема трехфазного вентильного моста Ларионова.
41. Униполярные и биполярные ЛЭП постоянного тока.
42. Уравнения токов и напряжений для ЛЭП постоянного тока.
43. Режимы малых токов, рабочих токов и перегрузки ЛЭП постоянного тока.
44. Внешние характеристики выпрямителя.
45. Режимы работы выпрямителя.
46. Принцип действия и эквивалентная схема инвертора.
47. Характеристики режима инвертора.
48. Внешние характеристики однофазного инвертора.
49. Совместная работа выпрямителя и инвертора.
50. Энергетические процессы в преобразователе.
51. Преимущества передачи энергии по ЛЭП постоянного тока.
52. Компактные линии, их конструкция.
53. Удельные параметры и пропускная способность компактных линий.
54. Управляемые линии переменного тока. Методы введения управляющих воздействий в линию, характеристики таких линий.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

| Отлично | Хорошо | Удовлетворительно | Неудовлетворительно |
|--|--|---|---|
| Оценка «Отлично» - Обучающийся рационально применил изученные методы расчета с подробным обоснованием решения при выполнении индивидуальных заданий. | Оценка «Хорошо» - Обучающийся применил изученные методы расчета с подробным обоснованием решения задач, но допустил незначительные ошибки. | Оценка «Удовлетворительно» - Обучающийся применил изученные методы расчета, но не привел подробного обоснования решения при выполнении индивидуальных заданий. Допустил ошибки. | Оценка «Неудовлетворительно» - Обучающийся применил изученные методы расчета, но не привел подробного обоснования решения при выполнении и защите индивидуальных заданий. Допустил грубые ошибки. |

7 Основная учебная литература

1. Электротехнический справочник : в 3т. Т. 3. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии/Подгот. В. А. Веников и др. / Под общ. ред. И. Н. Орлова (гл. ред.) и др., 1988. - 878.
2. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях : учеб. пособие для электроэнерг. спец. вузов / Под ред. В. А. Веникова, 1983. - 497.
3. Электрические системы : учебное пособие для электроэнерг. спец. вузов. В 7т. Т. 2. Электрические сети / Под ред. В. А. Веникова, 1971. - 438.
4. Веников В. А. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики) : учебное пособие для вузов / В. А. Веников, 1976. - 479.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Электрические станции, сети и системы/Линии электропередачи ультравысокого напряжения / А. Н. Щеренцис, 1982. - 116.
2. Управляемые линии электропередачи / Ю. Н. Астахов и др. ; под ред. В. А. Веникова, 1984. - 297 сссс.
3. Рябков А. Я. Электрические сети и линии электропередачи : учебник для энергетических техникумов / А. Я. Рябков, 1945. - 295.
4. Линии электропередачи повышенной пропускной способности : сб. науч. тр. НИИИТ / Науч.-исслед. ин-т по передаче электроэнергии постоян. током высокого напряжения, 1985. - 102.
5. Барг Иосиф Георгиевич. Воздушные линии электропередачи : вопросы эксплуатации и надежности / Иосиф Георгиевич Барг, В.И. Эдельман, 1985. - 248.
6. Линии электропередачи высокого напряжения, 1956. - 48.
7. Линии электропередачи высокого напряжения : сборник статей. Вып. 4, 1959. - 128.
8. Статические источники реактивной мощности в электрических сетях / В. А. Веников [и др.], 1975. - 135.
9. Веников В. А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем : учеб. для энерг. спец. вузов / В. А. Веников, В. Г. Журавлев, Т. А. Филиппова, 1990. - 349.
10. Веников В. А. Теория подобия и моделирования: (Применительно к задачам электроэнергетики) : учебник / В. А. Веников, Г. В. Веников, 1984. - 439.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Python

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Доска аудиторная ДА-3а
2. Доска аудиторная ДА-3а
3. Прибор ЭКО 200 измер.напр.
4. Ком-т лаб.обор." Умная местная распределительная электрическая сеть" УМРЭС1-С-К(стендовое исполнение,компьютер-ая версия)
5. Ком-т лаб.обор."Электромонтажный стол" ЭМС2-С (стендовое исполнение)
6. Демонстрационный стенд
7. Двухсторонний информационный стенд
8. Устройство испытательное РЕТОМ-21
9. Шкаф РМУ
10. Двухсторонний информационный стенд
11. Система информационно-электроизмерительная
12. 312126 Комплект лабораторного оборуд. по эл.техники
13. 312124 Комплект лабораторного оборудования
14. 312123 Комплект лабораторного оборудования
15. 312127 Комплект лабораторного оборудования
16. 312125 Комплект лабораторного оборудования
17. 310498 Лабораторный стенд ЛЭС-5