




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП


(подпись) Н.И. Игнатьев

УТВЕРЖДАЮ
Директор Департамента энергетических систем


(подпись) К.А. Штым
22 декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Современные электропередачи сверхвысокого напряжения
Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Организация и управление инжинирингом электроэнергетических систем
Форма подготовки: очная

курс 1 семестр 2
лекции 18 час.
практические занятия 18 час.
лабораторные работы не предусмотрены
всего часов аудиторной нагрузки 36 час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.
зачет не предусмотрен
экзамен 2 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018 г. №147.

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента энергетических систем, протокол от 22 декабря 2021 г. №3.

Директор департамента
Составители: доцент
ст. преподаватель

К.А. Штым
К.М. Иванов
Н.И. Игнатьев

Владивосток
2021

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____
2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____
3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____
4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____
5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями изучения дисциплины являются:

- подготовка магистрантов в области особых режимов работы электроэнергетических систем, формирование у специалиста:
- умения составлять схемы замещения протяженных линий сверхвысокого напряжения,
- навыков расчёта основных параметров режимов электропередач;
- умения анализировать режимы электропередач с целью их оптимизации;
- умения определять мощности и места установки компенсирующих устройств;
- базовых навыков проектирования электропередач сверхвысокого напряжения.

Задачи дисциплины:

- оценка основных режимов линий сверхвысокого напряжения и методов их расчета;
- выбор и расстановка компенсирующих устройств;
- определение путей повышения пропускной способности электропередач;
- изучение особенностей работы передач постоянного тока;
- построение активно-адаптивной сети.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Профессиональные компетенции выпускников

| Наименование категории (группы) универсальных компетенций | Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения) | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--|---|---|
| Технологическая | ПК-4 – Способен к оценке текущего и | ПК-4.1 – Определяет набор критериев оценки текущего и прогнозируемого |

| | | |
|--|---|--|
| | прогнозируемого электроэнергетическог о режима энергосистемы | электроэнергетического режима энергосистемы |
| | | ПК-4.2 – Оценивает текущий и прогнозируемый электроэнергетические режимы энергосистемы по определённому набору критериев |

Таблица 2 – Индикаторы достижения профессиональных компетенций выпускников

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине) |
|--|--|
| ПК-4.1 – Определяет набор критериев оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы | Знает методы оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций |
| | Умеет выполнять оценку текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций |
| | Владет навыками оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций |
| ПК-4.2 – Оценивает текущий и прогнозируемый электроэнергетические режимы энергосистемы по определённому набору критериев | Знает организационные мероприятия для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы |
| | Умеет выполнять организационные мероприятия для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы |
| | Владет навыками подготовки и выполнения организационных мероприятий для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы |

II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов). Форма обучения – очная.

Структура дисциплины, виды учебных занятий и работы обучающегося представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Виды учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине

| Обозначение | Виды учебных занятий и работы обучающегося |
|-------------|---|
| Лек | Лекции |
| Лаб | Лабораторные работы |
| Пр | Практические занятия |
| СР | Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения |
| Контроль | Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации |
| ОК | Онлайн-курс |

Таблица 4 – Структура дисциплины

| № | Наименование раздела дисциплины | С е м е с т р | Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося | | | | | | Формы промежуточной аттестации |
|--------|--|---------------------------------|---|-----|----|----|----|--------------|--------------------------------|
| | | | Лек | Лаб | Пр | ОК | СР | Конт роль | |
| 1 | Раздел 1. Линии электропередач сверхвысокого напряжения в энергосистемах | 2 | 6 | - | 8 | - | 36 | 36 | экзамен |
| 2 | Раздел 2. Режимы электропередач сверхвысокого напряжения | 2 | 12 | - | 10 | | | | |
| Итого: | | 2 | 18 | - | 18 | - | 36 | 36 | экзамен |

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 часов)

Раздел 1. Линии электропередач сверхвысокого напряжения в энергосистемах (6 часов)

Тема 1. Роль электропередач сверхвысокого напряжения в энергосистемах (1 час)

Задачи, которые решаются с помощью линий сверхвысокого напряжения в энергосистемах. Особенности линий сверхвысокого напряжения, их технические и экономические характеристики, требования, предъявляемые к этим линиям. Краткий исторический обзор развития техники передачи энергии на расстояние. Применение электропередач сверхвысокого напряжения за рубежом.

Тема 2. Особенности конструктивного исполнения линий сверхвысокого напряжения (1 час)

Габариты линий сверхвысокого напряжения и факторы, их определяющие. Конструкция фазы линий сверхвысокого напряжения, выбор ее оптимальных параметров. Влияние конструкции фазы на удельные электрические параметры линии и ее пропускную способность.

Тема 3. Уравнение токов и напряжений, распределение токов и напряжений по линии (2 часа)

Учет распределенности параметров длинной линии и волновых процессов при передаче электрической энергии. Характеристики режима при передаче различных мощностей в протяжённой линии. Круговые диаграммы мощностей начала и конца длинной линии.

Тема 4. Способы представления протяженных линий в расчетных схемах (2 часа)

Возможные способы представления протяженных линий в расчетных схемах. Связь параметров четырехполюсника с параметрами П-образной схемы. Связь параметров четырехполюсника с параметрами Т-образной схемы.

Раздел 2. Режимы электропередач сверхвысокого напряжения (12 часов)

Тема 5. Нагрузочные режимы электропередач (2 часа)

Особенности расчета режимов малых нагрузок, загрузка генераторов и синхронных компенсаторов реактивной мощностью, стекающей с длинной линии. Выбор мощности и места установки шунтирующих реакторов на линиях сверхвысокого напряжения. Расчеты режимов линий с промежуточными отборами мощности, алгоритмы расчетов.

Тема 6. Особые режимы электропередачи (2 часа)

Режим одностороннего включения протяженной линии. Распределение напряжения и реактивной мощности вдоль длинной линии. Методы ограничения напряжений и компенсации реактивной мощности. Выбор мощности и места установки шунтирующих реакторов на линиях сверхвысокого напряжения.

Тема 7. Методы повышенной пропускной способности СВН (2 часа)

Понятие пропускной способности линии. Общая характеристика способов повышения пропускной способности на линиях сверхвысокого напряжения. Промежуточные синхронные компенсаторы, выбор их мощности и места установки.

Тема 8. Передачи постоянного тока, с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (4 часа)

Основы преобразовательной техники. Структурная схема передачи постоянного тока. Схема замещения передачи постоянного тока. Трёхфазная мостовая схема преобразования напряжения. Униполярные и биполярные передачи постоянного тока.

Тема 9. Управляемые электропередачи переменного тока, с использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (2 часа)

Компактные линии, их конструкция, удельные параметры, пропускная способность. Управляемые линии переменного тока. Методы введения управляющих воздействий в линию, характеристики управляемых линий. Схема управляемой электропередачи переменного тока, ее основные характеристики, преимущества и недостатки.

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия (18 часов)

Раздел 1. Линии электропередач сверхвысокого напряжения в энергосистемах (8 часов)

Занятие 1. Распределение напряжения, тока и реактивной мощности вдоль линии электропередачи (4 часа)

1. Использование погонных параметров для математического анализа режимов электропередачи.
2. Представление режимных параметров в виде прямой и обратной волн.
3. Применение уравнения дальней линии для оценки режимов электропередач.

Занятие 2. Круговые диаграммы и угловые характеристики мощности, с использованием метода активного обучения – «проектирование» (4 часа)

1. Круговые диаграммы на комплексной плоскости полной мощности.
2. Угловые характеристики активной и реактивной мощности электропередачи.
3. Взаимосвязь активной мощности с электромагнитным моментом на валу синхронных машин.

Семинар с использованием интерактивных методов обучения.

Раздел 2. Режимы электропередач сверхвысокого напряжения (10 часов)

Занятие 3. Связь параметров четырехполюсника с параметрами П- и Т-образной схемы замещения (4 часа)

1. Представление дальней электропередачи в виде каскадного соединения простых четырёхполюсников.
2. Продольные и поперечные параметры электропередачи.
3. Преимущества использования теории четырёхполюсников в линиях с распределёнными параметрами.

Занятие 4. Выбор мощности и места установки шунтирующих реакторов (2 часа)

1. Влияние шунтирующих реакторов на режим линии.
2. Конструктивные особенности шунтирующих реакторов.
3. Определение оптимальной мощности шунтирующих реакторов.
4. Определение мест установки шунтирующих реакторов.

Занятие 5. Расчет режимов малых нагрузок, загрузка генераторов и синхронных компенсаторов реактивной мощностью, стекающей с линии (2 часа)

1. Причины увеличения напряжения на открытом конце линии.
2. Допустимые уровни напряжений линий и оборудования.
3. Меры по ограничению перенапряжений в различных режимах работы линии.

Занятие 6. Предел передаваемой мощности и его повышение с помощью установки продольной компенсации (2 часа)

1. Зависимость запаса статической устойчивости от количества линий в составе электропередачи.
2. Влияние напряжения электропередачи на запас статической устойчивости.
3. Зависимость запаса статической устойчивости от числа работающих генераторов.
4. Запас статической устойчивости как мера предотвращения асинхронного режима.

Самостоятельная работа (72 часа)

Раздел 1. Линии электропередач сверхвысокого напряжения в энергосистемах (16 часов)

1. Подготовка к блиц-опросу на лекции и тестированию.
2. Решение индивидуальных расчётных заданий.

Раздел 2. Режимы электропередач сверхвысокого напряжения (20 часов)

1. Подготовка к блиц-опросу на лекции и тестированию.
2. Решение индивидуальных расчётных заданий.

3. Подготовка доклада.

Подготовка к экзамену (36 часов)

1. Повторение пройденного в рамках дисциплины материала.
2. Подготовка к промежуточной аттестации в соответствии с вопросами к экзамену.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Современные электропередачи сверхвысокого напряжения» включает в себя:

- характеристику заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

Материалы для самостоятельной работы студентов подготовлены в виде индивидуальных домашних заданий (ИДЗ).

В вариантах ИДЗ по расчёту нормальных режимов протяжённых линий задаётся класс напряжения сооружаемой линии, типы гололёдного и ветрового района местности, среднегодовая плотность воздуха, суммарная общая площадь проводов фазы. Требуется найти оптимальные расстояния между соседними проводами в расщеплённой фазе при различном их числе, определить длительно допустимые напряжения, проанализировать изменения

погонных и волновых параметров линии при различном числе проводов в фазе.

В вариантах ИДЗ по расчёту параметров линий электропередачи задаётся номинальное напряжение линии, длина линии, тип расположения проводов на опорах. Требуется найти параметры П-образной схемы замещения и постоянные четырёхполюсника при использовании трёх проводов в фазе в вершинах равностороннего треугольника.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результаты самостоятельной работы студент выполняет в виде письменного отчета, содержащего полный расчёт искомых параметров, графики и эквивалентные схемы, получаемые в процессе их преобразования.

Изложение в пояснительной записке должно быть сжатым, ясным и сопровождаться формулами, цифровыми данными, схемами.

Материал представляется в следующей последовательности:

- задание на ИДЗ;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение.

Материалы пояснительной записки должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Пояснительная записка выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4. Таблицы и схемы могут быть выполнены на листах иного формата, но должны быть аккуратно сложены по формату А4. Объем отчета составляет не более 8-10 страниц.

Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

✓ 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты ИДЗ. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 8-7 баллов – работа выполнена полностью; допущено не более 1 ошибки в расчётах или в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 6-5 баллов – работа выполнена полностью. Допущено не более 2 ошибок в расчётах или оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Таблица 5 – Контроль достижения целей курса

| № п/п | Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины | Коды и этапы формирования компетенций | | Оценочные средства - наименование | |
|-------|--|--|---|------------------------------------|--|
| | | | | текущий контроль | промежуточная аттестация |
| 1 | Раздел 1. Линии электропередач сверхвысокого напряжения в энергосистемах | ПК-4.1 – Определяет набор критериев оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы | Знает методы оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций | Блиц-опрос на лекции, тестирование | Экзамен. Вопросы 1-16 перечня типовых экзаменационных вопросов. |
| | | | Умеет выполнять оценку текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций | | |
| | | | Владеет навыками оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций | | |
| 2 | Раздел 2. Режимы электропередач сверхвысокого напряжения | ПК-4.2 – Оценивает текущий и прогнозируемый электроэнергетические режимы энергосистемы по определённому набору критериев | Знает организационные мероприятия для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы | Блиц-опрос на лекции, тестирование | Экзамен. Вопросы 17-49 перечня типовых экзаменационных вопросов. |
| | | | Умеет выполнять организационные мероприятия для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы | | |
| | | | Владеет навыками подготовки и выполнения организационных мероприятий для | | |

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| | | | подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы | | |
|--|--|--|---|--|--|

VII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Ушаков, В. Я. Электрические системы и сети : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Я. Ушаков. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 446 с. - Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/456609>

2. Лыкин, А. В. Электрические системы и сети : учебник для среднего профессионального образования / А. В. Лыкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 362 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10376-2. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/456612>

3. Климова, Г. Н. Электрические системы и сети. Энергосбережение : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. Н. Климова. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 179 с. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/495322>

Дополнительная литература

1. Электрические системы. Электрические сети/ Под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева - М.: Высшая школа, 1998. – 511с. - Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:379569&theme=FEFU>

2. Г.Н. Александров. Передача электрической энергии переменным током - Ленинград: Энергоатомиздат , 1990. – 176с. - Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:412344&theme=FEFU>

3. Управление качеством электроэнергии : учебное пособие для вузов / И. И. Карташев [и др.] ; под ред. Ю. В. Шарова.; Москва: Изд. дом

Московского энергетического института, 2009. – 354 с. - Режим доступа:
<https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:358773&theme=FEFU>

4. Грунин О. М. Электрические сети и системы в примерах и задачах: учебное пособие / О. М. Грунин, С. А. Филиппов; Иркутский государственный университет путей сообщения; Забайкальский институт железнодорожного транспорта. – Старый Оскол.: Тонкие наукоемкие технологии, 2010. – 251 с. - Режим доступа:
<https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:663306&theme=FEFU>

Нормативно-правовые материалы

1. Правила устройства электроустановок : [все действующие разделы ПУЭ-7]- Новосибирск: сиб. унив. изд-во, 2008. – 511 с. - Режим доступа:
<https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:665301&theme=FEFU>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

«Интернет»

1. КонсультантПлюс : официальный сайт. – Москва, 1997. – URL:
<https://www.consultant.ru> – Текст: электронный.
2. Министерство энергетики РФ : официальный сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://www.minenergo.gov.ru>. – Текст. Изображение : электронные.
3. Россети ФСК ЕЭС : официальный сайт. – Москва, 2007. – URL:
<http://www.fsk-ees.ru>. – Текст. Изображение : электронные.
4. ПАО РусГидро : официальный сайт. – Москва, 2006. – URL:
<http://www.rushydro.ru>. – Текст. Изображение : электронные.
5. Научная электронная библиотека : [сайт]. – Москва, 2005. – URL:
<https://www.elibrary.ru>. – Текст. Изображение : электронные.
6. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ : [сайт]. – Москва, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Текст: электронный.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д); программное обеспечение для выполнения математических расчётов Mathcad; программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса используются следующие информационно справочные системы: ЭБС ДВФУ, профессиональная поисковая система JSTOR, электронная библиотека диссертаций РГБ, Научная электронная библиотека eLIBRARY, электронно-библиотечная система издательства «Лань», электронная библиотека "Консультант студента", электронно-библиотечная система IPRbooks, информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам".

VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение дисциплины «Современные электропередачи сверхвысокого напряжения» отводится 36 часов аудиторных занятий и 72 часа самостоятельной работы.

Современные образовательные технологии предусматривают взаимосвязанную деятельность преподавателя и учащихся. При изучении данной дисциплины используются традиционные и интерактивные образовательные технологии:

- **лекции** (рассмотрение теоретического материала) с использованием мультимедийных технологий (презентации), диалог с аудиторией, устные

блиц-опросы в начале лекции ориентированы на обобщение и определение взаимосвязи лекционного материала;

- **практические занятия** проводятся на основе совмещения коллективного и индивидуального обучения. На практических занятиях преподаватель дает методику определения оптимального напряжения линий сверхвысокого напряжения, методы расчёта режимных параметров на основании уравнений дальних линий, способы оценки пропускной способности дальней линии по условиям статической устойчивости, методику построения круговых диаграмм мощности протяжённой линии. На основании полученных знаний студенты выполняют индивидуальные расчётные задания по указанным методикам. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию. После выполнения заданий студент защищает его преподавателю в назначенное время;

- **самостоятельная работа** в виде выполнения индивидуальных расчётных заданий, подготовки к рубежному тестированию, блиц-опросу, докладу на занятии направлена на закрепление материала, изученного в ходе лекций и практических занятий.

Темы докладов разрабатываются преподавателем заранее и включаются в планы семинаров. Доклад носит характер краткого (15-20 мин.) аргументированного изложения одной из центральных проблем семинарского занятия. В ходе такого рода семинаров могут быть заслушаны фиксированные выступления по наиболее важным, но трудным вопросам, а также аннотации новых книг или научных статей, подготовленные по заданию преподавателя.

Перечень рассматриваемых вопросов

1. Зависимость запаса статической устойчивости от количества линий в составе электропередачи.

2. Влияние напряжения электропередачи на запас статической устойчивости.

3. Зависимость запаса статической устойчивости от числа работающих генераторов.

4. Запас статической устойчивости как мера предотвращения асинхронного режима.

IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

| Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
|--|--|--|
| Кабинет научно-исследовательской работы студентов и магистров Департамент энергетических систем, ауд. Е550 | Анализатор показателей качества электрической энергии АПКЭ-1, Определитель места повреждения "ИМФ-3Р", Источник постоянного напряжения GW Instek GPR-25H30D, Трассодефектоискатель "Сталкер -75-02", Виброанализатор "Корсар ++", Измеритель напряженности поля промышленной частоты "ПЗ-50В", Инфракрасный термометр (пирометр) "Fluke 576" | -- |

| | | |
|---|--|---|
| | <p>Учебный лабораторный стенд «Электротехника и основы электроники» НТЦ-01.00.000, Учебный лабораторный стенд «Электрические машины» НТЦ-03.00, Учебный лабораторный стенд «Теоретические основы электротехники» НТЦ-06.200,</p> <p>Микропроцессорный комплекс противоаварийной автоматики (резервированный) с комплектом адаптированных «МКПА», Микропроцессорный комплекс противоаварийной автоматики «МКПА. Резервный шкаф», цифровое устройство передачи команд релейной защиты и противоаварийной автоматики «УПК-Ц», Лабораторный стенд «Электрические измерения» НТЦ-08</p> | |
| <p>Компьютерный класс, Департамент энергетических систем, ауд. Е524, Е525</p> | <p>Моноблок Lenovo C360 19,5 (1600x900), Core i3-4160T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 500GB HDD 7200 SATA, DVDRW, GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse, Win10(64-bit),1-1-1 Wty</p> | <p>– AutoCAD 2017 – трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – Project Expert 7 Tutorial – учебная версия программы, иллюстрирующая все возможности версии Holding. Представляет собой обучающий тренажер по инвестиционному проектированию и бизнес планированию для студентов, изучающих финансы и экономику. Обладает всеми функциональными возможностями Holding, но исключая возможность коммерческого использования. Так, отсутствует экспорт данных в форматы Word,</p> |
| <p>Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)</p> | <p>Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty</p> <p>Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с</p> | <p>– AutoCAD 2017 – трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – Project Expert 7 Tutorial – учебная версия программы, иллюстрирующая все возможности версии Holding. Представляет собой обучающий тренажер по инвестиционному проектированию и бизнес планированию для студентов, изучающих финансы и экономику. Обладает всеми функциональными возможностями Holding, но исключая возможность коммерческого использования. Так, отсутствует экспорт данных в форматы Word,</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами, видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками</p> | <p>Excel, HTML, файлы txt;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Mathcad Prime 3.1 – стандартное отраслевое средство математического представления и расчетов, которое помогает учащимся вести практический цифровой блокнот расчетов; – SOLIDWORKS 2017 – программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения; – Консультант – законодательство РФ кодексы и законы в последней редакции. Удобный поиск законов кодексов приказов и других документов; – Техэксперт Клиент – Специализированные продукты для специалистов, включающие в себя крупнейшие подборки нормативных документов и справочной информации, а также целый комплекс уникальных сервисов и услуг; – 7Zip 9.20 – свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – Acrobat Reader DC – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – Microsoft Office 365 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.). |
|--|--|--|

X. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств включает в себя:

- шкалу оценивания уровня сформированности компетенций с описанием индикаторов достижения освоения дисциплины согласно заявленным компетенциям (таблица 7);
- методические рекомендации, определяющие процедуру оценивания результатов освоения дисциплины;
- перечень типовых экзаменационных вопросов;
- критерии выставления оценки студенту на экзамене (таблица 8);
- типовые индивидуальные расчётные задания;
- критерии оценки выполнения индивидуальных заданий;
- примеры тестовых заданий;
- критерии оценки выполнения тестирования.

Таблица 7 – Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

| Код и формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции | | критерии | показатели |
|---|--------------------------------|--|---|---|
| ПК-4 – Способен к оценке текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы | знает (пороговый) | методы оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций; организационные мероприятия для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы; последовательность выполнения технологических | знать методы оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций; организационные мероприятия для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы; последовательность | способность использовать методы оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций; организационные мероприятия для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы; |

| | | | | |
|--|---------------------|---|---|---|
| | | операций с целью обеспечения функционирования электроэнергетической системы | ть выполнения технологических операций с целью обеспечения функционирования электроэнергетической системы | последовательность выполнения технологических операций с целью обеспечения функционирования электроэнергетической системы |
| | умеет (продвинутый) | выполнять оценку текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций; выполнять организационные мероприятия для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы; выполнять технологические операции с целью обеспечения функционирования электроэнергетической системы | уметь выполнять оценку текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций; выполнять организационные мероприятия для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы; выполнять технологические операции с целью обеспечения функционирования электроэнергетической системы | способность выполнять оценку текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций; выполнять организационные мероприятия для подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы; выполнять технологические операции с целью обеспечения функционирования электроэнергетической системы |
| | владеет (высокий) | навыками оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций; навыками подготовки и выполнения организационных мероприятий для подготовки | владеть навыками оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций; навыками подготовки и выполнения организационных мероприятий для | уровень владения навыками оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы на время технологических операций; навыками подготовки и выполнения организационных мероприятий для |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы; навыками выполнения технологических операций с целью обеспечения функционирования электроэнергетической системы | подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы; навыками выполнения технологических операций с целью обеспечения функционирования электроэнергетической системы | подготовки изменения эксплуатационного состояния объектов электроэнергетической системы; навыками выполнения технологических операций с целью обеспечения функционирования электроэнергетической системы |
|--|--|---|--|--|

Методические рекомендации, определяющие процедуру оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Современные электропередачи сверхвысокого напряжения» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Современные электропередачи сверхвысокого напряжения» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, выполнения индивидуальных заданий – расчётно-графических работ, тестирования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Современные электропередачи сверхвысокого напряжения» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану видом промежуточной аттестации по дисциплине «Современные электропередачи сверхвысокого напряжения» предусмотрен экзамен, который проводится в устной форме.

В экзаменационном билете один вопрос связан с расчётом устойчивости параллельной работы энергосистем и оценивается в 3 балла. Второй вопрос связан с устойчивостью узлов нагрузки и асинхронными режимами и оценивается в 2 балла.

Перечень типовых экзаменационных вопросов

1. Определение КПД электропередачи и средства повышения КПД
2. Условия достижения максимального КПД электропередачи в зависимости от мощности и длины линии
3. Влияние компенсирующих устройств на КПД электропередачи
4. Зависимость пропускной способности линии от реактивных погонных параметров
5. Компенсация параметров линии к нулевой длине
6. Компенсация волнового сопротивления
7. Компенсация волновой длины
8. Применение компенсирующих устройств для повышения пропускной способности линий
9. Основные виды несимметричных режимов работы ЛЭП

10. Негативные факторы длительных несимметричных режимов
11. Особенности несимметричных режимов работы дальних ЛЭП
12. Основные виды особых режимов ЛЭП
13. Установившийся режим холостого хода и причины повышения напряжения (причины повышения напряжения)
14. Напряжение на линии и нагрузка генераторов в режиме установившегося холостого хода ЛЭП
15. Виды квазистационарных перенапряжений
16. Виды коммутационных перенапряжений
17. Виды мероприятий для ограничения перенапряжений на ЛЭП
18. Релейная защита и автоматика для ограничения перенапряжений
19. Схемные мероприятия по ограничению перенапряжений
20. Разрядники для ограничения перенапряжений
21. Неотключаемые реакторы для ограничения перенапряжений
22. Подключение отключаемых реакторов через искровые промежутки
23. Форсировка реактора
24. Однофазная мостовая схема выпрямления
25. Трехфазная мостовая схема выпрямления
26. Последовательное соединение трехфазных мостовых схем
27. Параллельное соединение трехфазных мостовых схем
28. Сглаживающие фильтры
29. Применение управляемых вентилях в схемах выпрямления
30. Основные типы инверторов
31. Принцип работы инвертора ведомого сетью (с однофазной мостовой схемой)
32. Основные понятия о передачах постоянного тока
33. Структурная схема передачи постоянного тока
34. Схема замещения передачи постоянного тока
35. Общие сведения о преобразовательных подстанциях

36. Трехфазная мостовая схема в составе преобразовательной подстанции
37. Униполярная передача постоянного тока
38. Биполярная передача постоянного тока
39. Принципы защиты передачи постоянного тока
40. Передачи постоянного тока с последовательно включенными промежуточными подстанциями
41. Передачи постоянного тока с параллельно включенными промежуточными подстанциями
42. Преимущества и недостатки передач постоянного тока
43. Особенности продольного и поперечного регулирования
44. Фазоповоротный трансформатор
45. Статический тиристорный компенсатор
46. Преобразователь напряжения (ПН)
47. Статический компенсатор реактивной мощности (СТАТКОМ)
48. Тиристорно-управляемый продольный компенсатор (ТУПК)
49. Объединённый регулятор потоков мощности (ОРПМ)

Таблица 8 – Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

| Баллы (рейтинговой оценки) | Оценка зачета (стандартная) | Требования к сформированным компетенциям |
|----------------------------------|-----------------------------------|--|
| 86-100 | «отлично» | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил требования, предъявляемые к линиям электропередач постоянного и переменного тока, умеет оценить полученные результаты расчёта согласно требованию обеспечения статической устойчивости и термической стойкости ЛЭП, владеет методикой расчёта и оценки схемных и режимных параметров протяжённых линий электропередач. |
| 76-85 | «хорошо» | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо усвоил требования, предъявляемые к линиям электропередач постоянного и переменного тока, способен рассчитать установившиеся режимы протяжённых линий электропередач, правильно применяет теоретические положения при оценке |

| | | |
|-------|-----------------------|---|
| | | статической устойчивости и термической стойкости ЛЭП. |
| 61-75 | «удовлетворительно» | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет поверхностные знания только основного материала, но не усвоил методику расчётов установившихся режимов протяжённых линий электропередач, допускает неточности, испытывает затруднения при оценке статической устойчивости и термической стойкости ЛЭП. |
| 0-60 | «неудовлетворительно» | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в определениях, с большими затруднениями выполняет оценку статической устойчивости и термической стойкости ЛЭП и расчёт режимов. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

Типовые индивидуальные расчётные задания

Задание 1. Определение параметров проектируемой электропередачи. Трасса сооружаемой воздушной линии напряжением 750 кВ будет проложена по местности, относящейся ко II гололедному и III ветровому районам нечерноземной зоны Европейской части России, где относительная среднегодовая плотность воздуха $\beta=1,03$. В соответствии с наибольшей передаваемой мощностью суммарная площадь поперечного сечения алюминия всех проводов фазы должна быть около 2000 мм².

Требуется:

- Найти оптимальные расстояния между соседними проводами в расщепленной фазе при различном их числе.
- Определить значения длительно допустимого напряжения для вариантов конструктивного выполнения расщепленной фазы.
- Проанализировать изменение погонных \и волновых параметров линии с различным числом проводов при оптимальном расстоянии между ними.

Задание 2. Оценка изменения режимных параметров электропередачи. Воздушная линия электропередачи номинального напряжения 500 кВ имеет длину 700 км и выполнена с применением фазных проводов 3X (АС 330/43), подвешенных на стальных порталных опорах с оттяжками типа ПБ-1-3, имеющих междуфазное расстояние 12,8 м. Погонные параметры линии при шаге расщепления фазы 40 см таковы: $X_0=0,308$ Ом/км, $B_0=3,60 \cdot 10^{-6}$ См/км. Волновое сопротивление $Z_B=292,5$ Ом.

Требуется:

1. Найти распределение напряжения, тока и реактивной мощности вдоль линии, принимаемой идеализированной, для двух характерных режимов работы, отличающихся передаваемой активной мощностью:

а) передается наибольшая возможная мощность, исходя из сохранения апериодической статической устойчивости с нормированным запасом 20%, для двух случаев: напряжения на концах линии равны; напряжение в начале линии превышает напряжение в конце в 1,12 раза (создается перепад напряжения);

б) передается мощность, составляющая 30% от натуральной мощности, при одинаковых напряжениях на концах линии.

2. Построить векторные диаграммы напряжений и токов для анализируемых режимов.

3. Оценить потери активной мощности при передаче наибольшей и наименьшей мощностей и равных напряжениях на концах линии, пользуясь значениями среднего квадратичного тока; принять, что режим передачи наибольшей мощности является зимним (средняя январская температура равна 0°C), а режим передачи наименьшей мощности – летним (средняя июльская температура равна $+20^\circ\text{C}$).

Задание 3. Параметры режима холостого хода линии. На шинах 220 и 500 кВ связываемых систем поддерживается неизменным напряжение,

равное номинальному. Линия имеет длину 450 км и выполнена проводами 3 X (АС 400/51). Ее удельные параметры следующие: $X_0=0,306$ Ом/км; $B_0=3,62 \cdot 10^{-6}$ 1/Ом-км. Волновое сопротивление $Z_B=291$ Ом. Автотрансформатор, связывающий шины 220 кВ передающей системы и линию, имеет мощность 3X267 МВА. Сопротивления обмоток, приведенные к стороне высшего напряжения равны $X_{вн} = 29,7$ Ом, $X_{сн} = 0$, $X_{нн} = 42,2$ Ом.

Требуется определить параметры режима холостого хода линии при отключении выключателя В1 или В2 и, в случае необходимости, разработать мероприятия по нормализации режима.

Задание 4. Параметры режима холостого хода головного участка электропередачи в случае синхронизации генераторов ГЭС на промежуточной подстанции. Гидростанция электропередачей 500 кВ, имеющей одну промежуточную подстанцию с отбором мощности, связана с приемной системой. На гидростанции установлено 4 генератора типа ВГС мощностью по 250 МВт каждый. В режиме холостого хода каждый генератор может принять мощность, равную 70 Мвар. Трансформаторы ГЭС типа ТЦ-630000/500. Головной участок имеет длину 420 км, второй участок от промежуточной подстанции до приемной системы 180 км. На промежуточной подстанции установлены две группы автотрансформаторов 3 X (АОДЦТН – 167000/500/220). Активным сопротивлением обмоток, ввиду его малости, пренебрегаем. На шины 10 кВ подстанции включено два син-

хронных компенсатора мощностью по 100 Мвар. В рассматриваемом режиме их суммарная мощность составляет 160 Мвар.

Требуется определить параметры режима холостого хода головного участка электропередачи в случае синхронизации генераторов ГЭС на промежуточной подстанции.

Задание 5. Пропускная способность электропередачи и коэффициент

запаса по мощности. Электропередача, связывающая ГЭС с системой бесконечной мощности, длиной 650 км, напряжением $U_{ном} = 500$ кВ, имеет одну промежуточную подстанцию, расположенную в 400 км от ГЭС. Первый участок линии выполнен проводами марки 3 X (АС 400/51), второй – 3 X (АС 330/43). Нагрузка промежуточной подстанции составляет $P_3 = 300$ МВт, $\cos \phi_3 = 0,91$.

В нормальном режиме от ГЭС передается мощность 1000 МВт. На генераторах ГЭС установлены АРВ сильного действия (АРВ СД), которые поддерживают напряжение в начале линии $U_1 = 525$ кВ. На промежуточной подстанции установлено 2 автотрансформатора АТЦТН-320000/500/220, на шинах низкого напряжения которых установлено 4 синхронных компенсатора КСВБ-50-11, мощностью по 45 Мвар каждый.

Требуется определить пропускную способность электропередачи ($P_{тах}$) и коэффициент запаса по мощности.

Задание 6. Установившийся режим системы и выбрать мощность синхронных компенсаторов промежуточной подстанции. ГЭС с установленной мощностью агрегатов 6 X 128 = 768 МВт типа СВФ-1500/130-88 связана с системой бесконечной мощности двумя участками линии электропередачи. Первый участок линии длиной $Z_1 = 300$ км выполнен одноцепным на напряжении $U_{ном} = 500$ кВ проводами марки 3 X (АС 330/43). Второй участок длиной 200 км выполнен двухцепным на напряжении $U_{ном} = 220$ кВ проводами марки АС 300/48. На промежуточной подстанции установлены автотрансформаторы 2 X 3 X (АОДЦТН 267000/500/220). Нагрузка промежуточной подстанции составляет 500 МВт, из них на стороне среднего напряжения распределяется мощность нагрузки 450 МВт, на стороне низкого напряжения 50 МВт, $\cos \phi_n = 0,9$. В рассматриваемом режиме от ГЭС в линию электропередачи передается мощность $P_1 = 710$ МВт. На шинах высшего напряжения ГЭС, т. е. в начале первого участка линии, АРВ СД поддерживает неизменным напряжение $U_1 =$

522 кВ. На шинах приемной системы поддерживается неизменным напряжение 220 кВ.

Требуется: 1. Рассчитать установившийся режим системы и выбрать мощность синхронных компенсаторов промежуточной подстанции, исходя из условия поддержания напряжения на стороне высшего напряжения промежуточной подстанции $U_4 = 520$ кВ (при этом $U_1 = 522$ кВ, $U_3 = 220$ кВ).

2. Определить пропускную способность электропередачи.

Задание 7. Определить параметры режима холостого хода линии.

На шинах 220 и 500 кВ связываемых систем поддерживается неизменным напряжение, равное номинальному. Линия имеет длину 450 км и выполнена проводами 3 X (АС 400/51). Ее удельные параметры следующие: $X_0 = 0,306$ Ом/км; $B_0 = 3,62 \cdot 10^{-6}$ 1/Ом-км. Волновое сопротивление $Z_B = 291$ Ом.

Задание 8. Определить параметры режима холостого хода головного участка электропередачи в случае синхронизации генераторов ГЭС на промежуточной подстанции.

Гидростанция электропередачей 500 кВ, имеющей одну промежуточную подстанцию с отбором мощности, связана с приемной системой. На гидростанции установлено 4 генератора типа ВГС мощностью по 250 МВт каждый. В режиме холостого хода каждый генератор может принять мощность, равную 70 Мвар. Трансформаторы ГЭС типа ТЦ-630000/500.

Задание 9. Определить возможность самовозбуждения генераторов.

Электропередача 500 кВ длиной 500 км находится в режиме одностороннего включения. К линии с питающей стороны подключены два блока генератор – трансформатор. Мощность каждого турбогенератора равна 300 МВт, сопротивления генератора в относительных единицах составляют $X_d = 1,65$, $X_q = 0,72$, $X_d' = -0,42$. Мощность трансформатора блока – 400 МВА.

Его сопротивление, приведенное 'к стороне высшего напряжения, равно $X_T=89,5$ Ом.

Задание 10. Рассчитать параметры режима холостого хода электропередачи при отключении выключателя в начале линии.

Одноцепная электропередача 500 кВ общей длиной 700 км связывает удаленную гидростанцию с приемной системой. Электропередача имеет одну промежуточную подстанцию, расположенную на расстоянии 400 км от ГЭС. Отбор мощности на подстанции $S_n = 100+j80$ МВА. Волновое сопротивление линии равно 279 Ом.

Задание 11. Определить пропускную способность электропередачи и коэффициент запаса по мощности.

Электропередача, связывающая ГЭС с системой бесконечной мощности, длиной 650 км, напряжением $U_{ном} = 500$ кВ, имеет одну промежуточную 'подстанцию, расположенную в 400 км от ГЭС. Первый участок линии выполнен проводами марки 3 X (АС 400/51), второй – 3 X (АС 330/43). Нагрузка промежуточной подстанции составляет $P_z = 300$ МВт, $\cos \phi_z = 0,91$.

Задание 12. Рассчитать установившийся режим системы и выбрать мощность синхронных компенсаторов промежуточной подстанции.

ГЭС с установленной мощностью агрегатов 6 X 128= 768 МВт типа СВФ-1500/130-88 связана с системой бесконечной мощности двумя участками линии электропередачи. Первый участок линии длиной 300 км выполнен одноцепным на напряжении 500 кВ проводами марки 3 X (АС 330/43). Второй участок длиной 200 км выполнен двухцепным на напряжении 220 кВ проводами марки АС 300/48.

Критерии оценки выполнения индивидуальных заданий

✓ 100-86 баллов – если ответ показывает глубокое и прочное усвоение требований, предъявляемых к линиям электропередач постоянного и переменного тока, умение оценить полученные результаты расчёта согласно требованию обеспечения статической устойчивости и термической стойкости ЛЭП, владение методикой расчёта и оценки схемных и режимных параметров протяжённых линий электропередач.

✓ 85-76 баллов – усвоение требований, предъявляемых к линиям электропередач постоянного и переменного тока, способность рассчитать установившиеся режимы протяжённых линий электропередач, правильное применение теоретических положения при оценке статической устойчивости и термической стойкости ЛЭП.

✓ 75-61 балл – поверхностные знания только основного материала, но незнание методики расчётов установившихся режимов протяжённых линий электропередач, допускает неточности, затруднения при оценке статической устойчивости и термической стойкости ЛЭП.

✓ 60-50 баллов – незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в определениях, большие затруднения выполняет при оценке статической устойчивости и термической стойкости ЛЭП.

Примеры тестовых заданий

1. Почему повышается напряжение на открытом конце при холостом ходе?

- а. из-за увеличения активной мощности, генерируемой линией
- б. из-за уменьшения активной мощности, генерируемой линией
- в. из-за увеличения реактивной мощности, генерируемой линией

2. В каких связях (электропередачах) возможно изменение направления перетока?

а. магистральных

б. маневренных

в. сильных

3. Чем характеризуются слабые связи?

а. малой пропускной способностью по сравнению с мощностью системы

б. малым сопротивлением по сравнению с сопротивлением системы

в. малой емкостью по сравнению с емкостью системы

4. Что такое погонные параметры линии?

а. только параметры сопротивления на единицу длины

б. параметры сопротивления и проводимости на единицу длины

в. только параметры проводимости на единицу длины

5. Чем определяется максимальная мощность электропередачи?

а. ограничениями по динамической устойчивости

б. ограничениями по термической стойкости

в. ограничениями по статической устойчивости

6. Чем определяется предельная мощность электропередачи?

а. ограничениями по динамической устойчивости

б. ограничениями по термической стойкости

в. ограничениями по статической устойчивости

7. Если максимальная мощность электропередачи равна 200 МВт, а предельная – 500, то чему равна пропускная способность электропередачи?

а. 200 МВт

б. 500 МВт

в. 700 МВт

8. Чему способствует повышение класса напряжения линии?

а. увеличению пропускной способности линии

б. уменьшению реактивной мощности, генерируемой линией

в. снижению затрат на строительство

9. Что такое коэффициент распространения волны?

- а.* корень из отношения погонного сопротивления и проводимости
- б.* корень из суммы погонного сопротивления и проводимости
- в.* корень из произведения погонного сопротивления и проводимости

10. Что представляет собой коэффициент затухания волны?

- а.* вещественная часть коэффициента распространения
- б.* мнимая часть коэффициента распространения
- в.* модуль коэффициента распространения

11. Что такое волновое сопротивление?

- а.* корень из отношения погонного сопротивления и проводимости
- б.* корень из суммы погонного сопротивления и проводимости
- в.* корень из произведения погонного сопротивления и проводимости

12. Какой параметр линии влияет на длину волны?

- а.* коэффициент затухания
- б.* коэффициент изменения фазы
- в.* коэффициент трансформации

13. Какой характер носит зависимость мощности от длины дальней электропередачи?

- а.* периодический
- б.* экспоненциальный
- в.* линейный

14. При каком значении сопротивления нагрузки мощность называется натуральной?

- а.* равном погонному реактивному сопротивлению
- б.* равном базисному сопротивлению
- в.* равном волновому сопротивлению

15. Каково сопротивление напряжений в начале и конце линии при перетоке равном натуральной мощности и отсутствии генерации линией реактивной мощности?

- а.* напряжение в начале линии меньше напряжения в конце линии
- б.* напряжение в начале линии равно напряжению в конце линии

в. напряжение в начале линии больше напряжения в конце линии

16. Каково сопротивление напряжений в начале и конце линии при перетоке меньше натуральной мощности и отсутствии генерации линией реактивной мощности?

а. напряжение в начале линии меньше напряжения в конце линии

б. напряжение в начале линии равно напряжению в конце линии

в. напряжение в начале линии больше напряжения в конце линии

17. Каково сопротивление напряжений в начале и конце линии при перетоке больше натуральной мощности и отсутствии генерации линией реактивной мощности?

а. напряжение в начале линии меньше напряжения в конце линии

б. напряжение в начале линии равно напряжению в конце линии

в. напряжение в начале линии больше напряжения в конце линии

18. Каково направление реактивной мощности при равенстве напряжений в начале и конце линии при перетоке меньше натуральной мощности и длине меньше 3000 км?

а. реактивные мощности в начале и конце линии равны нулю

б. реактивные мощности в начале и конце линии направлены из линии

в. реактивные мощности в начале и конце линии направлены в линию

19. От чего зависят постоянные потери в линии?

а. от длины и напряжения

б. от величины тока

в. только от напряжения

20. Какие управляющие воздействия нужно применять при повышении напряжения?

а. отключение шунтирующего реактора

б. включение шунтирующего реактора

в. включение батареи статических компенсаторов

Критерии оценки выполнения тестирования

Цель тестов – определение уровня усвоения студентами знаний по вопросам устойчивости энергосистем в соответствии с учебной программой.

Содержание тестов. В соответствии с учебной рабочей программой тесты соответствуют разделам дисциплины «Современные электропередачи сверхвысокого напряжения»:

1. Протяжённые электропередачи переменного тока.
2. Передачи постоянного тока.
3. Электропередачи переменного тока с управляемыми параметрами.

Структура тестов. В каждом из указанных разделов выделяется по несколько тем, в соответствии с которыми формируются тесты. К каждому вопросу дается по пять ответов, один из которых правильный.

По каждому разделу студенту выдаётся по одному билету. В каждом билете по 10 вопросов. Каждый правильный ответ соответствует одному баллу. Тест (билет) считается пройденным, если суммарное количество баллов не менее шести.

Для ответа на все вопросы студенту предоставляется 15 минут.