

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Кожедеров Александр Игоревич  
Должность: Директор филиала ИндИ (филиал) ФГБОУ ВО "ЮГУ"  
Дата подписания: 16.07.2026 23:52:51  
Уникальный программный ключ: 7f4522f81a862743c2711b37d9dd0f6adf40c4c8

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### *Дальние электропередачи переменного и постоянного тока*

Направление подготовки (специальности): 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль: Электроэнергетика и электротехника (ИндИ)

Форма обучения  
Очно-заочная

Квалификация выпускника  
Бакалавр

2026 год набора

| Виды работ                         | Объём занятий по семестрам, час |   |   |   |   |   |   |   |                          |    | Итого |
|------------------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------|----|-------|
|                                    | 1                               | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9                        | 10 |       |
| Самостоятельная работа             |                                 |   |   |   |   |   |   |   | 192                      |    | 192   |
| Дистанционные лекции               |                                 |   |   |   |   |   |   |   | 12                       |    | 12    |
| Дистанционные практические занятия |                                 |   |   |   |   |   |   |   | 12                       |    | 12    |
| Форма контроля                     |                                 |   |   |   |   |   |   |   | Дифференцированный зачет |    | -     |
| Итого:                             |                                 |   |   |   |   |   |   |   | 216                      |    | 216   |
| з.е.                               |                                 |   |   |   |   |   |   |   | 6                        |    | 6     |

Ханты-Мансийск, 2026 год  
(город)

## Предисловие

1. Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) *13.03.02 Электроэнергетика и электротехника* утвержденного № 144 от 28.02.2018 года.

### 2. Разработчик(и):

|                                                |           |                       |
|------------------------------------------------|-----------|-----------------------|
| _____                                          | _____     | Е. А. Арапова-Дедович |
| ученая степень, ученое звание<br>(при наличии) | (подпись) | (И. О. Фамилия)       |

### 3. Согласовано:

|                                                                                                                                                  |           |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|
| Руководитель<br>образовательной<br>программы _____ по<br>направлению подготовки<br>13.03.02<br>Электроэнергетика _____ и<br>электротехника _____ | _____     | Г. В. Газя      |
|                                                                                                                                                  | (подпись) | (И. О. Фамилия) |

### 4. Утверждаю:

|                                                                                                    |           |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|
| Руководитель<br>структурного<br>подразделения<br>Индустриальный институт<br>(г. Нефтеюганск) _____ | _____     | А. П. Янукян    |
|                                                                                                    | (подпись) | (И. О. Фамилия) |

Документ подписан простой электронной подписью в  
электронной информационно образовательной среде  
Elios 2.0 ФГБОУ ВО «ЮГУ»

Идентификатор документа: 98132



| Подписант                           | Дата подписания     |
|-------------------------------------|---------------------|
| Арапова-Дедович Екатерина Антоновна | 25.05.2026 20:39:33 |
| Газя Геннадий Владимирович          | 26.05.2026 00:55:46 |
| Янукян Арам Погосович               | 26.05.2026 13:06:44 |

### 1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование знаний о структуре, схемах и режимах работы линий дальних электропередач.

### 2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 учебного плана, модуля «Модуль Электроэнергетические системы».

### 3 Формируемые компетенции обучающегося

| Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина |                                                                                                                       | Планируемые результаты (соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенции)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| код компетенции                                                                                | наименование компетенции                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ПК-2                                                                                           | Способен организовывать деятельность по оперативно-технологическому управлению объектов профессиональной деятельности | ПК-2.1 3-1:<br>Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей<br>ПК-2.2 3-1:<br>Систему условных обозначений в проектировании<br>ПК-2.1 У-1:<br>Оценивать полноту данных, необходимых для проведения предпроектного обследования объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения<br>ПК-2.2 У-1:<br>Определять перечень оборудования для системы электроснабжения<br>ПК-2.1 В-1:<br>Навыками составления отчета о выполненном обследовании объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения<br>ПК-2.2 В-1:<br>Навыками формирование перечня оптимальных технических решений проектной документации системы электроснабжения |
| ПК-3                                                                                           | Способен управлять деятельностью по техническому обслуживанию, эксплуатации и ремонту линий электропередачи           | ПК-3.1 3-1:<br>Правила устройства электроустановок<br>ПК-3.2 3-1:<br>Назначение, принцип действия и конструктивное исполнение обслуживаемой электроустановки<br>ПК-3.1 У-1:<br>Анализировать текущее состояние                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>и осуществлять прогноз технологического режима работы электрической сети</p> <p>ПК-3.2 У-1:</p> <p>Работать с оперативной документацией, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач</p> <p>ПК-3.1 В-1:</p> <p>Навыками составления отчета о выполненном обследовании объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения</p> <p>ПК-3.2 В-1:</p> <p>Навыками по организации и контролю выполнения персоналом смены действий по управлению технологическим режимом работы электрической сети при предупреждении, предотвращении развития и ликвидации технологических нарушений</p> |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| № п/п | Тема                                                                     | Трудоемкость по видам учебной работы, час |                      |                      |              |                        | Код компетенции | Оценочные средства          |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------|------------------------|-----------------|-----------------------------|
|       |                                                                          | Занятия лекционного типа                  | Практические занятия | Лабораторные занятия | Консультации | Самостоятельная работа |                 |                             |
| 1     | Особенности дальних линий электропереда                                  | 2                                         |                      |                      |              | 12                     | ПК-3.           | Тест; Опрос.                |
| 2     | Технические характеристики передачи электроэнергии на большие расстояния | 2                                         | 6                    |                      |              | 40                     | ПК-3.           | Тест; Практическое задание. |
| 3     | Режимы максимальных и минимальных нагрузок дальних                       | 2                                         | 6                    |                      |              | 40                     | ПК-2;<br>ПК-3.  | Ситуационные задачи.        |

|       |                                                  |    |    |  |  |     |                |        |
|-------|--------------------------------------------------|----|----|--|--|-----|----------------|--------|
|       | электропередач.                                  |    |    |  |  |     |                |        |
| 4     | Особые режимы дальних электропередач.            | 2  |    |  |  | 35  | ПК-3.          | Опрос. |
| 5     | Методы повышения пропускной способности ЛЭП СВН. | 2  |    |  |  | 35  | ПК-2;<br>ПК-3. | Тест.  |
| 6     | Линии постоянного тока сверхвысокого напряжения. | 2  |    |  |  | 30  | ПК-3.          | Тест.  |
| 7     | Новая работа                                     |    |    |  |  |     | ПК-2;<br>ПК-3. |        |
| Итого |                                                  | 12 | 12 |  |  | 192 | –              |        |

## 5 Образовательные технологии, используемые при различных видах учебной работы

| № темы | Образовательная технология        |
|--------|-----------------------------------|
| 1-6    | Технология традиционного обучения |
| 1-6    | Дистанционные технологии          |

## 6 Методические материалы по освоению дисциплины

Электронная информационно - образовательная среда представлена личным кабинетом, расположенным по ссылке <https://itport.ugrasu.ru>, электронной библиотечной системой <https://lib.ugrasu.ru>, электронным каталогом Научной библиотеки ЮГУ <https://irbis.ugrasu.ru> и системой дистанционного обучения.

Методические материалы для обучающихся представлены в электронном виде в системе Moodle по ссылке <http://eluniver.ugrasu.ru>.

Методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

### 6.1 Методические указания к занятиям лекционного типа

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать его научно-педагогическому работнику на консультации, на практическом занятии.

### 6.2 Методические указания к практическим занятиям

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение практических умений и навыков. Методические рекомендации по каждой практической работе имеют теоретическую часть, подготовленную отдельно, или указание на источник, необходимый для подготовки к соответствующему практическому

занятию, с необходимыми для выполнения работы формулами, пояснениями, таблицами и графиками; алгоритм выполнения заданий. Практические задания сочетаются с теоретическими знаниями. Проведению практического занятия как правило предшествует самостоятельная работа обучающегося.

### **6.3 Методические указания к самостоятельной работе**

В рамках самостоятельной работы обучающийся знакомится с рабочей программой, особое внимание должно уделяться целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Анализируется конспект лекций, ведется подготовка ответов к контрольным вопросам, просматривается рекомендуемая литература, используются аудио-видеозаписи по заданной теме, решаются расчетно-графические задания, задачи по алгоритму и др.

## **7 Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.**

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплин (модулей). Для осуществления процедуры текущего контроля успеваемости обучающихся НПП создаются оценочные материалы (фонды оценочных средств), позволяющие оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности компетенций.

Промежуточная аттестация обучающихся производится в дискретные временные интервалы НПП, обеспечивающими реализацию дисциплины в форме: дифференцированный зачет.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся предполагает предоставление студентам методических рекомендаций по изучению дисциплины, учитывающих особенности ее построения, освоения, преподавания и представлено как электронный учебно-методический комплект документов по дисциплине, размещено в системе управления обучением «Moodle» (сайт Университета по ссылке <http://eluniver.ugrasu.ru>) и/или в других системах управления обучением электронной информационно-образовательной среды Университета.

Обучение и контроль обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

### **7.1 Технологическая карта дисциплины 9-й семестр**

| № п/п                                            | Название темы                                                            | Максимальное количество баллов |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Обязательный уровень (текущая аттестация)</b> |                                                                          |                                |
| 1                                                | Особенности дальних линий электропередач                                 | 5                              |
| 2                                                | Технические характеристики передачи электроэнергии на большие расстояния | 15                             |
| 3                                                | Режимы максимальных и минимальных нагрузок дальних электропередач.       | 15                             |
| 4                                                | Особые режимы дальних электропередач.                                    | 15                             |

|                                                 |                                                           |     |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----|
| 5                                               | Методы повышения пропускной способности ЛЭП СВН.          | 10  |
| 6                                               | Линии постоянного тока сверхвысокого напряжения.          | 10  |
| 7                                               | Новая работа                                              | 0   |
|                                                 |                                                           | 70  |
| Обязательный уровень (промежуточная аттестация) |                                                           |     |
| 8                                               | Дифференцированный зачет                                  | 30  |
|                                                 |                                                           | 30  |
| Итого                                           |                                                           | 100 |
| Дополнительный уровень                          |                                                           |     |
| 9                                               | Расчет режима электрической сети сверхвысокого напряжения | 15  |
|                                                 |                                                           | 15  |

Шкала оценивания результатов по балльной системе (дифференцированный зачет):

Критерии выставления оценки при промежуточной аттестации:

Отлично с 83 по 100 баллов;

Хорошо с 68 по 82 балла;

Удовлетворительно с 50 по 67 баллов;

Неудовлетворительно с 0 по 49 баллов.

## 7.2 Примерные тестовые задания

### Тема Особенности дальних линий электропередач.

**Почему дальние линии электропередач (ЛЭП) характеризуются существенным проявлением емкостных свойств, и какое влияние это оказывает на режим работы?**

- Емкость проводов способствует уменьшению потерь активной мощности.
- Емкость проводов генерирует реактивную мощность, что может приводить к перевозбуждению генераторов и повышению напряжения.
- Емкость проводов снижает напряжение по длине линии, облегчая его регулирование.
- Емкость проводов вызывает увеличение потерь реактивной мощности

**При передаче большой активной мощности по дальним линиям электропередачи, какое явление, связанное с напряжением, является наиболее критичным и требует специальных мер регулирования?**

- Снижение напряжения в начале линии.
- Неравномерное распределение напряжения по длине, склонное к повышению в конце линии (при отсутствии компенсации).
- Повышенное напряжение в середине линии.
- Резкое снижение напряжения в середине линии.

**Для чего в первую очередь используются шунтовые реакторы на дальних линиях электропередач?**

- Для снижения потерь активной мощности.
- Для увеличения пропускной способности линии путем повышения напряжения.
- Для компенсации избыточной емкостной реактивной мощности, генерируемой линией, и предотвращения повышения напряжения.
- Для увеличения сопротивления короткого замыкания.

**Почему отключение дальних ЛЭП, особенно под нагрузкой, может вызвать перевозбуждение генераторов на удаленных электростанциях?**

- а) При отключении линии уменьшается активная нагрузка на генератор, что приводит к увеличению его реактивной мощности.
- б) При отключении линии прекращается отток реактивной мощности из сети, а емкостная составляющая самой линии продолжает генерировать ее, вызывая повышение напряжения на выводах генератора.
- в) Отключение дальних ЛЭП приводит к резкому скачку напряжения, который блокирует работу системы регулирования возбуждения.
- г) Отключение дальних ЛЭП снижает потребление реактивной мощности системой, вызывая автоматическое увеличение реактивной мощности генератора.

**Какова основная причина выбора более высоких классов напряжения (например, 750 кВ и выше) для дальних линий электропередачи по сравнению с линиями, обслуживающими локальные сети?**

- а) Увеличение надежности за счет большего запаса изоляции.
- б) Снижение пропускной способности линии.
- в) Для передачи больших мощностей с меньшими потерями активной мощности и уменьшения сечения проводов.
- г) Для обеспечения возможности подключения большего числа потребителей.

**Тема Технические характеристики передачи электроэнергии на большие расстояния.**

**Как влияют длина линии и передаваемая мощность на потери активной мощности на дальних линиях электропередачи?**

- а) Потери активной мощности растут пропорционально длине линии и квадрату передаваемой мощности.
- б) Потери активной мощности уменьшаются с увеличением длины линии и прямо пропорциональны передаваемой мощности.
- в) Потери активной мощности уменьшаются с увеличением длины линии и растут пропорционально квадрату передаваемой мощности.
- г) Потери активной мощности растут пропорционально длине линии и прямо пропорциональны передаваемой мощности.

**Какое из перечисленных явлений является основным фактором, ограничивающим передаваемую мощность по дальним ЛЭП с точки зрения устойчивости?**

- а) Превышение допустимой температуры проводов.
- б) Потеря синхронизма между генераторами и нагрузкой при внезапных возмущениях.
- в) Чрезмерное выделение емкостной реактивной мощности.
- г) Резонансные колебания в сети.

**Каково типичное поведение профиля напряжения на дальних ЛЭП при передаче больших активных мощностей без применения средств компенсации?**

- а) Напряжение возрастает по всей длине линии от начала к концу.
- б) Напряжение имеет наивысшее значение в начале линии и постепенно снижается к концу.
- в) Напряжение имеет наименьшее значение в начале линии и постепенно повышается к концу.
- г) Напряжение снижается в середине линии и затем снова повышается к концу.

**В каких случаях передача электроэнергии на большие расстояния с использованием линий постоянного тока (HVDC) может быть более эффективной, чем линии переменного тока (HVAC)?**

- а) При передаче небольших мощностей на короткие расстояния.
- б) При передаче больших мощностей на очень большие расстояния (более 1000 км) и при асинхронном соединении энергосистем.
- в) При необходимости компенсации реактивной мощности.
- г) При работе в системах с частыми коммутационными перенапряжениями.

**Какой параметр, помимо электрических характеристик линии (сопротивление, индуктивность, емкость), играет значительную роль в определении предельной пропускной способности дальних ЛЭП, особенно в условиях низких температур?**

- а) Диаметр изоляторов.
- б) Механическая прочность проводов и их допустимая температура нагрева (из-за нагрева током).
- в) Ветровая и гололедная нагрузка на провода
- г). Способность изоляции выдерживать перенапряжения.

### **Тема Методы повышения пропускной способности ЛЭП**

**Каким образом повышение класса напряжения существующей линии электропередачи (при сохранении других параметров) влияет на ее пропускную способность?**

- а) Уменьшает пропускную способность, так как увеличивается сопротивление линии.
- б) Не влияет на пропускную способность, так как потери мощности остаются прежними.
- в) Увеличивает пропускную способность, так как позволяет передавать большую мощность при тех же потерях или снижает потери при той же мощности.
- г) Уменьшает пропускную способность из-за возрастания емкостных токов.

**Какова основная цель применения шунтовых реакторов и батарей статических конденсаторов для повышения пропускной способности ЛЭП?**

- а) Снижение активного сопротивления проводов.
- б) Увеличение допустимой температуры нагрева проводов.
- в) Регулирование напряжения по длине линии и компенсация реактивной мощности, что позволяет приблизить передаваемую активную мощность к допустимой по условиям устойчивости.
- г) Уменьшение потерь мощности на корону.

**Какой эффект достигается при переходе от одноцепной к двухцепной линии электропередачи при сохранении прочих условий?**

- а) Уменьшение общего сопротивления линии.
- б) Увеличение общего сопротивления линии.
- в) Увеличение пропускной способности линии практически в два раза (с учетом влияния взаимной индуктивности).
- г) Уменьшение допустимой температуры нагрева проводов.

**Как использование форсировки возбуждения генераторов, подключенных к ЛЭП, способствует повышению ее пропускной способности?**

- а) Уменьшает активное сопротивление линии.
- б) Позволяет увеличить передаваемую активную мощность без потери устойчивости, поддерживая более высокое напряжение в сети.
- в) Снижает потери мощности на корону.

г) Уменьшает индуктивное сопротивление линии.

**Для чего часто применяются расщепленные провода (два или более провода, объединенные в один проводник) на линиях электропередачи высокого напряжения?**

- а) Для уменьшения допустимого напряжения.
- б) Для увеличения активного сопротивления и снижения потерь.
- в) Для снижения индуктивного сопротивления и увеличения пропускной способности, а также для уменьшения потерь на корону.
- г) Для увеличения механической прочности

**Тема Линии постоянного тока сверхвысокого напряжения.**

**Какое основное преимущество использования линий постоянного тока (HVDC) по сравнению с линиями переменного тока (HVAC) для передачи больших мощностей на сверхдальние расстояния?**

- а) Более низкая стоимость оборудования для преобразования.
- б) Меньшие потери активной мощности и возможность передачи большей мощности на тех же или меньших сечениях проводов.
- в) Более простое устройство опор и изоляции.
- г) Возможность автоматического регулирования частоты.

**Каково основное назначение преобразовательных станций в системе HVDC?**

- а) Для защиты линии от перенапряжений.
- б) Для осуществления коммутации цепей переменного тока.
- в) Для преобразования переменного тока в постоянный (на стороне передачи) и постоянного тока обратно в переменный (на стороне приема).
- г) Для регулирования уровня переменного напряжения

**По сравнению с линиями переменного тока того же напряжения, линии HVDC имеют тенденцию к:**

- а) Большим потерям на корону.
- б) Меньшим потерям на корону.
- в) Равным потерям на корону.
- г) Потерям на корону, зависящим только от высоты установки.

**Какое уникальное свойство линий HVDC делает их особенно полезными для асинхронного соединения различных энергосистем (например, с разными частотами или без общей синхронной связи)?**

- а) Возможность передачи реактивной мощности.
- б) Способность работать без внешней системы возбуждения.
- в) Возможность передачи активной мощности без поддержания синхронности фаз между системами.
- г) Высокое индуктивное сопротивление.

**Какие основные типы преобразователей используются на современных станциях HVDC?**

- а) Трансформаторы и автотрансформаторы.

- б) Высоковольтные выключатели и разъединители.
- в) Тиристорные (SVC) и вентильные (VSC) преобразователи.
- г) Генераторы и синхронные компенсаторы.

### **7.3 Примерные вопросы для самоконтроля**

#### **Тема. Особенности дальних линий электропередач**

1. Почему протяженные дальние линии электропередач обладают значительной емкостной составляющей, влияющей на их режим работы?
2. Какие основные проблемы, связанные с регулированием напряжения, возникают на дальних линиях электропередачи при передаче больших активных мощностей?
3. Как особенности распределения реактивной мощности на дальних линиях электропередач влияют на профиль напряжения по их длине?
4. Почему явление перевозбуждения генераторов более характерно для дальних ЛЭП, особенно в режимах их отключения?
5. Каково влияние феррорезонансных явлений на дальних линиях электропередач, и какие факторы способствуют их возникновению?
6. Какие компенсирующие устройства и методы применяются для стабилизации напряжения на дальних линиях электропередач?
7. Почему для дальних линий электропередач часто выбирают более высокие классы напряжения, чем для коротких?
8. Как потери электроэнергии на дальних линиях электропередач зависят от их длины и способа передачи мощности?
9. Каково влияние коммутационных перенапряжений на дальние линии электропередач, и почему они могут быть более опасными, чем на коротких?
10. Почему для дальних электропередач может быть целесообразно применение линий постоянного тока (HVDC)?

#### **Тема. Особые режимы дальних электропередач**

1. Почему при отключении дальних ЛЭП может возникнуть опасное перевозбуждение генераторов на удаленных электростанциях?
2. Какие особенности проявления феррорезонансных явлений характерны для дальних ЛЭП с большим числом коммутационных аппаратов?
3. Как влияет чрезмерное выделение емкостной реактивной мощности на дальних ЛЭП на режим работы смежных сетей при снижении нагрузки?

4. Каково основное назначение шунтовых реакторов на дальних ЛЭП и почему они часто устанавливаются именно со стороны нагрузки?
5. Почему при аварийном отключении одной из параллельных дальних ЛЭП может произойти потеря устойчивости системы, и какие факторы усиливают этот риск?
6. Какие ограничения накладывает передача большой активной мощности по дальним ЛЭП на допустимые уровни напряжения и мощность короткого замыкания?
7. Как повышенная склонность дальних ЛЭП к колебательным процессам влияет на выбор параметров систем автоматического регулирования возбуждения генераторов?
8. Почему отключение дальних ЛЭП под нагрузкой требует применения специальных мер (гашение поля, шунтирование) для предотвращения перенапряжений?
9. Каково влияние резонансных явлений, возникающих при взаимодействии индуктивности линии и емкостей коммутационных аппаратов, на дальние ЛЭП?
10. Почему при асинхронной передаче мощности по дальним ЛЭП требуется поддержание определенного перепада частот и мощностей между системами?

#### **7.4 Примеры ситуационных задач**

##### **Ситуационная задача 1.**

Крупная гидроэлектростанция (ГЭС), расположенная в удаленном регионе, питает крупный промышленный центр, расположенный на расстоянии 1200 км. Между ГЭС и центром действует мощная линия электропередачи (ЛЭП) 750 кВ.

Наступил период максимального потребления электроэнергии, когда ГЭС работает на полную мощность, пытаясь удовлетворить растущий спрос. Внезапно, из-за аварии на одном из трансформаторов на подстанции приемника, часть потребителей была отключена, что привело к резкому снижению нагрузки. Однако, на ГЭС, по инерции, продолжали выдавать полную мощность.

##### **Вопросы для анализа:**

1. Какие негативные последствия могут возникнуть на ЛЭП 750 кВ и в энергосистеме в целом в результате такой ситуации, когда мощность, выдаваемая ГЭС, значительно превышает текущую нагрузку? Опишите основные явления, которые могут проявиться.
2. Каковы могут быть дальнейшие действия оперативного персонала для стабилизации режима и предотвращения аварийных

отключений, как на ЛЭП, так и на электростанциях? Укажите конкретные меры.

3. Какие средства защиты и автоматики должны быть предусмотрены на ЛЭП и электростанциях, чтобы предотвратить или смягчить последствия подобных режимов?

#### **Ситуационная задача 2.**

Ночью, когда потребление электроэнергии значительно снижается, дальняя ЛЭП 500 кВ, соединяющая мощную атомную электростанцию (АЭС) с энергосистемой, оказывается в режиме минимальной нагрузки. АЭС, по своей природе, не может быстро снизить свою мощность и продолжает работать близко к номинальному режиму, а нагрузка на конец линии существенно уменьшилась.

В такой ситуации, из-за относительно небольшой активной нагрузки, но значительной емкостной составляющей длинной ЛЭП 500 кВ, на концах линии начинает наблюдаться повышение напряжения, приближающееся к предельным значениям. Более того, из-за снижения передаваемой активной мощности, возникает риск потери устойчивости системы, если произойдет внезапное отключение части оставшейся нагрузки или самой ЛЭП.

#### **Вопросы для анализа:**

1. Каковы основные технические проблемы, связанные с работой дальних ЛЭП в режиме минимальных нагрузок, особенно касательно напряжения и устойчивости?

2. Какие меры могут быть предприняты для регулирования напряжения и поддержания устойчивости в данной ситуации? Укажите конкретные технические средства и режимы работы.

3. Как в данном случае могут быть задействованы генераторы АЭС (например, изменение режима возбуждения) для решения проблем, связанных с низким уровнем нагрузки и высоким напряжением?

### **7.5 Примерный комплект практических заданий**

**Задание 1.** Одноцепная линия электропередачи переменного тока напряжением 750 кВ. имеет следующие параметры на километр длины:

- Активное сопротивление:  $r=0,25$  Ом/км
- Индуктивное сопротивление:  $x=0,32$  Ом/км
- Емкостное сопротивление:  $b=0,0003$  мкСм/км

Длина линии составляет  $L=800$  км.

На шинах электростанции напряжение составляет 750 кВ. Линия передает активную мощность  $P=2000$  МВт. Коэффициент мощности потребителя (на конце линии)  $\cos \varphi = 0,95$  (отстающий).

1. Оценить суммарные потери активной мощности на данной линии.
2. Определить напряжение на шинах приемной подстанции ( $U_2$ ), используя приближенную формулу для расчета напряжения на конце линии

**Задание 2.** Две энергосистемы необходимо соединить с помощью одноцепной линии HVDC.

Энергосистема А (источник) имеет генераторы, работающие на частоте 50 Гц, и может выдавать мощность  $P_A = 1500 \text{ МВт}$  при напряжении  $U_A = 500 \text{ кВ}$  (постоянное). Энергосистема В (приемник) имеет генераторы, работающие на частоте 60 Гц, и потребители.

Предположим, что преобразовательные станции HVDC имеют следующие характеристики:

- На стороне передачи (Энергосистема А): выпрямитель, работающий с углом управления  $\alpha = 15^\circ$ .
- На стороне приема (Энергосистема В): инвертор, работающий с углом инвертирования  $\beta = 25^\circ$

Полное сопротивление всей линии HVDC (включая преобразовательные станции) пренебрежимо мало.

1. Определить напряжение постоянного тока на шинах приемной подстанции ( $U_2$ ).
2. Рассчитать передаваемую активную мощность ( $P_{\text{HVDC}}$ ).
3. Определить, сможет ли данная линия HVDC обеспечить эффективное соединение энергосистем, учитывая разницу в частоте, и каким образом это выполняется.

## 7.6 Примерный список вопросов, задаваемых на диф. зачете

### Вопросы к дифзачету

1. Роль дальних электропередач в современной электроэнергетике. Виды систем и электропередач.
2. Особенности проектирования дальних ЛЭП СВН и их применение для объединения энергосистем.
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. Влияние индуктивности и емкости линии на напряжение и ток.
11. Понятие натуральной мощности.
12. Распределение напряжения и тока в линии при передаче по ней мощности меньше и больше натуральной.
- 13.14 Соотношения между параметрами режима ЛЭП.
14. Преимущества объединения энергосистем с помощью дальних ЛЭП СВН.
15. Техничко-экономические задачи, возникающие при передаче энергии и объединении систем.
16. Развитие энергосистем и дальних электропередач.
17. Перспективы развития дальних ЛЭП СВН.
18. Конструкция дальних электропередач.
19. Задачи, возникающие при выборе основных параметров электропередач и установлении их режимов.
20. Действие индуктивности и емкости линии на напряжение и ток.
- 21.
22. Изменение напряжения и тока в ЛЭП.
23. Конструктивные особенности линий сверхвысокого напряжения
24. Свойства и значение натурального режима.
25. Оценка режимов работы электропередачи.
26. Расчет режимов электропередачи при учете потерь.
27. Понятие пропускной способности и условия ее определения.
28. Схемы замещения дальних электропередач.
29. Расчет нормальных режимов протяженных линий электропередач СВН.
30. Выбор компенсирующих устройств и их расстановка в электрических сетях сверхвысокого напряжения.
31. Исследование ЛЭП СВН длиной в четверть волны.
32. Моделирование параметров режима холостого хода ЛЭП СВН.
33. Исследование ЛЭП СВН с устройствами продольной компенсации.
34. Моделирование нормального режима линий постоянного тока.
35. Несимметричные режимы работы электропередач.
36. Методы увеличения пропускной способности ЛЭП.
37. Промежуточные синхронные компенсаторы, выбор их мощности и места установки.
38. Продольная емкостная компенсация.
39. Особенности передачи энергии по линиям постоянного тока.

#### 40.Схема замещения ЛЭП постоянного тока.

### 8 Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

#### 8.1 Перечень учебной литературы

| Наименование печатных и (или) электронных учебных изданий, методические издания, периодические издания по всем входящим в реализуемую образовательную программу учебным предметам, курсам, дисциплинам (модулям) <i>в соответствии с рабочими программами дисциплин, модулей, практик</i> |                                                                                                                                                                                                       | Количество экземпляров | Обеспеченность студентов учебной литературой (экземпляров на одного студента) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Электронные учебные издания, имеющиеся в электронном каталоге электронно-библиотечной системы                                                                                                                                                                                             | Привалов, Е. Е. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения : учебное пособие / Е. Е. Привалов, А. В. Ефанов, С. С. Ястребов, В. А. Ярош. - Ставрополь : СтГАУ, 2018. - 168 с. | 1                      | 1                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Попов, Н. М. Измерения в электрических сетях 0,4...10 кВ : учебное пособие для вузов / Н. М. Попов. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 228 с.                                        | 1                      | 1                                                                             |

#### 8.2 Современные профессиональные базы данных, информационные справочные и электронно-библиотечные системы

| №                                 | Ссылка на информационный ресурс                                   | Наименование ресурса в электронной форме   | Доступность           |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|
| Электронно-библиотечные системы   |                                                                   |                                            |                       |
| 1                                 | <a href="https://dlib.eastview.com">https://dlib.eastview.com</a> | База данных «Ивис»                         | Авторизованный доступ |
| 2                                 | <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>                   | Образовательная платформа Юрайт            | Авторизованный доступ |
| 3                                 | <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a> | ЭБС IPR SMART                              | Авторизованный доступ |
| 4                                 | <a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>               | ЭБС «Znanium»                              | Авторизованный доступ |
| 5                                 | <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>         | ЭБС «Лань»                                 | Авторизованный доступ |
| 6                                 | <a href="https://lib.rucont.ru">https://lib.rucont.ru</a>         | ЭБС «Руконт»                               | Авторизованный доступ |
| 7                                 | <a href="https://ldiss.rsl.ru">https://ldiss.rsl.ru</a>           | Электронная библиотека диссертаций РГБ     | Авторизованный доступ |
| Информационные справочные системы |                                                                   |                                            |                       |
| 8                                 | <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a> | СПС КонсультантПлюс                        | Авторизованный доступ |
| Профессиональные базы данных      |                                                                   |                                            |                       |
| 9                                 | <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>               | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU | Авторизованный доступ |

**8.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, в том числе отечественного производства**

Антивирус DrWeb;  
КОМПАС-3D V18-19;

**8.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

**8.4.1 Учебная аудитория лекционного типа**

компьютер/ноутбук, проектор, экран, учебная мебель, учебная доска

**8.4.2 Учебная аудитория для проведения практических занятий**

учебная мебель, учебная доска

**8.4.3 Учебная аудитория для самостоятельной работы**

учебная мебель, компьютеры с выходом в интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде

**8.4.4 Компьютерный класс**

учебная мебель, учебная доска, компьютеры с доступом в Интернет

