

КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИЭЭ
протокол № 7 от 24.03.2026

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
Электроэнергетики и электроники

_____ Р.В. Ахметова
«30» мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.02.09.07. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность
(профиль) Электроэнергетические системы и сети

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Кафедра электроэнергетические системы и сети	доцент, к.т.н., доцент	Наумов Олег Витальевич

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	кафедра ЭСиС	17.05.2023	№32	_____ Зав каф. ЭСиС, к.т.н. доц. Максимов В.В.
Согласована	Учебно-методический совет института	30.05.2023	№8	_____ Директор, к.т.н., Доц. Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет института	30.05.2023	№9	_____ Директор, к.т.н., Доц. Ахметова Р.В.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)

Целью освоения дисциплины «Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения» является получение необходимых знаний в области проектирования электроэнергетических систем и сетей и расчета их режимов.

Задачами дисциплины является овладение методами проектирования и его алгоритмом, основами расчета установившихся режимов электропередачи, ознакомление со способами повышения пропускной способности линий, мероприятиями по снижению потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1 Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	ПК-1.1 Разбирается в способах выработки, передачи, распределения электрической энергии, закономерностях функционирования сетей и энергосистем
	ПК-1.3 Разбирается в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектующих, используемых в области электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем
ПК-3 Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-3.2 Рассчитывает режимы работы объектов электроэнергетических систем и сетей обеспечивающие заданные параметры функционирования

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины: Электроэнергетические системы и сети, Электрическая часть подстанций и эксплуатация электрических сетей, Электрические станции и подстанции.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др., защита ВКР.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			8
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	49	49
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,0	36	36
Лекции	0,17	6	6
Практические (семинарские) занятия	0,5	18	18
Лабораторные работы	0,33	12	12

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,0	72	72
Проработка учебного материала	1,0	36	36
Курсовой проект	0	0	0
Курсовая работа	0	0	0
Подготовка к промежуточной аттестации	1,0	36	36
Промежуточная аттестация:			Э

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр 10
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	33	33
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,44	16	16
Лекции	0,11	4	4
Практические (семинарские) занятия	0,22	8	8
Лабораторные работы	0,11	4	4
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,56	92	92
Проработка учебного материала	2,31	83	83
Курсовой проект	0	0	0
Курсовая работа	0	0	0
Подготовка к промежуточной аттестации	0,25	9	9
Промежуточная аттестация:			Э

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. Роль ДЭП СВН в энергосистемах и особенности их конструктивного исполнения. Уравнения токов и напряжений и их распределение по линии	36	2	4	6	24	ТК 1	ПК-1.1.У, ПК-1.3.3
Раздел 2. Способы представления протяженных линий в	36	2	4	6	24	ТК 2	ПК-1.3.3, ПК-3.2.3

расчетных Методика максимальных и минимальных режимов электропередачи	схемах. расчета и режимов							
Раздел 3. Особые электропередачи и мероприятия по их нормализации. Методы повышения пропускной способности электропередачи	режимы	36	2	4	6	24	ТК 3	ПК-3.2 З, ПК-3.2 У
Экзамен		36				36	ОМ	ПК-1.1 З, ПК-1.1 У, ПК-3.2 З, ПУ-3-2 У
ИТОГО		108	6	12	18	72		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Роль ДЭП СВН в энергосистемах и особенности их конструктивного исполнения. Уравнения токов и напряжений и их распределение по линии

Тема 1.1. Общие свойства электропередач сверхвысокого напряжения. Назначение передач СВН переменного и постоянного тока. Экономические показатели передач СВН.

Тема 1.2. Конструкции передач СВН. Оптимальная конструкция фазы. Удельные параметры передач СВН.

Тема 1.3. Принципиальные схемы передач переменного и постоянного тока. Передача энергии на постоянном токе: особенности регулирования и реализации отбора мощности.

Тема 1.4. Основные характеристики современных ДЭП постоянного тока и их перспективы. Вставки постоянного тока. Совмещенные электропередачи. Газовые электропередачи.

Тема 1.5. Основные уравнения длинных ЛЭП. Падающие и отраженные волны. Характеристики нормальных режимов ЛЭП СВН. Физические процессы в передаче СВН при различных нагрузках.

Тема 1.6. Изменения напряжения вдоль ЛЭП. Предельная мощность ЛЭП СВН. ЛЭП длиной 0,25 волны.

Тема 1.7. Круговые диаграммы ЛЭП СВН при разных соотношениях напряжений по концам ЛЭП.

Раздел 2. Способы представления протяженных линий в расчетных схемах. Методика расчета максимальных и минимальных режимов электропередачи

Тема 2.1. Схемы замещения электропередач и методы расчета нормальных режимов. П-образные схемы замещения ЛЭП. Методы теории четырехполюсников.

Тема 2.2. Учет распределения параметров ЛЭП по длине. Замещение ЛЭП четырехполюсником. Собственные и взаимные сопротивления передач СВН. Диаграммы изменения параметров П-образной схемы замещения.

Тема 2.3. Расчет коэффициентов четырехполюсника при включении в линию продольных и поперечных устройств компенсации.

Тема 2.4. Задачи расчетов режимов ЛЭП СВН. Расчет максимальных и минимальных режимов на передающем конце ДЭП. Расчет максимальных и минимальных режимов на приемном конце ДЭП. Расчет баланса реактивной мощности. Диаграмма допустимых режимов работы генераторов.

Тема 2.5. Выбор мощности и мест установки шунтирующих реакторов. Расчет режимов ЛЭП с промежуточными отборами мощности. Составление схем замещения для расчета режимов электропередач с промежуточным отбором мощности. Расчет собственных и взаимных сопротивлений.

Тема 2.6. Обеспечение заданных ограничений параметров. Расчет сложнзамкнутых электрических сетей в составе с электропередачами СВН.

Раздел 3. Особые режимы электропередачи и мероприятия по их нормализации. Методы повышения пропускной способности электропередачи

Тема 3.1. Особые режимы работы ЛЭП СВН. Холостой ход ЛЭП СВН. Диаграммы изменения напряжения. Мероприятия по ограничению перенапряжений при холостом ходе.

Тема 3.2. Расчет мощности шунтирующих реакторов. Дифференциальные уравнения синхронной машины. Самовозбуждение синхронных генераторов. Критерии самовозбуждения.

Тема 3.3. Несимметричные режимы ЛЭП СВН. Метод симметричных составляющих. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательности. Обрыв одной и двух фаз ДЭП. Короткое замыкание на землю. Векторные диаграммы на стороне высшего и среднего напряжений. Способы нормализации особых режимов ДЭП.

Тема 3.4. Пропускная способность электропередач и способы ее увеличения. Статическая устойчивость передач СВН. Анализ режимов синхронизации и ресинхронизации. Результирующая устойчивость.

Тема 3.5. Методы повышения пропускной способности передач. Компенсация параметров передач СВН. Установка продольных и поперечных компенсирующих устройств. Диаграммы изменения пропускной способности ДЭП.

Тема 3.6. Характеристики устройств регулирования режимных параметров. Шунтирующие реакторы регулируемые и нерегулируемые. Режимы работы синхронных компенсаторов. Источники реактивной мощности на основе полупроводников. Особенности регулирования режимов электропередачи. Методы расчета оптимального значения КПД. Средства и способы регулирования режимов для обеспечения максимального КПД.

3.4. Тематический план практических занятий

1. Расчет погонных параметров воздушных и кабельных линий электропередачи;

2. Расчет волновых параметров ДЭП СВН;
3. Способы представления протяженных линий в расчетных схемах;
4. Баланс реактивных мощностей по концам электропередачи в максимальном режиме;
5. Баланс реактивных мощностей по концам электропередачи в минимальном режиме;
6. Расчет параметров схем замещения ДЭП прямой, обратной и нулевой последовательностей;
7. Режим одностороннего включения ДЭП;
8. Выбор мощности нерегулируемых и регулируемых шунтирующих реакторов;
9. Выбор мощности синхронных компенсаторов и батарей конденсаторов;
10. Оптимизация уровня напряжений по концам ДЭП СВН.

3.5. Тематический план лабораторных работ

1. Распределение напряжений по ДЭП;
2. Расчет режима максимальных и минимальных нагрузок ДЭП;
3. Режимы холостого хода протяженных ДЭП.

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-1. Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности	ПК-1.1 Разбирается в способах выработки, передачи, распределения электрической энергии, закономерностях функционирования сетей и энергосистем	знать:				
		Требования нормативно-технической документации по вопросам проектирования и эксплуатации высоковольтных линий	Знает требования нормативно-технической документации по вопросам проектирования и эксплуатации высоковольтных линий	Знает нормативно-техническую документацию по вопросам проектирования и эксплуатации высоковольтных линий	Плохо знает нормативно-техническую документацию по вопросам проектирования и эксплуатации высоковольтных линий	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки

функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	тных линий электропередачи. Особенности и режимов электропередачи сверхвысокого напряжения	электропередачи в объеме, соответствующем программе подготовки, не допускает ошибок	тных линий электропередачи, при ответе может допустить несколько не грубых ошибок	тных линий электропередачи, допускает много ошибок		
	уметь:					
	Обобщать, анализировать организационно-распорядительные документы, нормативно-техническую документацию по вопросам эксплуатации и высоковольтных линий электропередачи	Демонстрирует умение обобщать, анализировать организационно-распорядительные документы, нормативно-техническую документацию по вопросам эксплуатации и высоковольтных линий электропередачи, не допускает ошибок	Демонстрирует умение обобщать, анализировать организационно-распорядительные документы, нормативно-техническую документацию по вопросам эксплуатации и высоковольтных линий электропередачи, при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение обобщать, анализировать организационно-распорядительные документы, нормативно-техническую документацию по вопросам эксплуатации и высоковольтных линий электропередачи, задание выполнено не в полном объеме	Не демонстрирует умение обобщать, анализировать организационно-распорядительные документы, нормативно-техническую документацию по вопросам эксплуатации и высоковольтных линий электропередачи, допускает грубые ошибки	
	владеть:					
	Владеет методами поиска, обработки информации при выборе оборудования на подстанциях. Правильно выбирает необходимое оборудование оптимальное для конкретного объекта. Не	Владеет методами поиска, обработки информации при выборе оборудования на подстанциях. Допускает ошибки при выборе необходимого оборудования для	Допускает ошибки при выборе необходимого оборудования для	Не владеет методами поиска, обработки информации при выборе оборудования на подстанциях.		

			допускает ошибок.	конкретного объекта. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.		
ПК-1.3 Разбирается в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектующих, используемых в области электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	знать:					
	Однолинейную схему электрических соединений высоковольтных сетей, схемы прокладки воздушных и кабельных линий	Знает однолинейную схему электрических соединений высоковольтных сетей, схемы прокладки воздушных и кабельных линий в объеме, соответствующем программе подготовки, не допускает ошибок	Знает особенности и режимов электропередачи сверхвысокого напряжения, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает особенности и режимов электропередачи сверхвысокого напряжения, допускает много ошибок	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки	
	уметь:					
	Проводить технические освидетельствования оборудования	Демонстрирует умение проводить технические освидетельствования оборудования, не допускает ошибок	Демонстрирует умение проводить технические освидетельствования оборудования, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение проводить технические освидетельствования оборудования, задание выполнено не в полном объеме	Не демонстрирует умение проводить технические освидетельствования оборудования, допускает грубые ошибки	
	владеть:					
Владеет навыками построения и разработки конструктивной электроэнергетических систем. Технически и технологическими	Допускает незначительные ошибки при построении и разработке конструкций электроэнергетических систем. Технических и технологических	Допускает существенные ошибки при построении и разработке конструкций электроэнергетических систем. Технических и	Не владеет навыками построения и разработки конструктивной электроэнергетических систем. Технически и технологическими	Владеет навыками построения и разработки конструктивной электроэнергетических систем. Технически и технологическими		

		особенности размещения оборудования на высоковольтных подстанциях. Не допускает ошибок.	особенности размещения оборудования на высоковольтных подстанциях.	технологических особенностей размещения оборудования на высоковольтных подстанциях.	особенности размещения оборудования на высоковольтных подстанциях. При ответе допускает грубые ошибки.	особенностями размещения оборудования на высоковольтных подстанциях. Не допускает ошибок.
ПК-3.2 Рассчитывает режимы работы объектов электроэнергетических систем и сетей обеспечивающие заданные параметры функционирования	Знать:					
	Волновые процессы, происходящие в линии при передаче электроэнергии	Знает волновые процессы, происходящие в линии при передаче электроэнергии, не допускает ошибок	Знает волновые процессы, происходящие в линии при передаче электроэнергии, при ответе может допустить несколько не грубых ошибок	Плохо знает волновые процессы, происходящие в линии при передаче электроэнергии, допускает много ошибок	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки	
	Уметь:					
		Умеет рассчитывать технические параметры электрооборудования и электрических сетей. Не допускает ошибок.	Умеет рассчитывать технические параметры электрооборудования и электрических сетей. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.	Допускает ошибки при расчете технических параметров электрооборудования и электрических сетей. При ответе может допустить множество мелких ошибок.	Не умеет рассчитывать технические параметры электрооборудования и электрических сетей. При ответе допускает грубые ошибки.	
Владеть:						

		Информаци ей о технически х параметрах оборудован ия для использован ия при разработке электропере дачи сверхвысок ого напряжения	Продемонстр ированы навыки применения информации о технических параметрах оборудовани я для использован ия при разработке электроперед ачи сверхвысоко го напряжения, без ошибок и недочетов	Продемонст рированы основные навыки применения информаци и о технически х параметрах оборудован ия для использован ия при разработке электропере дачи сверхвысок ого напряжения , допущен ряд мелких ошибок	Имеет номинальн ый набор навыков применения информаци и о технически х параметрах оборудован ия для использован ия при разработке электропере дачи сверхвысок ого напряжения , много ошибок и недочетов	Не продемонст рированы базовые навыки применени я информаци и о технически х параметрах оборудован ия для использова ния при разработке электропер едачи сверхвысок ого напряжени я, допущены грубые ошибок
--	--	---	---	---	---	--

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Рыжов, Ю.П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учебник для вузов / Рыжов Ю.П. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – ISBN 978-5-383-01101-0. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011010.html>

2. Папков, Б.В. Электроэнергетические системы и сети. Токи короткого замыкания: учебник и практикум для вузов / Б.В. Папков, В.Ю. Вуколов. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2021. – 353 с.

3. Красильникова, Т.Г. Физико-технические основы дальних электропередач переменного тока: монография / Т.Г. Красильникова, Г.И. Самородов. – Новосибирск: НГТУ, 2019. – 300 с. – ISBN 978-5-7782-4057-5. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/152150>.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Рекомендации по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ: нормативно-технический материал. – М.: ЭНАС, 2017. – 80 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/104452>. – Текст: электронный.

2. Коротков, В.Ф. Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах: учебник / В.Ф. Коротков. – М. : Издательский дом МЭИ, 2017. – 416 с. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012109.html>. Текст: электронный.

3. Астахов, Ю.Н., Веников, В.А., Ежков, Н.И. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 504 с.

4. Крючков, И.П. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник для вузов / И.П. Крючков, В.А. Старшинов, Ю.П. Гусев, М.В. Пираторов; под ред. И.П. Крюčkова. – 2-е изд., стереот. – М.: МЭИ, 2021. – ISBN 978-5-383-01450-9. – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014509.html>. – Режим доступа: по подписке.

5. Лыкин, А.В. Электрические системы и сети: учебник / А.В. Лыкин. – Новосибирск: НГТУ, 2017. – 363 с. – ISBN 978-5-7782-3037-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/118089>.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Основы проектирования подстанций, линий электропередач с учетом нормативных требований: <https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2866>

2. Электронная библиотека КГЭУ: <https://lib.kgeu.ru>

3. Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/>

4. Студенческая электронная библиотека ЭБС "Консультант студента": <https://www.studentlibrary.ru>

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации: <https://minenergo.gov.ru/opendata> <https://minenergo.gov.ru/opendata>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

LMS Moodle. <https://download.moodle.org/releases/latest/>

Браузер Chrome. <https://www.google.com/intl/ru/chrome/>

LibreOffice. <https://ru.libreoffice.org/download/>

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
----------------------------------	--	---

Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория «Электроэнергетические системы и сети», Г-212	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: Модульный учебный лабораторный стенд по направлению «Электроэнергетика» фирмы ГалСен
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет Г-217	Специализированная учебная мебель на 20 посадочных мест, 12 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение
	Учебная аудитория для выполнения курсового проекта (курсовой работы) Г-303	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются

следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования.

Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными

возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;
- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;
- формирование умения получать знания;
- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая кафедра)
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Б1.В.ДЭ.02.09.07. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения
(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**
(Код и наименование направления подготовки)

Квалификация _____ **Бакалавр** _____
(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

Задание промежуточной аттестации									0-15
В письменной форме по билетам									0-30

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции				
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий	
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54	
			Шкала оценивания				
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
			зачтено			не зачтено	
ПК-1. Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности и функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	ПК-1.1 Разбирается в способах выработки, передачи, распределения электрической энергии, закономерностях функционирования сетей и энергосистем	знать:	Требования нормативно-технической документации по вопросам проектирования и эксплуатации высоковольтных линий электропередачи. Особенности и режимов электропередачи сверхвысокого напряжения	Знает требования нормативно-технической документации по вопросам проектирования и эксплуатации высоковольтных линий электропередачи в объеме, соответствующем программе подготовки, не допускает ошибок	Знает требования нормативно-технической документации по вопросам проектирования и эксплуатации высоковольтных линий электропередачи, при ответе может допустить несколько не грубых ошибок	Плохо знает требования технической документации по вопросам проектирования и эксплуатации высоковольтных линий электропередачи, допускает много ошибок	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
		уметь:	Обобщать, анализировать организационно-распорядительные документы, нормативно-техническую документацию	Демонстрирует умение обобщать, анализировать организационно-распорядительные документы, нормативно-техническую документацию	Демонстрирует умение обобщать, анализировать организационно-распорядительные документы, нормативно-техническую документацию	В целом демонстрирует умение обобщать, анализировать организационно-распорядительные документы, нормативно-техническую документацию	Не демонстрирует умение обобщать, анализировать организационно-распорядительные документы, нормативно-техническую документацию

		ию по вопросам эксплуатации и высоковольтных линий электропередачи	документацию по вопросам эксплуатации высоковольтных линий электропередачи, не допускает ошибок	техническую документацию по вопросам эксплуатации высоковольтных линий электропередачи, допускает при этом ряд небольших ошибок	- техническую документацию по вопросам эксплуатации высоковольтных линий электропередачи, задание выполнено не в полном объеме	- техническую документацию по вопросам эксплуатации высоковольтных линий электропередачи, допускает грубые ошибки
владеть:						
		Владеет методами поиска, обработки информации при выборе оборудования на подстанциях. Правильно выбирает необходимое оборудование оптимальное для конкретного объекта. Не допускает ошибок.	Владеет методами поиска, обработки информации при выборе оборудования на подстанциях. Допускает ошибки при выборе необходимого оборудования для конкретного объекта. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.	Допускает ошибки при выборе необходимого оборудования для конкретного объекта. При ответе может допустить множество мелких ошибок.		Не владеет методами поиска, обработки информации при выборе оборудования на подстанциях.
знать:						
	ПК-1.3 Разбирается в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектующих, используемых в области электротехнологического оборудования	Однолинейную схему электрических соединений высоковольтных сетей, схемы прокладки воздушных и кабельных линий	Знает однолинейную схему электрических соединений высоковольтных сетей, схемы прокладки воздушных и кабельных линий в объеме, соответствующем	Знает особенности и режимов электропередачи сверхвысокого напряжения, при ответе может допустить несколько грубых ошибок	Плохо знает особенности и режимов электропередачи сверхвысокого напряжения, допускает много ошибок	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки

	, электрических сетей и энергосистем		в программе подготовки, не допускает ошибок			
		уметь:				
		Проводить технические освидетельствования оборудования	Демонстрирует умение проводить технические освидетельствования оборудования, не допускает ошибок	Демонстрирует умение проводить технические освидетельствования оборудования, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение проводить технические освидетельствования оборудования, задание выполнено не в полном объеме	Не демонстрирует умение проводить технические освидетельствования оборудования, допускает грубые ошибки
		владеть:				
	Владеет навыками построения и разработки конструктивной электроэнергетических систем. Технически и технологическими особенностями размещения оборудования на высоковольтных подстанциях. Не допускает ошибок.	Допускает незначительные ошибки при построении и разработке конструкций электроэнергетических систем. Технических и технологических особенностей размещения оборудования на высоковольтных подстанциях.	Допускает существенные ошибки при построении и разработке конструкций электроэнергетических систем. Технических и технологических особенностей размещения оборудования на высоковольтных подстанциях.	Не владеет навыками построения и разработки конструктивной электроэнергетических систем. Технических и технологических особенностей размещения оборудования на высоковольтных подстанциях. При ответе допускает грубые ошибки.	Владеет навыками построения и разработки конструктивной электроэнергетических систем. Технически и технологическими особенностями размещения оборудования на высоковольтных подстанциях. Не допускает ошибок.	
ПК-3.2 Рассчитывает режимы работы объектов электроэнергетических систем и сетей обеспечиваю	Знать:					
	Волновые процессы, происходящие в линии при передаче электроэнергии	Знает волновые процессы, происходящие в линии при передаче электроэнергии, не допускает	Знает волновые процессы, происходящие в линии при передаче электроэнергии, при	Плохо знает волновые процессы, происходящие в линии при передаче электроэнергии,	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки	

	щие заданные параметры функционирования		ошибок	ответе может допустить несколько не грубых ошибок	допускает много ошибок	
		Уметь:				
			Умеет рассчитывать технические параметры электрооборудования и электрических сетей. Не допускает ошибок.	Умеет рассчитывать технические параметры электрооборудования и электрических сетей. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.	Допускает ошибки при расчете технических параметров электрооборудования и электрических сетей. При ответе может допустить множество мелких ошибок.	Не умеет рассчитывать технические параметры электрооборудования и электрических сетей. При ответе допускает грубые ошибки.
		Владеть:				
	Информацией о технических параметрах оборудования для использования при разработке электропередачи сверхвысокого напряжения	Продемонстрированы навыки применения информации о технических параметрах оборудования для использования при разработке электропередачи сверхвысокого напряжения, без ошибок и недочетов	Продемонстрированы основные навыки применения информации о технических параметрах оборудования для использования при разработке электропередачи сверхвысокого напряжения, допущен ряд мелких ошибок	Имеет номинальный набор навыков применения информации о технических параметрах оборудования для использования при разработке электропередачи сверхвысокого напряжения, много ошибок и недочетов	Не продемонстрированы базовые навыки применения информации о технических параметрах оборудования для использования при разработке электропередачи сверхвысокого напряжения, допущены грубые ошибки	

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание технологических методов расчета норм расхода материалов, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка «хорошо» выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание технологических методов расчета норм расхода материалов, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка «удовлетворительно» выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре и тестовых заданий;*

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за слабое и неполное выполнение *расчетных работ в семестре и тестовых заданий.*

3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1 Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности	ПК-1.1 Разбирается в способах выработки, передачи, распределения электрической энергии, закономерностях функционирования сетей и энергосистем

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	ПК-1.3 Разбирается в конструкциях основного и вспомогательного оборудования и их комплектующих, используемых в области электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем

Вопросы к комплексному заданию ТК1

1. Общие свойства электропередач сверхвысокого напряжения.
2. Назначение передачи СВН переменного и постоянного тока. Экономические показатели передач СВН.
3. Конструкции передачи СВН. Оптимальная конструкция фазы. Удельные параметры передач СВН.
4. Принципиальные схемы передач переменного и постоянного тока.
5. Передача энергии на постоянном токе: особенности регулирования и реализации отбора мощности.
6. Основные характеристики современных ДЭП постоянного тока и их перспективы.
7. Основные уравнения длинных ЛЭП. Падающие и отраженные волны.
8. Физические процессы в передаче СВН при различных нагрузках.
9. Изменения напряжения вдоль ЛЭП. Предельная мощность ЛЭП СВН. ЛЭП длиной 0,25 волны.
10. Круговые диаграммы ЛЭП СВН при разных соотношениях напряжений по концам ЛЭП.

Для текущего контроля ТК2

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1 Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	ПК-1.1 Разбирается в способах выработки, передачи, распределения электрической энергии, закономерностях функционирования сетей и энергосистем
ПК-3 Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-3.2 Рассчитывает режимы работы объектов электроэнергетических систем и сетей обеспечивающие заданные параметры функционирования

Вопросы к комплексному заданию ТК2

1. Схемы замещения электропередач и методы расчета нормальных режимов.

2. П-образные схемы замещения ЛЭП.
3. Методы теории четырехполюсников.
4. Учет распределения параметров ЛЭП по длине.
5. Собственные и взаимные сопротивления передач СВН.
6. Диаграммы изменения параметров П-образной схемы замещения.
7. Расчет коэффициентов четырехполюсника при включении в линию продольных и поперечных устройств компенсации.
8. Задачи расчетов режимов ЛЭП СВН.
9. Выбор мощности и мест установки шунтирующих реакторов.
10. Расчет режимов ЛЭП с промежуточными отборами мощности.
11. Составление схем замещения для расчета режимов электропередач с промежуточным отбором мощности.
12. Обеспечение заданных ограничений параметров.
13. Расчет сложнзамкнутых электрических сетей в составе с электропередачами СВН.

Для текущего контроля ТКЗ

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3 Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-3.2 Рассчитывает режимы работы объектов электроэнергетических систем и сетей обеспечивающие заданные параметры функционирования

Вопросы к комплексному заданию ТКЗ

1. Особые режимы работы ЛЭП СВН.
2. Холостой ход ЛЭП СВН. Диаграммы изменения напряжения.
3. Мероприятия по ограничению перенапряжений при холостом ходе.
4. Расчет мощности шунтирующих реакторов.
5. Дифференциальные уравнения синхронной машины.
6. Несимметричные режимы ЛЭП СВН.
7. Пропускная способность электропередач и способы ее увеличения.
8. Статическая устойчивость передачи СВН.
9. Компенсация параметров передачи СВН.
10. Установка продольных и поперечных компенсирующих устройств. Диаграммы изменения пропускной способности ДЭП.
11. Характеристики устройств регулирования режимных параметров.
12. Шунтирующие реакторы регулируемые и нерегулируемые.
13. Средства и способы регулирования режимов для обеспечения максимального КПД.

Требования к оформлению лабораторных работ

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того,

выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: “Отчёт по лабораторной работе «Название работы», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)”. Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт, как правило, должен содержать следующие основные разделы:

1. Цель работы;
2. Теоретическая часть;
3. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики);
4. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

Теоретическая часть должна содержать минимум необходимых теоретических сведений о физической сущности исследуемого явления и его описание. Не следует копировать целиком или частично методическое пособие (описание) лабораторной работы или разделы учебника.

Раздел «Результаты» включает в себя таблицы экспериментальных данных, графики, полученные при выполнении лабораторной работы. Рисунки, графики и таблицы нумеруются и подписываются заголовками.

Выводы не должны быть простым перечислением того, что сделано. Здесь важно отметить, какие новые знания о предмете исследования были получены при выполнении работы, к чему привело обсуждение результатов, насколько выполнена заявленная цель работы. Возможно, получены дополнительные формулы, данные, предложены оригинальные методики, – это должно быть отражено в выводах. Выводы по работе каждый студент делает самостоятельно.

При сдаче отчёта преподаватель может сделать устные и письменные замечания, задать дополнительные вопросы. Все ответы на дополнительные вопросы, новые расчёты, обсуждения выполняются студентом на отдельных листах, включаемых в отчёт (при этом в тексте основного отчёта делается сноска или другой значок, которому будет соответствовать новый материал). При этом письменные замечания преподавателя должны остаться в тексте для ясности динамики работы над отчётом. Объём отчёта должен быть оптимальным для понимания того, что и как сделал студент, выполняя работу. Обязательные требования к отчёту включают общую и специальную грамотность изложения, а также аккуратность оформления. После приёма преподавателем отчёт хранится на кафедре.

Примеры задач для выполнения домашнего задания

Задача 1

Трасса сооружаемой воздушной линии напряжением 750кВ будет проложена по местности, относящейся ко II гололедному и III ветровому районам нечерноземной зоны Европейской части России, где относительная

среднегодовая плотность воздуха $\delta = 1,03$. В соответствии с наибольшей передаваемой мощностью суммарная площадь поперечного сечения алюминия всех проводов фазы должна быть около 2000 мм^2 .

Требуется: 1. Найти оптимальные расстояния между соседними проводами в расщепленной фазе при различном их числе.

2. Определить значения длительно допустимого напряжения для вариантов конструктивного выполнения расщепленной фазы.

3. Проанализировать изменение погонных и волновых параметров линии с различным числом проводов при оптимальном расстоянии между ними.

Задача 2

Удельные параметры линии 750 кВ с проводами 4х(АС 400/93) следующие: $r_0 = 0,018 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,28 \text{ Ом/км}$; $b_0 = 3,99 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}$.

Среднегодовые потери на корону для этой линии составляют $\Delta P_k = 12,3 \text{ кВт/км}$.

Требуется: найти волновые параметры линии для двух случаев – для реальной линии с учетом потерь и для идеализированной линии.

Задача 3

Воздушная линия электропередачи номинального напряжения 500 кВ имеет длину 700 км и выполнена с применением фазных проводов 3х(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: $x_0 = 0,308 \text{ Ом/км}$, $b_0 = 3,60 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}$. Волновое сопротивление $z_b = 292,5 \text{ Ом}$. Активное сопротивление одиночного провода при температуре $+20^\circ\text{C}$ $r_{(1)}^{(+20)} = 0,089 \text{ Ом/км}$.

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°C).

Задача 4

Воздушная линия электропередачи номинальным напряжением 500 кВ и длиной 600 км выполнена с горизонтальным расположением проводов, удаленных друг от друга на 12 м.

Требуется: определить параметры П-образной схемы замещения и постоянные четырехполюсника, замещающего линию при условии, когда линия выполнена расщепленными на 3 провода в каждой фазе с диаметрами проводов 30,2 мм.

Провода в фазе расположены по вершинам равностороннего треугольника со стороной $a = 40$ см. Активные сопротивления и проводимости не учитывать.

Требуется: определить параметры П-образной схемы замещения и постоянные четырехполюсника с учетом удельного активного сопротивления $r_0 = 0,021$ Ом/км ($g_0 = 0$).

Задача 5

Линия электропередачи напряжением 500 кВ, выполненная проводами 3х(АС 500/64), состоит из двух участков по 500 км. В середине линии установлены шунтирующие реакторы мощностью 495 Мвар. Удельные параметры линии: $r_0 = 0,021$ Ом/км; $x_0 = 0,296$ Ом/км; $b_0 = 3,84 \cdot 10^{-6}$ См/км.

Требуется: определить параметры замещения электропередачи и постоянные эквивалентного четырехполюсника электропередачи.

Задача 6

Длина линий электропередачи равна 600 км. Реакторы выбраны исходя из 40% компенсации зарядной мощности линий. Параметры элементов электропередачи:

- генераторы - $S_n = 590$ МВА; $x_d' = 34\%$;
- трансформаторы – 3хОДЦГ-210000/500; $U_k = 12,8\%$;
- провода линий 3х(АС 500/64); $x_0 = 0,296$ Ом/км; $b_0 = 3,84 \cdot 10^{-6}$ См/км;
- число генераторов электропередачи $n = 3$.

Требуется: определить параметры схемы замещения электропередачи.

Задача 7

Линия электропередачи номинальным напряжением 500 кВ выполнена проводами марки 3х(АС 500/64) и состоит из двух участков длиной по 500 км. В середине линии включена установка продольной емкостной компенсации

(УПК), обеспечивающая степень продольной компенсации $K = \frac{x_B}{x_0 l} = 0,5$ и

реакторы мощностью по 165 Мвар. Волновое сопротивление ВЛ $z_B = 277$ Ом, коэффициент фазы $\alpha_0 = 0,06$ град/км; $x_0 = 0,412$ Ом/км.

Требуется: определить постоянные эквивалентного четырехполюсника, замещающего электропередачу, а также собственные и взаимные сопротивления электропередачи.

Задача 8

В западной Сибири сооружается двухцепная воздушная линия напряжением 500кВ с применением типовых одноцепных железобетонных свободностоящих опор (портальные с внутренними связями) для передачи энергии от вводимой в эксплуатацию КЭС (8 агрегатов типа К-300-240, топливо - газ) на расстояние 430 км потребителям развивающегося района. Наибольшая мощность, отбираемая на районной промежуточной подстанции, составит 800 МВт при $\cos\varphi = 0,93$. Остальная мощность должна передаваться в приемную систему на расстояние 165 км. Трасса ВЛ будет проходить по местности, относящейся к III гололедному и IV ветровому районам; средние годовая, январская и июльская температуры соответственно равны 0, -15 и +20°C. На основании технико-экономических расчетов выбраны фазные провода 3х(АС 400/51) и 3х(АС 330/43) для первого и второго участков электропередачи.

Режимы выработки мощности КЭС и потребления на промежуточной подстанции определяются графиками для характерных зимних (215) и летних (150) суток.

Требуется: оценить потери мощности в рабочих режимах и годовые потери электроэнергии при нагреве проводов.

Задача 9

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 3х(АС 400/51), второй – 3х(АС 330/43). Нагрузка промежуточной подстанции составляет $P_3 = 300$ МВт, $\cos\varphi_3 = 0,91$ (из них 10% распределяется на стороне низкого напряжения п/ст 3).

В нормальном режиме от ГЭС передается мощность $P_1 = 1000$ 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_{max}) и коэффициент запаса по мощности K_3^p .

Для текущего контроля ТК:

Проверяемая компетенция: Наименование компетенции, индикатора
Тест

- К каким номинальным напряжениям относятся ЛЭП СВН:
 - $U_H \geq 110$ кВ.
 - $U_H \geq 220$ кВ.
 - $U_H \geq 330$ кВ.**
 - $U_H \geq 500$ кВ.
- Расщепление фазы провода начинают делать с напряжения:
 - 110 кВ.
 - 220 кВ.
 - 330 кВ.**
 - 500 кВ.
- Фаза провода на 750 кВ выполняется из
 - 3-х проводов.
 - 5-и проводов.**
 - 7-и проводов.
 - 9-и проводов.

4. Фаза провода на 500 кВ выполняется из
1. **3-х проводов.** 2. 5-и проводов. 3. 2-х проводов. 4. 4-х проводов.
5. Фаза провода на 330 кВ выполняется из
1. 3-х проводов. 2. 5-и проводов. 3. **2-х проводов.** 4. 4-х проводов.
6. Стандартное расстояние между фазами расщепленного провода 500 кВ
1. **40 см.** 2. 20 см. 3. 60 см. 4. 30 см.
7. Опоры для ЛЭП СВН охватывающего типа позволяют
1. **Снизить волновое сопротивление.**
2. Увеличить длину пролета.
3. Уменьшить число расщепления.
4. Увеличить высоту опоры.
8. Расщепление фазы провода выполняют для
1. Удешевления ЛЭП.
2. Снижения потерь реактивной мощности.
3. Снижения механических нагрузок на опоры.
4. **Снижения напряженности поля.**
9. Увеличение количества n расщепленных проводов в фазе при заданном расстоянии между ними приводит к следующему изменению погонного индуктивного сопротивления:
1. Увеличивает.
2. **Уменьшает.**
3. Не оказывает влияния.
4. Может уменьшать или увеличивать в зависимости от величины n .
10. Увеличение количества n расщепленных проводов в фазе при заданном расстоянии между ними приводит к следующему изменению погонного емкостного сопротивления:
1. **Увеличивает.**
2. Уменьшает.
3. Не оказывает влияния.
4. Может уменьшать или увеличивать в зависимости от величины n .
11. Увеличение диаметра d провода в фазе приводит к следующему изменению погонного индуктивного сопротивления:
1. Увеличивает.
2. **Уменьшает.**
3. Не оказывает влияния.
4. Может уменьшать или увеличивать в зависимости от величины d .
12. Увеличение диаметра d провода проводов в фазе приводит к следующему изменению погонного емкостного сопротивления:
1. **Увеличивает.**
2. Уменьшает.
3. Не оказывает влияния.
4. Может уменьшать или увеличивать в зависимости от величины d .
13. Увеличение расстояния между расщепленными проводами в фазе приводит к следующему изменению погонного индуктивного сопротивления:
1. Увеличивает.

2. Уменьшает.

3. Не оказывает влияния.

4. Может уменьшать или увеличивать в зависимости от величины n .

14. Увеличение расстояния между расщепленными проводами в фазе приводит к следующему изменению погонного емкостного сопротивления:

1. Увеличивает.

2. Уменьшает.

3. Не оказывает влияния.

4. Может уменьшать или увеличивать в зависимости от величины n .

15. Увеличение длины l провода в пролете приводит к следующему изменению погонного индуктивного сопротивления:

1. Увеличивает.

2. Уменьшает.

3. Не оказывает влияния.

4. Может уменьшать или увеличивать в зависимости от величины l .

16. Увеличение длины l провода в пролете приводит к следующему изменению погонного емкостного сопротивления:

1. Увеличивает.

2. Уменьшает.

3. Не оказывает влияния.

4. Может уменьшать или увеличивать в зависимости от величины l .

17. Увеличение междуфазного расстояния D приводит к следующему изменению погонного индуктивного сопротивления:

1. Увеличивает.

2. Уменьшает.

3. Не оказывает влияния.

4. Может уменьшать или увеличивать в зависимости от величины D .

18. Увеличение междуфазного расстояния D приводит к следующему изменению погонного емкостного сопротивления:

1. Увеличивает.

2. Уменьшает.

3. Не оказывает влияния.

4. Может уменьшать или увеличивать в зависимости от величины D .

19. Фазы ЛЭП СВН расположены в вершинах равностороннего треугольника со сторонами D . Найти эквивалентное междуфазное расстояние $D_{\text{Э}}$:

1. $D_{\text{Э}}=D$. 2. $D_{\text{Э}}=\sqrt[3]{2} D$. 3. $D_{\text{Э}}=\sqrt[2]{3} D$. 4. $D_{\text{Э}}=D/3$.

20. Фазы ЛЭП СВН расположены в одной плоскости, расстояние между соседними фазами D . Найти эквивалентное междуфазное расстояние $D_{\text{Э}}$:

1. $D_{\text{Э}}=D$. **2. $D_{\text{Э}}=\sqrt[3]{2} D$.** 3. $D_{\text{Э}}=\sqrt[2]{3} D$. 4. $D_{\text{Э}}=D/3$.

21. Расстояние между n проводами расщепленной фазы a . Диаметр провода d . Провода расположены по окружности. Найти эквивалентный радиус провода $r_{\text{Э}}$:

$$1. r_{\text{Э}} = d/2. \quad 2. r_{\text{Э}} = n * d/2. \quad 3. r_{\text{Э}} = \sqrt[n]{a^{n-1} d / 2}. \quad 4. r_{\text{Э}} = \sqrt[n]{a(d/2)^{n-1}}.$$

22. Эквивалентный радиус провода $r_{\text{Э}}$ при расщеплении фазы на $n=1$ проводов радиусом r и расстоянии между ними a равен

$$1. r_{\text{Э}} = r. \quad 2. r_{\text{Э}} = \sqrt{ra}. \quad 3. r_{\text{Э}} = \sqrt[3]{ra^2}. \quad 4. r_{\text{Э}} = \sqrt{\sqrt{2ra}}.$$

23. Эквивалентный радиус провода $r_{\text{Э}}$ при расщеплении фазы на $n=1$ проводов радиусом r и расстоянии между ними a равен

$$1. r_{\text{Э}} = r. \quad 2. r_{\text{Э}} = \sqrt{ra}. \quad 3. r_{\text{Э}} = \sqrt[3]{ra^2}. \quad 4. r_{\text{Э}} = \sqrt{\sqrt{2ra}}.$$

24. Эквивалентный радиус провода $r_{\text{Э}}$ при расщеплении фазы на $n=2$ проводов радиусом r и расстоянии между ними a равен

$$1. r_{\text{Э}} = r. \quad 2. r_{\text{Э}} = \sqrt{ra}. \quad 3. r_{\text{Э}} = \sqrt[3]{ra^2}. \quad 4. r_{\text{Э}} = \sqrt{\sqrt{2ra}}.$$

24. Эквивалентный радиус провода $r_{\text{Э}}$ при расщеплении фазы на $n=3$ проводов радиусом r и расстоянии между ними a равен

$$1. r_{\text{Э}} = r. \quad 2. r_{\text{Э}} = \sqrt{ra}. \quad 3. r_{\text{Э}} = \sqrt[3]{ra^2}. \quad 4. r_{\text{Э}} = \sqrt{\sqrt{2ra}}.$$

25. Эквивалентный радиус провода $r_{\text{Э}}$ при расщеплении фазы на $n=4$ проводов радиусом r и расстоянии между ними a равен

$$1. r_{\text{Э}} = r. \quad 2. r_{\text{Э}} = \sqrt{ra}. \quad 3. r_{\text{Э}} = \sqrt[3]{ra^2}. \quad 4. r_{\text{Э}} = \sqrt{\sqrt{2ra}}.$$

26. Найти величину погонного индуктивного сопротивления ЛЭП СВН, фаза которой расщеплена на n проводов радиусом r , расстояние между соседними фазами D :

$$1. x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{\text{Э}}}{r_{\text{Э}}} + 0,0157 / n, \text{ Ом/км.} \quad 2. x_0 = 0,144 \lg \frac{D}{r} + 0,0157 / n, \text{ Ом/км.}$$

$$3. x_0 = 0,144 \lg \frac{r_{\text{Э}}}{D_{\text{Э}}} + 0,0157 / n, \text{ Ом/км.} \quad 3. x_0 = 0,144 \lg \frac{r}{D} + 0,0157 / n, \text{ Ом/км.}$$

27. Найти величину погонного емкостного сопротивления ЛЭП СВН, фаза которой расщеплена на n проводов радиусом r , расстояние между соседними фазами D :

$$1. b_0 = \frac{7,58 * 10^{-6}}{\lg \frac{D_{\text{Э}}}{r_{\text{Э}}}}, \text{ См/км.} \quad 2. b_0 = \frac{7,58 * 10^{-6}}{\lg \frac{D}{r}}, \text{ См/км.}$$

$$3. b_0 = \frac{7,58 * 10^{-6}}{\lg \frac{r_{\text{Э}}}{D_{\text{Э}}}}, \text{ См/км.} \quad 3. b_0 = \frac{7,58 * 10^{-6}}{\lg \frac{r}{D}}, \text{ См/км.}$$

28. Волновое сопротивление линии z_c находится по формуле:

$$1. z_c = \frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}. \quad 2. z_c = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}}. \quad 3. z_c = \frac{g_0 + jb_0}{r_0 + jx_0}. \quad 4. z_c = \sqrt{\frac{g_0 + jb_0}{r_0 + jx_0}}.$$

29. Коэффициент распространения волны γ находится по формуле:

1. $\gamma = \sqrt{(r_0 + jx_0)(g_0 + jb_0)}$. 2. $\gamma = \sqrt{\frac{g_0 + jb_0}{r_0 + jx_0}}$.

3. $\gamma = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}}$. 4. $\gamma = (r_0 + jx_0)(g_0 + jb_0)$.

30. Для линии без потерь ее волновое сопротивление z_c находится по формуле:

1. $z_c = \sqrt{x_0 b_0}$. 2. $z_c = \sqrt{\frac{r_0}{g_0}}$. 3. $z_c = \sqrt{\frac{x_0}{b_0}}$. 4. $z_c = \sqrt{\frac{b_0}{x_0}}$.

31. Для линии без потерь ее коэффициент распространения волны γ находится по формуле:

1. $\gamma = j\sqrt{x_0 b_0}$. 2. $\gamma = \sqrt{\frac{b_0}{x_0}}$. 3. $\gamma = \sqrt{r_0 g_0}$. 4. $\gamma = jx_0 b_0$.

31. Для ЛЭП СВН коэффициент распространения волны равен $\gamma = \beta_0 + j\alpha_0$. Величина β_0 лежит в пределах

1. $(2-6) \cdot 10^{-6}$ 1/км. 2. $(2-6) \cdot 10^{-5}$ 1/км. 3. $(2-6) \cdot 10^{-4}$ 1/км. 4. $(2-6) \cdot 10^{-3}$ 1/км.

32. Для ЛЭП СВН коэффициент распространения волны равен $\gamma = \beta_0 + j\alpha_0$. Величина α_0 приближенно равна

1. 0,006 эл. град/км. 2. 0,06 эл. град/км. 3. 0,6 эл. град/км. 4. 6 эл. град/км.

33. Волновое сопротивление ЛЭП СВН находится в пределах:

1. 2000 – 4000 Ом. 2. **200 – 400 Ом.** 3. 20 – 40 Ом. 4. 2 – 4 Ом.

34. Выберите правильную систему уравнений связи параметров начала и конца дальней электропередачи (напряжения фазные):

1.
$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_2 \operatorname{ch} \gamma l + \dot{I}_2 z_c \operatorname{sh} \gamma l; \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_2 \operatorname{ch} \gamma l + (\dot{U}_2 / z_c) \operatorname{sh} \gamma l. \end{aligned} \right\} \cdot 2. \left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{I}_2 z_c \operatorname{ch} \gamma l + \dot{U}_2 \operatorname{sh} \gamma l; \\ \dot{I}_1 &= (\dot{U}_2 / z_c) \operatorname{ch} \gamma l + \dot{I}_2 \operatorname{sh} \gamma l. \end{aligned} \right\} \cdot$$

3.
$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_2 \operatorname{sh} \gamma l + \dot{I}_2 z_c \operatorname{ch} \gamma l; \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_2 \operatorname{ch} \gamma l + (\dot{U}_2 / z_c) \operatorname{ch} \gamma l. \end{aligned} \right\} \cdot 4. \left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= (\dot{U}_2 / z_c) \operatorname{ch} \gamma l + \dot{I}_2 \operatorname{sh} \gamma l; \\ \dot{I}_1 &= \dot{U}_2 \operatorname{ch} \gamma l + (\dot{I}_2 / z_c) \operatorname{sh} \gamma l. \end{aligned} \right\} \cdot$$

35. Выберите правильную систему уравнений связи параметров начала и конца дальней электропередачи (напряжения фазные) для ЛЭП без потерь:

1.
$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_2 \cos \alpha_0 l + j \dot{I}_2 z_c \sin \alpha_0 l; \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_2 \cos \alpha_0 l + j(\dot{U}_2 / z_c) \sin \alpha_0 l. \end{aligned} \right\} \cdot 2. \left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_2 \cos \alpha_0 l + \dot{I}_2 z_c \sin \alpha_0 l; \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_2 \cos \alpha_0 l + (\dot{U}_2 / z_c) \sin \alpha_0 l. \end{aligned} \right\} \cdot$$

3.
$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= j \dot{U}_2 \cos \alpha_0 l + \dot{I}_2 z_c \sin \alpha_0 l; \\ \dot{I}_1 &= j \dot{I}_2 \cos \alpha_0 l + (\dot{U}_2 / z_c) \sin \alpha_0 l. \end{aligned} \right\} \cdot 4. \left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_2 \sin \alpha_0 l + j \dot{I}_2 z_c \cos \alpha_0 l; \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_2 \sin \alpha_0 l + j(\dot{U}_2 / z_c) \cos \alpha_0 l. \end{aligned} \right\} \cdot$$

36. Выберите правильную формулу связи напряжений по концам ЛЭП СВН (линия без потерь):

$$1. \dot{U}_1 = \dot{U}_2 \left(\cos \alpha_0 l + \frac{Q_2}{*} \sin \alpha_0 l + j \frac{P}{*} \sin \alpha_0 l \right).$$

$$2. \dot{U}_1 = \dot{U}_2 \left(\cos \alpha_0 l + \frac{Q_2}{*} \cos \alpha_0 l + j \frac{P}{*} \sin \alpha_0 l \right).$$

$$3. \dot{U}_1 = \dot{U}_2 \left(\cos \alpha_0 l + \frac{Q_2}{*} \sin \alpha_0 l + j \frac{P}{*} \cos \alpha_0 l \right).$$

$$4. \dot{U}_1 = \dot{U}_2 \left(\sin \alpha_0 l + \frac{Q_2}{*} \sin \alpha_0 l + j \frac{P}{*} \sin \alpha_0 l \right).$$

37. При длине линии менее 1000 км и $Q_2 > 0$ увеличение Q_2 (при заданных активной мощности и напряжении в конце линии) приведет к

1. Снижению U_1 . 2. **Увеличению** U_1 . 3. Не повлияет на U_1 . 4. Изменению U_1 в зависимости от величины перетока активной мощности.

38. При длине линии менее 1000 км и $Q_2 < 0$ дальнейшее уменьшение Q_2 (при заданных активной мощности и напряжении в конце линии) приведет к

1. **Снижению** U_1 . 2. Увеличению U_1 . 3. Не повлияет на U_1 . 4. Изменению U_1 в зависимости от величины перетока активной мощности.


39. При длине линии менее 1000 км, $Q_2 = 0$ и $P > 0$ уменьшение P (при заданном напряжении в конце линии) приведет к

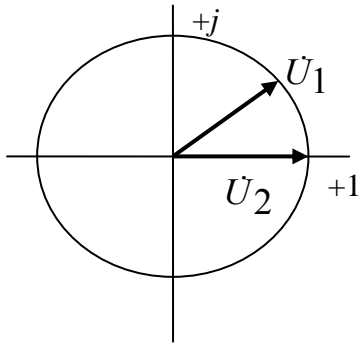
1. **Снижению** U_1 . 2. Увеличению U_1 . 3. Не повлияет на U_1 . 4. Изменению U_1 в зависимости от величины перетока активной мощности.

40. При длине линии менее 1000 км, $Q_2 = 0$ и $P > 0$ увеличение P (при заданном напряжении в конце линии) приведет к

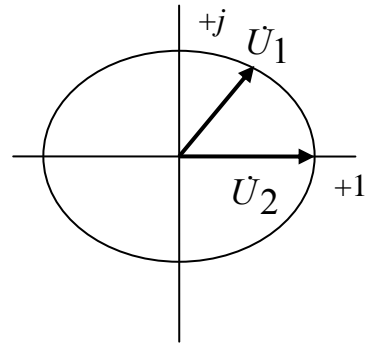
1. Снижению U_1 . 2. **Увеличению** U_1 . 3. Не повлияет на U_1 . 4. Изменению U_1 в зависимости от величины перетока активной мощности.

41. Выберите правильную диаграмму напряжений при следующих исходных данных – $Q_2 = 0$ и $P = 1$:

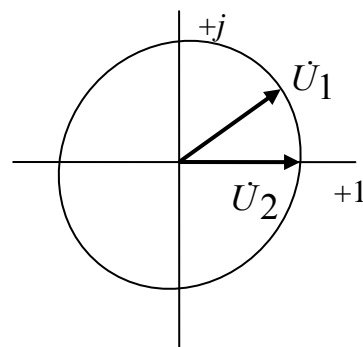
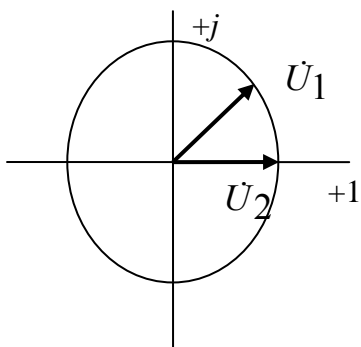
1.  2. 



3.



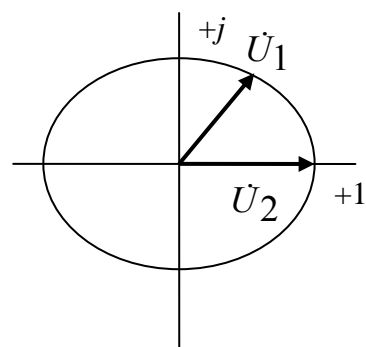
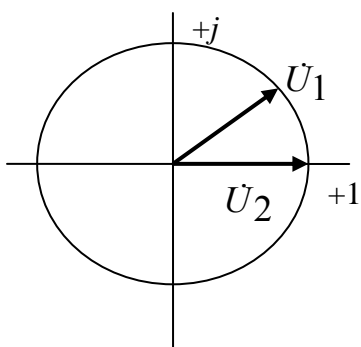
4.



42. Выберите правильную диаграмму напряжений при следующих исходных данных – $Q_2=0$ и $P < 1$:

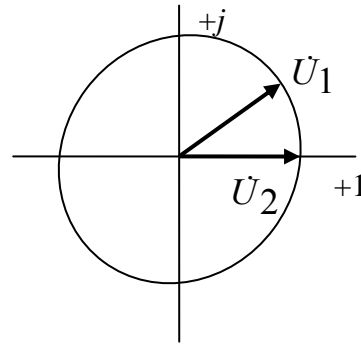
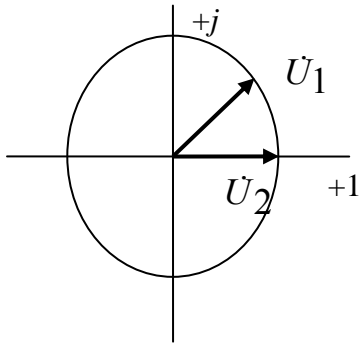
1.

2.



3.

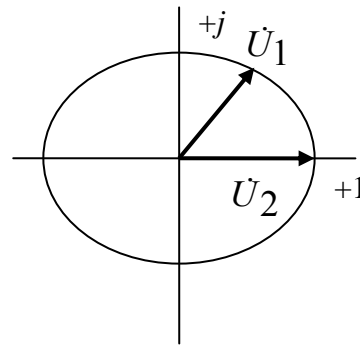
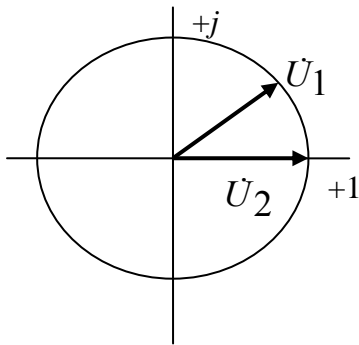
4.



43. Выберите правильную диаграмму напряжений при следующих исходных данных – $Q_2=0$ и $P>1$:

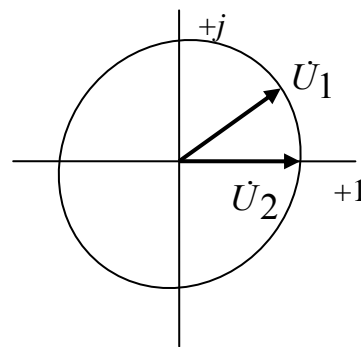
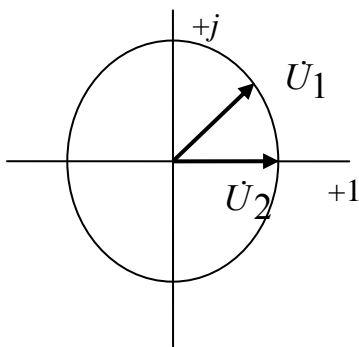
1.

2.



3.

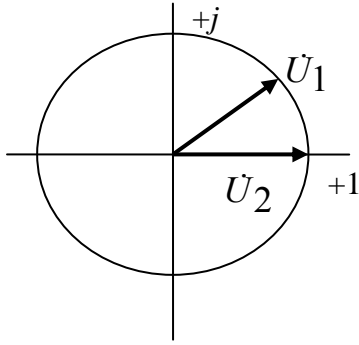
4.



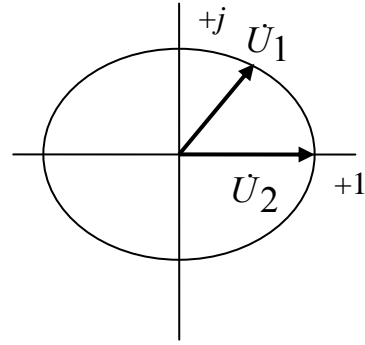
44. Выберите правильную диаграмму напряжений при следующих исходных данных – $Q_2>0$ и $P=1$:

1.

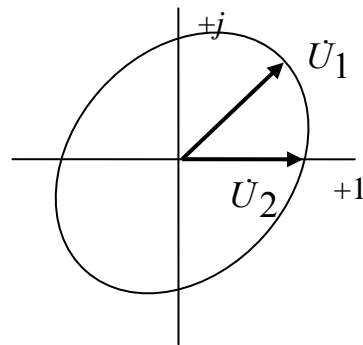
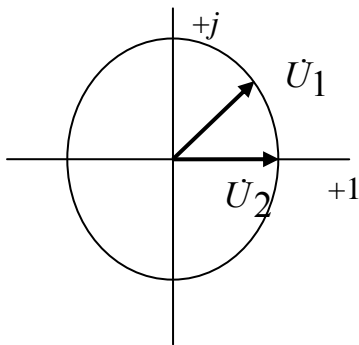
2.



3.



4.



45. Выберите правильную формулу связи напряжений по концам ЛЭП СВН (линия без потерь):

$$1. \dot{U}_2 = \dot{U}_1 \left(\cos \alpha_0 l - \frac{Q_1}{*} \sin \alpha_0 l - j \frac{P}{*} \sin \alpha_0 l \right).$$

$$2. \dot{U}_2 = \dot{U}_1 \left(\sin \alpha_0 l + \frac{Q_1}{*} \cos \alpha_0 l + j \frac{P}{*} \sin \alpha_0 l \right).$$

$$3. \dot{U}_2 = \dot{U}_1 \left(\cos \alpha_0 l + \frac{Q_1}{*} \sin \alpha_0 l + j \frac{P}{*} \sin \alpha_0 l \right).$$

$$4. \dot{U}_2 = \dot{U}_1 \left(\sin \alpha_0 l - \frac{Q_1}{*} \sin \alpha_0 l + j \frac{P}{*} \sin \alpha_0 l \right).$$

46. Выберите правильную формулу расчета угла δ между напряжениями начала \dot{U}_1 и конца \dot{U}_2 электропередачи:

$$1. \operatorname{tg} \delta = \frac{\frac{P}{*} \operatorname{tg} \alpha_0 l}{1 + \frac{Q_2}{*} \operatorname{tg} \alpha_0 l}.$$

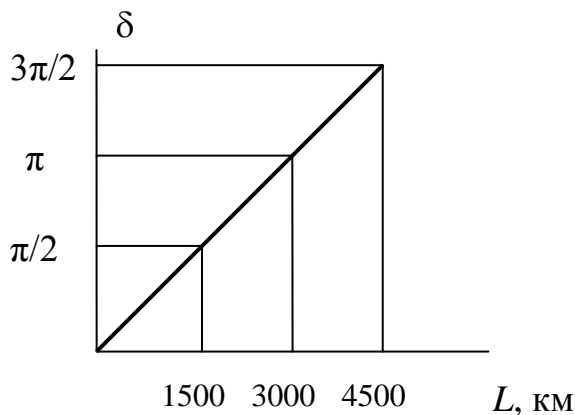
$$2. \operatorname{tg} \delta = \frac{\frac{Q_2}{*} \operatorname{tg} \alpha_0 l}{1 + \frac{P}{*} \operatorname{tg} \alpha_0 l}.$$

$$3. \operatorname{tg} \delta = \frac{P \operatorname{ctg} \alpha_0 l}{1 + Q_2 \operatorname{ctg} \alpha_0 l} \quad 4. \operatorname{tg} \delta = \frac{Q_2 \operatorname{ctg} \alpha_0 l}{1 + P \operatorname{ctg} \alpha_0 l}$$

47. Выберите правильную формулу расчета предельной передаваемой мощности $P_{\text{пр}}$:

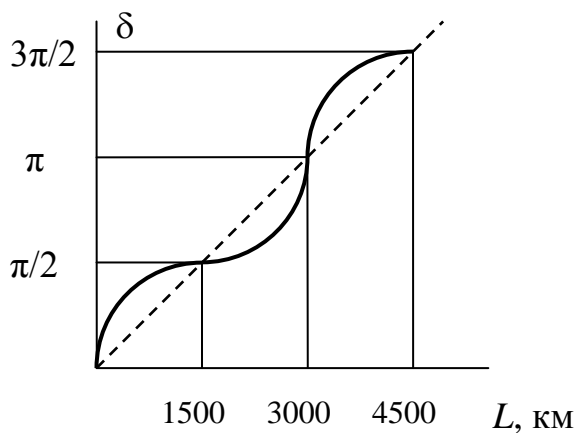
$$1. P_{\text{пр}} = \frac{U_1 U_2}{z_c \sin \alpha_0 l} \quad 2. P_{\text{пр}} = \frac{U_1 U_2}{z_c \cos \alpha_0 l} \quad 3. P_{\text{пр}} = \frac{U_1 U_2}{z_c \operatorname{tg} \alpha_0 l} \\ 4. P_{\text{пр}} = \frac{U_1 U_2}{z_c \operatorname{ctg} \alpha_0 l}$$

48. Выберите правильные условия, соответствующие приведенному графику изменения угла δ между напряжениями начала \dot{U}_1 и конца \dot{U}_2 электропередачи:



$$1. P = 1, Q_2 = 0. \quad 2. P > 1, Q_2 = 0. \quad 3. P < 1, Q_2 = 0. \quad 4. P = 1, Q_2 > 0.$$

49. Выберите правильные условия, соответствующие приведенному графику изменения угла δ между напряжениями начала \dot{U}_1 и конца \dot{U}_2 электропередачи:



$$1. P = 1, Q_2 = 0. \quad 2. P > 1, Q_2 = 0. \quad 3. P < 1, Q_2 = 0. \quad 4. P = 1, Q_2 > 0.$$

52. Выберите правильную формулу расчета реактивной мощности на конце ЛЭП СВН:

$$1. \underset{*}{Q_2} = -ctg\alpha_0 l + \sqrt{\left(\frac{k}{\sin \alpha_0 l}\right)^2 - P^2} \quad . \quad 2. \underset{*}{Q_2} = -ctg\alpha_0 l + \sqrt{\left(\frac{k}{\sin \alpha_0 l}\right)^2 + P^2} \quad .$$

$$3. \underset{*}{Q_2} = ctg\alpha_0 l + \sqrt{\left(\frac{k}{\sin \alpha_0 l}\right)^2 - P^2} \quad . \quad 4. \underset{*}{Q_2} = -ctg\alpha_0 l - \sqrt{\left(\frac{k}{\sin \alpha_0 l}\right)^2 - P^2} \quad .$$

53. Выберите правильную формулу расчета реактивной мощности в начале ЛЭП СВН:

$$1. \underset{*}{Q_1} = k^2 ctg\alpha_0 l - \sqrt{\left(\frac{k}{\sin \alpha_0 l}\right)^2 - P^2} \quad . \quad 2. \underset{*}{Q_1} = k^2 ctg\alpha_0 l + \sqrt{\left(\frac{k}{\sin \alpha_0 l}\right)^2 - P^2} \quad .$$

$$3. \underset{*}{Q_1} = ctg\alpha_0 l - \sqrt{\left(\frac{1}{\sin \alpha_0 l}\right)^2 - P^2} \quad . \quad 4. \underset{*}{Q_1} = -ctg\alpha_0 l + \sqrt{\left(\frac{1}{\sin \alpha_0 l}\right)^2 - P^2} \quad .$$

54. При каком условии реактивные мощности по концам электропередачи равны и противоположны по знаку $\underset{*}{Q_1} = -\underset{*}{Q_2}$ при заданных коэффициенте перепада напряжений k ,

мощности P и длине l ?

1. При любых P и l и $k=1$. 2. При любых k и P и $l=1000$ км.

3. При любых k и l и $P=1$. 4. Ни при каких условиях.

55. При заданном перетоке активной мощности P , увеличивая коэффициент перепада напряжений k можно повлиять на реактивную мощность в начале линии $\underset{*}{Q_1}$ следующим

образом:

1. Увеличить. 2. Уменьшить. 3. Никак не повлияет. 4. **Повлияет, но зависит от l и P .**

56. При заданном перетоке активной мощности P , увеличивая коэффициент перепада напряжений k можно повлиять на реактивную мощность в начале линии $\underset{*}{Q_2}$ следующим

образом:

1. Увеличить. 2. Уменьшить. 3. Никак не повлияет. 4. **Повлияет, но зависит от l и P .**

57. Реактивные мощности по концам электропередачи при заданных коэффициенте перепада напряжений k и перетоке активной мощности P устанавливаются:

1. Такие, какие необходимы исходя из обеспечения баланса реактивных мощностей.

2. **Строго в соответствии с длиной электропередачи, значениями P и k .**

3. В начале линии – в соответствии с балансом реактивных мощностей; в конце линии – в соответствии с длиной электропередачи, значениями P и k .

4. В конце линии – в соответствии с балансом реактивных мощностей; в начале линии – в соответствии с длиной электропередачи, значениями P и k .

58. При невыполнении баланса реактивных мощностей в начале электропередачи параметры режима:

1. Не изменятся. **2. Изменится напряжение U_1 .**

3. Изменится напряжение U_2 . 4. Изменится передаваемая мощность P .

59. При невыполнении баланса реактивных мощностей в конце электропередачи параметры режима:

1. Не изменятся. 2. Изменится напряжение U_1 .

3. Изменится напряжение U_2 . 4. Изменится передаваемая мощность P .

60. Для снижения напряжения в конце электропередачи следует установить:

1. Шунтирующие реакторы. 2. Продольные реакторы.

3. Поперечные конденсаторные установки. 4. Синхронные генераторы.

61. Для снижения напряжения в конце электропередачи следует установить:

1. Синхронные компенсаторы. 2. Продольные реакторы.

3. Поперечные конденсаторные установки. 4. Синхронные генераторы.

62. Для повышения напряжения в конце электропередачи следует установить:

1. Шунтирующие реакторы. 2. Продольные реакторы.

3. Поперечные конденсаторные установки. 4. Синхронные генераторы.

63. Для повышения напряжения в конце электропередачи следует установить:

1. Шунтирующие реакторы. 2. Продольные реакторы.

3. Синхронные компенсаторы. 4. Синхронные генераторы.

64. Для снижения коэффициента перепада напряжений при заданном напряжении в начале электропередачи следует применить на ее приемном конце:

1. Шунтирующие реакторы. 2. Продольные реакторы.

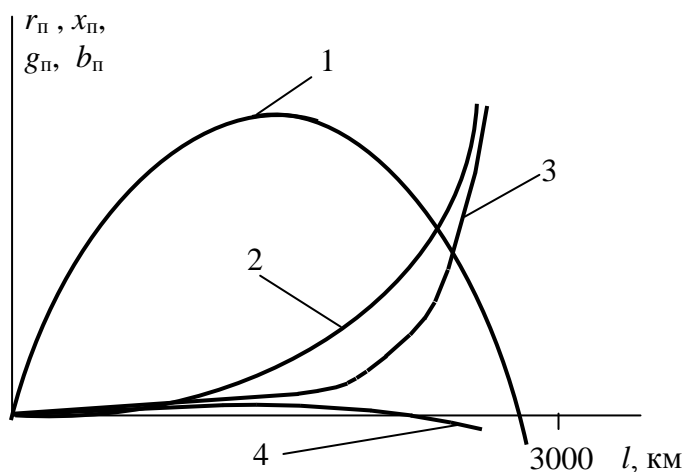
3. Синхронные компенсаторы. 4. Синхронные генераторы.

65. Для повышения коэффициента перепада напряжений при заданном напряжении в начале электропередачи следует применить на ее приемном конце:

1. Шунтирующие реакторы. 2. Продольные реакторы.

3. Поперечные конденсаторные установки. 4. Синхронные генераторы.

66. Укажите правильные графики изменения параметров r_{Π} , x_{Π} , g_{Π} , b_{Π} П-образной схемы замещения ЛЭП СВН:



1. $1 - r_{\Pi}, 2 - x_{\Pi}, 3 - g_{\Pi}, 4 - b_{\Pi}$. 2. $1 - x_{\Pi}, 2 - b_{\Pi}, 3 - g_{\Pi}, 4 - r_{\Pi}$.
 3. $1 - x_{\Pi}, 2 - r_{\Pi}, 3 - b_{\Pi}, 4 - g_{\Pi}$. 4. $1 - b_{\Pi}, 2 - g_{\Pi}, 3 - x_{\Pi}, 4 - r_{\Pi}$.

67. Может ли быть в П-образной схеме замещения ЛЭП СВН активное сопротивление r_{Π} отрицательным?

1. Не может при любой длине линии.
 2. **Может при длине линии, близкой к половине волны.**
 3. Может при длине линии, близкой к трети волны.
 4. Может при длине линии, близкой к четверти волны.

68. Может ли быть в П-образной схеме замещения ЛЭП СВН реактивное сопротивление x_{Π} отрицательным?

1. Не может при любой длине линии.
 2. **Может при длине линии, близкой к половине волны.**
 3. Может при длине линии, близкой к трети волны.
 4. Может при длине линии, близкой к четверти волны.

69. Выберите правильные формулы связи волновых параметров линии с коэффициентами схемы замещения линии, представленной четырехполосником:

1. $A = ch\gamma l; B = z_C sh\gamma l; C = (1/z_C)sh\gamma l; D = ch\gamma l$.
 2. $A = sh\gamma l; B = z_C ch\gamma l; C = (1/z_C)ch\gamma l; D = sh\gamma l$.
 3. $A = (1/z_C)ch\gamma l; B = z_C ch\gamma l; C = sh\gamma l; D = sh\gamma l$.
 4. $A = ch\gamma l; B = z_C sh\gamma l; C = (1/z_C)ch\gamma l; D = sh\gamma l$.

70. Выберите правильные формулы связи параметров линии, представленной четырехполосником, с параметрами П-образной схемы замещения:

1. $A = 1 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi}; B = \dot{Z}_{\Pi}; C = \dot{Y}_{\Pi}(2 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi}); D = 1 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi}$.
 2. $A = \dot{Z}_{\Pi}; B = 1 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi}; C = 1 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi}; D = \dot{Y}_{\Pi}(2 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi})$.
 3. $A = \dot{Z}_{\Pi}; B = 1 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi}; C = \dot{Y}_{\Pi}(2 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi}); D = \dot{Z}_{\Pi}$.
 4. $A = \dot{Y}_{\Pi}(2 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi}); B = \dot{Z}_{\Pi}; C = 1 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi}; D = 1 + \dot{Z}_{\Pi} \dot{Y}_{\Pi}$.

71. В линии продольно включена емкость, индуктивное сопротивление которой $x_C = 1/\omega C$. Выберите правильную матрицу коэффициентов четырехполосника, связывающих напряжения и токи электропередачи по концам емкости:

1. $\begin{bmatrix} 1 & -jx_C \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$. 2. $\begin{bmatrix} 1 & -x_C \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$. 3. $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -jx_C & 1 \end{bmatrix}$. 4. $\begin{bmatrix} 1 & jx_C \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$.

72. В линии поперечно включен шунтирующий реактор проводимостью $b_P = 1/\omega L$.

Выберите правильную матрицу коэффициентов четырехполосника, связывающих напряжения и токи электропередачи до и после точки включения реактора:

1. $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -jb_P & 1 \end{bmatrix}$. 2. $\begin{bmatrix} 1 & b_P \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$. 3. $\begin{bmatrix} 1 & -jb_P \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$. 4. $\begin{bmatrix} 1 & jb_P \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$.

73. Выберите правильный результат перемножения двух матриц коэффициентов четырехполосников $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$:

1. $\begin{bmatrix} -1 & 2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$. 2. $\begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 3 & -1 \end{bmatrix}$. 3. $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 2 \end{bmatrix}$. 4. $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 3 \end{bmatrix}$.

74. Выберите правильную формулу расчета предельной передаваемой мощности:

1. $P_{\text{пр}} = U_1 U_2 / B$. 2. $P_{\text{пр}} = U_1 U_2 / C$. 3. $P_{\text{пр}} = U_1 U_2 / D$. 4. $P_{\text{пр}} = U_1 U_2 / A$.

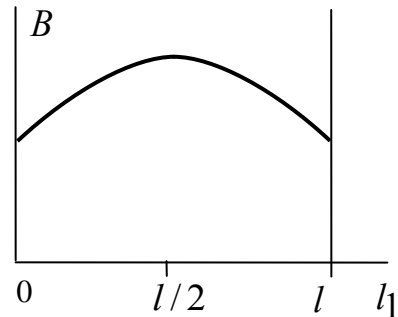
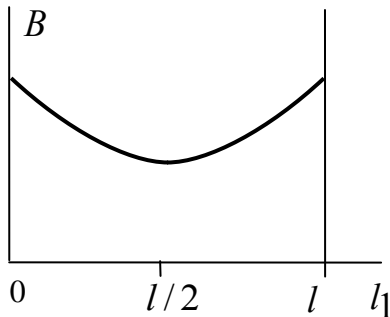
75. При установке шунтирующего реактора проводимостью b_p на расстоянии l_1 от начала электропередачи длиной l коэффициент B четырехполюсной схемы замещения электропередачи равен

$B = j \left[z_c \sin \alpha_0 l + z_c^2 b_p \sin \alpha_0 l \sin \alpha_0 (l - l_1) \right]$. Выберите правильный график его

изменения в зависимости от места установки шунтирующего реактора:

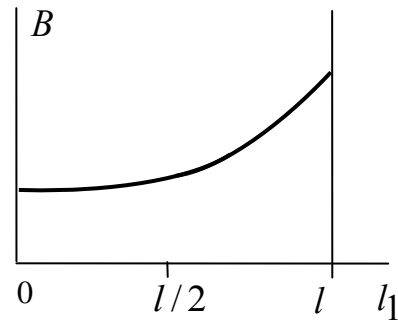
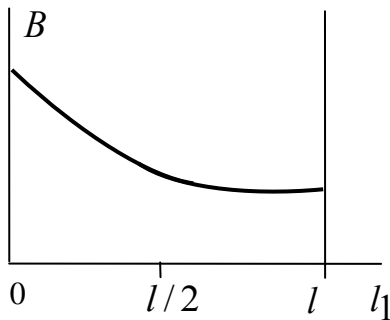
1.

2.



3.

4.



76. Минимально допустимый коэффициент запаса по статической устойчивости равен:

1. 10%. 2. 20%. 3. 25%. 4. 30%.

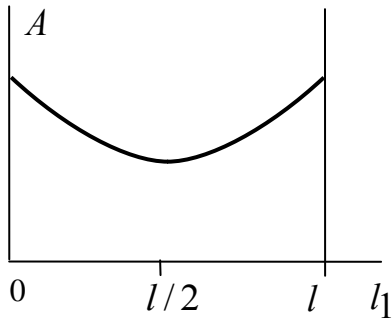
77. При установке шунтирующего реактора проводимостью b_p на расстоянии l_1 от начала электропередачи длиной l коэффициент A четырехполюсной схемы замещения электропередачи равен

$A = \cos \alpha_0 l + z_c b_p \sin \alpha_0 l \cos \alpha_0 (l - l_1)$. Выберите правильный график его изменения в

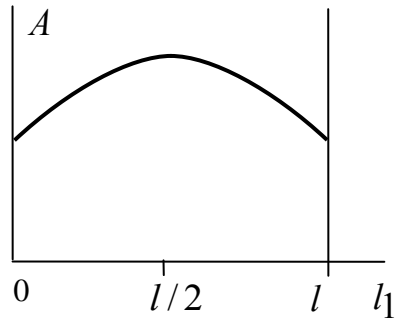
зависимости от места установки шунтирующего реактора:

1.

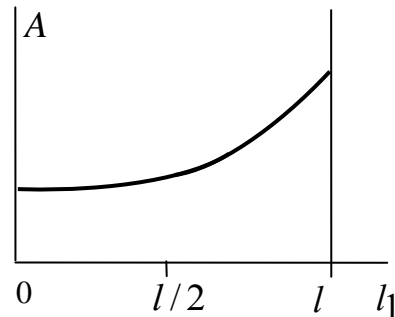
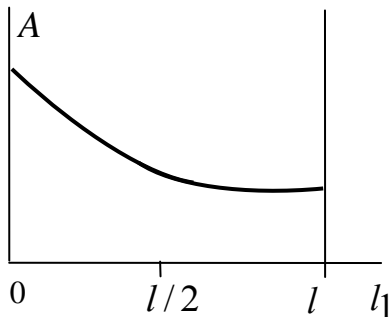
2.



3.



4.



78. Максимальное длительно допустимое превышение напряжения над номинальным для ЛЭП 500 и 750 кВ составляет:

1. 3%. 2. **5%**. 3. 7%. 4. 10%.

79. Критическая длина кабеля переменного тока определяется условием:

1. Равенством потерь напряжения половине номинального напряжения.
2. **Равенством тока на входе отключенного от нагрузки кабеля длительно допустимому току.**
3. Равенством напряжения на конце кабеля минимально допустимому напряжению.
4. Равенством длины кабеля предельной строительной длине.

80. Не обеспечивают плавного регулирования реактивной мощности:

1. **Батареи статических конденсаторов.**
2. Статические компенсаторы.
3. Синхронные генераторы.
4. Статические источники реактивной мощности

Для промежуточной аттестации:

Базовые вопросы

Конструкция фазы. Удельные погонные параметры линий СВН

1.1. Какими факторами определяется расстояние между фазами воздушной линии при горизонтальной подвеске проводов?

1.2. Как конструкция опоры воздушной линии СВН влияет на удельное погонное сопротивление и проводимость линии?

1.3. С какой целью на линиях СВН применяются расщепленные провода фаз?

- 1.4. Что такое волновое сопротивление линии?
- 1.5. Как осуществляется перенос энергии по линии СВН?
- 1.6. Чем характеризуется режим передачи натуральной мощности?

Основные характеристики некомпенсированной линии переменного тока

- 2.1. Назовите волновые параметры линии и поясните их физический смысл.
- 2.2. Каким образом частота сети влияет на волновые параметры линии?
- 2.3. Какие допущения принимаются при анализе характеристик идеализированной линии?

Схемы замещения протяженных электропередач переменного тока

- 3.1. Чем различаются известные математические модели линии? Назовите области их применения.
- 3.2. Назовите возможные способы определения параметров схем замещения линии.
- 3.3. Какие физические свойства линии отражают элементы ее схем замещения?

Вопросы для продвинутого уровня

Конструкция фазы. Удельные погонные параметры линий СВН

- 1.1. Поясните влияние расщепления проводов на пропускную способность?
- 1.2. Как влияет расщепление проводов фаз на потери активной мощности, на нагрев проводов и зарядную мощность линии?
- 1.3. Поясните факторы отрицательного воздействия коронирования проводов на линии СВН, связав их с физической сущностью короны.

Основные характеристики некомпенсированной линии переменного тока

- 2.1. Какова пропускная способность линий длиной 3000км?
- 2.2. Каким образом перепад напряжений влияет на параметры круговых диаграмм линий?
- 2.3. Как изменяется наибольшая передаваемая мощность при изменении длины линии? Какие ограничения при этом учитываются?

Схемы замещения протяженных электропередач переменного тока

- 3.1. Как учитываются в схеме замещения линии устройства, имеющие сосредоточенные параметры, при их последовательном и параллельном включении?
- 3.2. Как найти собственное и взаимное сопротивления линии в реакторе в промежуточной точке?
- 3.3. Как определить параметры режима в промежуточной точке электропередачи, пользуясь П-схемами замещения?

Высокий уровень

Конструкция фазы. Удельные погонные параметры линий СВН

1.1. Как связаны между собой радиус расщепления и радиус эквивалентного провода?

1.2. Как влияет изменение радиуса расщепления на удельные значения активного и индуктивного сопротивлений и емкостной проводимости линии?

1.3. Каким образом погода влияет на изменение условий коронирования и потери мощности в линии?

Основные характеристики некомпенсированной линии переменного тока

2.1. Поясните физический смысл корней характеристического уравнения при выводе уравнений длинной линии.

2.2. Поясните распределение напряжения, тока и реактивной мощности для реальной и идеализированной линий при $k=1$ и $R_{нат}$. Какие нежелательные явления возможны в этом режиме?

2.3. Каковы особенности режимов линий длиной свыше 1500км? Обоснуйте свой ответ.

Схемы замещения протяженных электропередач переменного тока

3.1. Поясните сущность метода эквивалентного четырехполюсника. Как с его помощью найти параметры режима в промежуточной точке сложной электропередачи?

3.2. Что лежит в основе определения расчетных выражений поправочных коэффициентов для параметров П-схемы замещения?

3.3. Назовите основное допущение в методе А.А. Горева. Возможно ли при использовании этого метода получение активной составляющей в поперечной проводимости П-схемы? Ответ обоснуйте.