



КГЭУ

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

АКТУАЛИЗИРОВАНО

с изменениями

решением ученого совета ИЭЭ
протокол №7 от 16.04.2024

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института электроэнергетики и
электроники

_____ Р.В.Ахметова

«30» 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.02.03.08 Перенапряжения в электроэнергетических системах

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность(профиль)

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработали:

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Электрические станции им. В.К. Шибанова	к.т.н., доцент	Балобанов Р.Н.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ЭС им. В.К. Шибанова	19.05.2023	№6/23	_____ Зав.каф., к.т.н., доц. Маргулис С. М.
Согласована	ЭС им. В.К. Шибанова ЭС	19.05.2023	№6/23	_____ Зав.каф., к.т.н., доц. Маргулис С. М.
Согласована	Учебно- методический совет ИЭЭ	30.05.2023	№8	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	30.05.2023	№9	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целями освоения учебной дисциплины «Перенапряжения в электроэнергетических системах» являются: изучение характеристик перенапряжений, воздействующих на изоляция электрооборудования высокого напряжения в электрических системах при различных режимах нейтрали электрических сетей, изучение резонансных перенапряжений и перенапряжений переходных режимов при коммутациях плановых и аварийных; освоение методики выбора и координации изоляции воздушных линий и подстанций; получение навыков выбора и координации изоляции воздушных линий и подстанций при внутренних перенапряжениях.

Задачами освоения дисциплины являются изучение:

- особенности внутренних перенапряжений в сетях с эффективно заземленной нейтралью;
- резонансные перенапряжения и способы защиты от них – перенапряжения при симметричных и неполнофазных режимах длинных линий электропередач, феррорезонансные;
- перенапряжений при самовозбуждении генераторов, работающих на емкостную нагрузку;
- перенапряжений в переходных режимах при коммутациях плановых и аварийных при разрыве электропередачи вследствие асинхронного хода, при отключении шунтирующих реакторов и ненагруженных трансформаторов, в цикле АПВ;
- анализа уровня внутренних перенапряжений, их длительности и опасности для изоляции электрооборудования;
- методики выбора и координации изоляции воздушных
- линий и подстанций при воздействии внутренних перенапряжений;

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3 - Способен обеспечить надежное функционирование электрооборудования высокого напряжения в процессе эксплуатации	ПК-3.4 Применяет современные способы и устройства для молниезащиты и защиты от перенапряжений электроэнергетических и электротехнических объектов
ПК-4 - Способен участвовать в разработке нормативно-технической документации по диагностике, испытаниям и защите от перенапряжений электрооборудования высокого напряжения электроэнергетических и электротехнических объектов при техническом обслуживании и ремонте	ПК-4.2 - Систематизирует организационно-распорядительные, нормативные, конструкторские, производственно-технологические и технические документы по диагностике, испытаниям и защите от перенапряжений электрооборудования высокого напряжения

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Техника высоких напряжений, Электрические станции и подстанции, Молниезащита Электрофизические процессы в газах, жидкостях и твердых диэлектриках, Современные технологии расчета электрических полей

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			8		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	5	180	180		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*		95,4	95,4		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,33	48	48		
Лекции	0,67	24	24		
Практические (семинарские) занятия	0,33	12	12		
Лабораторные работы	0,33	12	12		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	3,67	132	132		
Проработка учебного материала	0,67	24	24		
Курсовой проект	2,00	72	72		
Курсовая работа	0,00	0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации	1,00	36	36		
Промежуточная аттестация:			Э		
			КП		

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.		
Общая характеристика перенапряжений при различных	10	4	-	2	4	ТК1	ПК-3.4-3 ПК-3.4-У ПК-3.4-В

режимах заземления нейтрали энергосистем.							
Резонансные перенапряжения и защита от них	20	6	4	4	6		ПК-3.4-3 ПК-3.4-У ПК-3.4-В
Перенапряжения в переходных режимах при коммутациях	14	4	4	2	4		ПК-3.4-3 ПК-3.4-У ПК-3.4-В
Выбор и координация изоляции при воздействии внутренних перенапряжений	10	4	-	2	4	ТК2	ПК-4.2-3 ПК-4.2-У ПК-4.2-В
Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ.	18	6	4	2	6		ПК-4.2-3 ПК-4.2-У ПК-4.2-В
Курсовой проект	72	-	-	-	72	ОМ	ПК-3.4-3 ПК-3.4-У ПК-3.4-В ПК-4.2-3 ПК-4.2-У ПК-4.2-В
Экзамен	36	-	-	-	36	ОМ	ПК-3.4-3 ПК-3.4-У ПК-3.4-В ПК-4.2-3 ПК-4.2-У ПК-4.2-В
ИТОГО	180	24	12	12	132		

3. Тематический план лекционных занятий

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1 Общая характеристика перенапряжений при различных режимах заземления нейтрали энергосистем.

Классификация внутренних перенапряжений и их основные характеристики. Режимы заземления нейтрали энергосистем и обоснование их применения. Зависимость уровня внутренних перенапряжений от режима нейтрали.

Особенности внутренних перенапряжений в сетях с эффективно заземленной нейтралью. Влияние перенапряжений на цифровые электрические сети.

Раздел 2 Резонансные перенапряжения и защита от них.

Перенапряжения при симметричных и неполнофазных режимах длинных линий электропередач. Емкостный эффект в длинных ЛЭП СВН. Резонансные перенапряжения в симметричных режимах. Перенапряжения при несимметричных режимах. Способы ограничения перенапряжений –

шунтирующие реакторы. Феррорезонансные перенапряжения. Условия возникновения феррорезонанса. Феррорезонансные перенапряжения в сетях с различными режимами нейтрали. Способы защиты от феррорезонансных перенапряжений. Перенапряжения при самовозбуждении генераторов, работающих на емкостную нагрузку;

Раздел 3 Перенапряжения в переходных режимах при коммутациях.

Перенапряжения в переходных режимах при коммутациях плановых и аварийных – при разрыве электропередачи вследствие асинхронного хода, при отключении шунтирующих реакторов и ненагруженных трансформаторов, при включении и отключении ненагруженных линий, в цикле АПВ.

Раздел 4 Выбор и координация изоляции при воздействии внутренних перенапряжений.

Выбор и координация внешней изоляции линий и подстанций при внутренних перенапряжениях. Методика выбора и координация изоляции воздушных линий и подстанций.

Раздел 5 Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ.

Особенности условий возникновения внутренних перенапряжений в сетях 6-35 кВ. Резонансные и коммутационные перенапряжения. Перенапряжения в сетях собственных нужд электростанций. Перенапряжения в сетях промышленных предприятий. Статистические характеристики перенапряжений и способы защиты от них.

3.4. Тематический план практических занятий

Решение задач по разделам 1 - 5: Зависимость уровня внутренних перенапряжений от режима нейтрали. Внутренние перенапряжения в сетях 110-220 кВ при включении и отключении ненагруженных линий, выбор защитных аппаратов. Внутренние перенапряжения в сетях 110-220 кВ в несимметричных режимах, основы выбора защитных аппаратов. Резонансные перенапряжения в длинных линиях, обусловленные емкостным эффектом и выбор средств защиты от них. Перенапряжения при неполнофазных режимах блочных электропередач. Графоаналитический метод исследования феррорезонансных перенапряжений, выбор способов защиты от феррорезонанса.. Расчет перенапряжений при самовозбуждении генераторов, работающих на блочную нагрузку. Расчет перенапряжений при разрыве передачи вследствие асинхронного хода. Расчет перенапряжений при отключении шунтирующих реакторов и ненагруженных трансформаторов, выбор защитных аппаратов. Выбор и координация внешней изоляции ЛЭП и п/ст. Выбор ОПН Выбор и координация внутренней изоляции электрооборудования. Расчет коммутационных перенапряжений в сетях 6-35 кВ. Выбор средств защиты от внутренних перенапряжений.

3.5. Тематический план лабораторных работ

Лабораторные работы по разделам 1 - 5: Исследование перенапряжений при различных способах заземления нейтрали. Перенапряжения в установившихся

симметричных режимах в длинных линиях электропередач. Исследование феррорезонансных перенапряжений в сетях с различным способом заземления нейтрали Исследование перенапряжений в сети с дугогасящим реактором

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Курсовая проект на тему «Проектирование системы защиты от перенапряжений электрооборудования электрической станции (подстанции, электрической сети промышленного предприятия)». Студенты получают индивидуальные задания на курсовое проектирование.

Цель курсового проекта - освоить единство конструктивных, технологических и экономических решений при создании системы защиты электрооборудования от перенапряжений (грозовых, внутренних, от заноса высоких потенциалов), а также уяснить необходимость многокомпонентности и вариативности проектных решений при решении задачи защиты электрооборудования от перенапряжений.

При курсовом проектировании студенты должны широко использовать знания, полученные при изучении теоретического курса и выполнении практических и лабораторных работ.

Объем графической части проекта – 2 листа: электрическая схема подстанции, электрической сети; конструкция защитного аппарата, дугогасящего реактора, заземляющего резистора; конструктивные решения по размещению защитных средств на территории объекта; графические изображения перенапряжений (зависимости, осциллограммы и т.д.)

Объем расчетно-пояснительной записки 25-30 страниц текста, выполненного на компьютере, шрифт 14, интервал 1,5. Обязательны ссылки на литературу.

Компьютерная техника при выполнении курсового проекта используется для проведения расчетов, построения зависимостей, оформлении пояснительной записки.

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-3	ПК-3.4	Знать					
		знает характеристики молнии и грозовой деятельности, основные виды воздействия молнии на поражаемые объекты, классификацию сооружений по степени опасности поражения молнией, принцип действия и конструкцию молниеотводов, принципы построения и методы расчета молниезащиты энергетических объектов, правила устройства электроустановок; современные способы и устройства для молниезащиты и защиты от перенапряжений электроэнергетических и электротехнических объектов	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	
		уметь:					
		Умеет рассчитывать зоны защиты тросовых и стержневых молниеотводов, выбирать заземления	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с	При решении стандартных задач не продемонстрированы	

		<p>молниеотводов, рассчитывать вероятность поражения энергетических объектов ударами молнии, определять эффективность молниезащиты линий электропередач и и подстанций, умеет принимать технические решения по составу проводимых работ по молниезащите</p>	<p>задачи, выполнены все задания в полном объеме</p>	<p>задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами</p>	<p>негрубыми и ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме</p>	<p>основные умения, имеют место грубые ошибки</p>
		<p>владеть:</p>				
		<p>Владеет способностью применять современные способы и устройства для молниезащиты и защиты от перенапряжений электроэнергетических и электротехнических объектов</p>	<p>Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов без ошибок и недочетов</p>	<p>Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами.</p>	<p>Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами</p>	<p>Не продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, имеют место грубые ошибки.</p>
ПК-4	ПК-4.2	Знать				
		знает характеристики	Уровень знаний в	Уровень знаний в	Минимально	Уровень знаний

		<p>молнии и грозовой деятельности, основные виды воздействия молнии на поражаемые объекты, классификацию сооружений по степени опасности поражения молнией, принцип действия и конструкцию молниеотводов, принципы построения и методы расчета молниезащиты энергетических объектов, правила устройства электроустановок; современные способы и устройства для молниезащиты и защиты от перенапряжений электроэнергетических и электротехнических объектов</p>	<p>объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок</p>	<p>объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок</p>	<p>допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок</p>	<p>ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки</p>
		<p>уметь:</p>				
		<p>Умеет проводить анализ уровня внутренних перенапряжений, их длительности и опасности для изоляции электрооборудования; использовать методику выбора и</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи, выполнены все задания в полном объеме</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все</p>	<p>Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания,</p>	<p>При решении стандартных задач продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки</p>

		координации изоляции воздушных линий и подстанций при воздействии внутренних перенапряжений;		задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	но не в полном объеме	
		владеть:				
		иметь навык выбора и координации внешней изоляции линий и подстанций при внутренних перенапряжениях.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами	Не продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, имеют место грубые ошибки.

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. Титков, В. В. Перенапряжения и молниезащита : учебное пособие для

вузов / В. В. Титков, Ф. Х. Халилов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-8796-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/180871>

2. Малахова, Т. Ф. Перенапряжения в электрических сетях : учебное пособие / Т. Ф. Малахова, С. Г. Захаренко. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 79 с. — ISBN 978-5-00137-088-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133871>

3. Невретдинов, Ю. М. Переходные процессы и перенапряжения : учебное пособие / Ю. М. Невретдинов, Г. П. Фастий. — Мурманск : МГТУ, 2017. — 180 с. — ISBN 978-5-86185-915-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/142622>

5.1.2. Дополнительная литература

1. Савина, Н. В. Техника высоких напряжений. Перенапряжения и защита от них : учебное пособие / Н. В. Савина. — Благовещенск : АмГУ, 2015. — 191 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156473>

2. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы и главы шестого и седьмого изданий . — Москва : ЭНАС, 2019. — 672 с. — ISBN 978-5-4248-0162-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173340>

3. Инструкция по эксплуатации средств защиты от перенапряжений . — Москва : ЭНАС, 1985. — 72 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173278>

4. Васюра, Ю. Ф. Квазистационарные перенапряжения в сетях с изолированной, резонансно и эффективно заземленной нейтралью : учебное пособие / Ю. Ф. Васюра. — Киров : ВятГУ, 2016. — 93 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/174071>

5. Молниезащита (примеры, задачи и расчетное задание) : учебное пособие / К. П. Чернов. - Казань : КГЭУ, 2010. - 68 с. - 3736.

6. Защита высоковольтного электрооборудования подстанций от грозовых перенапряжений : методические указания для лабораторной работы по дисциплине «Молниезащита» / сост. : С. Н. Горячкин, М. Е. Тихов ; ред. Г. А. Филиппов. - Иваново : ИГЭУ, 2020. - 32 с. - URL: <https://elib.ispu.ru/node/8349>.

7. Техника высоких напряжений: изоляция и перенапряжения : учебное пособие / Т. В. Лопухова, А. Е. Усачев, К. П. Чернов. - Казань : КГЭУ, 2014. - 211 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru>. - 4726

8. Перенапряжения в установившихся симметричных режимах в длинных линиях электропередач : лаб. работа по курсу "Изоляция и перенапряжения" / сост.: О. И. Кондратов, Т. В. Лопухова. - 2-е изд. - Казань : КГЭУ, 2004. - 16 с.

9. Грозозащита подстанций от волн грозовых перенапряжений : лаб. работа по курсу "Изоляция и перенапряжения" / сост.: Р. Ш. Бикбов, Т. В. Лопухова, М. Ф. Гатиев. - 2-е изд. - Казань : КГЭУ, 2004. - 10 с. -

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Дистанционный курс «Перенапряжения в электроэнергетических системах» на образовательной площадке LMS MOODLE <https://lms.kgeu.ru/enrol/index.php?id=1548>

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/>
2. Российская национальная библиотека <http://nlr.ru/>
3. «Консультант плюс» <http://www.consultant.ru/>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Windows 7 Профессиональная (Pro) Пользовательская операционная система; ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно;
2. Браузер Chrome Система поиска информации в сети интернет; Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно;
3. LMS Moodle ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента; Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно.

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.
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, 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
1	2	3	4	5	6
1	1	10.04.2024	Влияние перенапряжений на цифровые электрические сети.	11.04.2024	16.04.2024
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



КГУ

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

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Б1.В.ДЭ.02.03.08 Перенапряжения в электроэнергетических системах

г. Казань, 2023

Оценочные материалы по дисциплине, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

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

1. Технологическая карта

Семестр 8

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
Раздел 1. Общая характеристика перенапряжений при различных режимах заземления нейтрали энергосистем.	ТК1	15	0-15					15-30	15-30
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)		15							
Реферат (Рфр)			0-5						
Раздел 2. Резонансные перенапряжения и защита от них	ТК1	20	0-15					20-35	20-35
Тест		20							
Реферат (Рфр)			0-15						
Раздел 3. Перенапряжения в переходных режимах при коммутациях	ТК1	20	0-15					20-35	20-35
Доклад			0-10						
Тест		20							
Реферат (Рфр)			0-5						
Раздел 4. Выбор и координация изоляции при воздействии внутренних перенапряжений	ТК2			20	0-15			20-35	20-35
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)				20					
Реферат (Рфр)					0-15				
Раздел 5. Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ.	ТК2			20	0-15			20-35	20-35

Тест					0-15				
Реферат (Рфр)				20					
Промежуточная аттестация (экзамен)	ОМ 1								0-45
В письменной форме по билетам									0-45

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-3	ПК-3.4		Знать			
		знает характеристики молнии и грозовой деятельности, основные виды воздействия молнии на поражаемые объекты, классификацию сооружений по степени опасности поражения молнией, принцип действия и конструкцию молниеотводов, принципы построения и методы расчета молниезащиты энергетических объектов, правила устройства электроустановок; современные способы и	Уровень знаний в объеме, соответствует вующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствует вующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки

		<p>устройства для молниезащиты и защиты от перенапряжений</p> <p>электроэнергетических и электротехнических объектов</p>				
уметь:						
		<p>Умеет рассчитывать зоны защиты тросовых и стержневых молниеотводов, выбирать заземления молниеотводов, рассчитывать вероятность поражения энергетических объектов ударами молнии, определять эффективность молниезащиты линий электропередач и и подстанций, умеет принимать технические решения по составу проводимых работ по молниезащите</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи, выполнены все задания в полном объеме</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами</p>	<p>Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки</p>
владеть:						
		<p>Владеет способностью применять современные способы и устройства для молниезащиты и защиты от перенапряжений</p> <p>электроэнергетических и электротехнических объектов</p>	<p>Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач, выполнении физических экспериментов,</p>	<p>Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнении физических экспериментов,</p>	<p>Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, выполнении физических экспериментов,</p>	<p>Не продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнении</p>

		ских объектов	обработки и интерпретации их результатов без ошибок и недочетов	ментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами.	ментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами	ния физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов, имеют место грубые ошибки.
ПК-4	ПК-4.2	Знать				
		знает характеристики молнии и грозовой деятельности, основные виды воздействия молнии на поражаемые объекты, классификацию сооружений по степени опасности поражения молнией, принцип действия и конструкцию молниеотводов, принципы построения и методы расчета молниезащиты энергетических объектов, правила устройства электроустановок; современные способы и устройства для молниезащиты и защиты от перенапряжений электроэнергетических и	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующую программу, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки

		<p>электротехнических объектов</p>				
уметь:						
<p>Умеет проводить анализ уровня внутренних перенапряжений, их длительности и опасности для изоляции электрооборудования; использовать методику выбора и координации изоляции воздушных линий и подстанций при воздействии внутренних перенапряжений;</p>		<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи, выполнены все задания в полном объеме</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами</p>	<p>Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки</p>	
владеть:						
<p>иметь навык выбора и координации внешней изоляции линий и подстанций при внутренних перенапряжениях.</p>		<p>Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов без ошибок и недочетов</p>	<p>Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами.</p>	<p>Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, выполнении физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов с некоторыми недочетами</p>	<p>Не продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач, выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов,</p>	

						имеют место грубые ошибки.
--	--	--	--	--	--	----------------------------

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *контрольных работ и тестовых заданий в семестре без ошибок и недочетов; глубокое понимание и умение применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *контрольных работ и тестовых заданий в семестре с минимальными ошибками и недочетами; понимание и умение применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера, достаточно полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение *контрольных работ и тестовых заданий в семестре с большим количеством ошибок и недочетов; минимальный набор навыков выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов.*

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за *слабое и неполное выполнение контрольных работ в семестре и отсутствие минимальных навыков выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов.*

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
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и твор-	Темы проектов

	ческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся	
Реферат (Рфр)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы	Темы рефератов
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
Доклад (Дкл), сообщение (Сбщ)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
Экзамен	Оценочные материалы, вынесенные на экзамен, состоят из экзаменационных билетов с теоретическими вопросами и заданиями практического характера для проверки практических умений.	Перечень теоретических вопросов и комплект типовых задач

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины
 Проверяемая компетенция: Проверяемая компетенция: ПК-3, ПК-4

Пример задания

Для текущего контроля ТК1:

Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
К внутренним перенапряжениям относятся:	а) коммутационные и квазистационарные перенапряжения; б) коммутационные перенапряжения и кратковременные повышения напряжения, вызванные изменением режима работы электрооборудования; в) атмосферные и коммутационные перенапряжения; г) коммутационные, квазистационарные перенапряжения и кратковременные повышения напряжения, вызванные изменением режима работы электрооборудования.
Установившиеся перенапряжения характеризуются:	а) Куд; б) Куст; в) Кв.п.
Габаритные размеры и конструкция продольной изоляции силовых трансформаторов	а) грозowymi перенапряжениями; б) внутренними перенапряжениями; в) а и б; г) грозowymi перенапряжениями и рабочими наибольшими

определяется:	напряжениями; д) рабочими наибольшими напряжениями; е) внутренними перенапряжениями и рабочими наибольшими напряжениями.
---------------	--

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

Отчет оформляется каждым студентом индивидуально и включает в себя выполненное предварительное задание, результаты экспериментальных исследований в виде таблиц и графиков зависимостей, выводы по результатам проделанной работы.

Вопросы для защиты выполненной работы

1. Каким образом оборудование подстанций должно быть защищено от волн грозовых перенапряжений, набегающих на подстанции по воздушным линиям электропередачи?

2. Как влияет на величину максимального напряжения на изоляции расстояние между защищаемой изоляцией и защитным аппаратом?

3. Как влияет на величину максимального напряжения на изоляции крутизна набегающей волны?

4. Каким образом можно оценить надежность защиты оборудования подстанции от набегающих волн?

5. Какова роль защитного подхода к подстанции в решении задачи координации изоляции?

Пример задания

Для текущего контроля ТК2:

Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Расчетную кратность внутренних перенапряжений можно снизить:	а) путем установки ОПН; б) используя вакуумные выключатели; в) путем повышения $U_{ном}$.
Причинами возникновения коммутационных перенапряжений являются:	а) включение разомкнутой линии под напряжение; б) нестабильное горение дуги в выключателях при отключении разомкнутых линий или конденсаторных батарей выключателями; в) явление «среза» тока; г) а и б; д) а и в; е) б и в; ж) а, б, в.

<p>Величина кратности установившегося режима это:</p>	<p>а) отношение амплитуды напряжения установившегося режима к амплитуде наибольшего рабочего напряжения; б) отношение максимального значения перенапряжения к амплитуде установившихся перенапряжений; в) отношение максимального значения перенапряжения к амплитуде наибольшего рабочего напряжения.</p>
---	--

Отчет по лабораторной работе (ОЛР)

Отчет оформляется каждым студентом индивидуально и включает в себя выполненное предварительное задание, результаты экспериментальных исследований в виде таблиц и графиков зависимостей. выводы по результатам проделанной работы.

Контрольные вопросы

1. Каковы условия возникновения феррорезонансных перенапряжений ?
2. Какова общая схема замещения при несимметричном режиме и как найти графоаналитически возможные режимы работы схемы ?
3. Какие режимы работы схемы являются устойчивыми и почему ?
4. Как перейти от трехфазной к однофазной схеме замещения при источнике бесконечной мощности и каковы будут однофазные схемы замещения для следующих случаев :
 - а) обрыв одного провода с заземлением в системе с изолированной нейтралью ;
 - б) обрыв одного или двух проводов без заземления в системе с заземленной нейтралью ?
5. Какова будет векторная диаграмма при обрыве одного провода с заземлением в системе с изолированной нейтралью :
 - а) в индуктивном режиме,
 - б) в емкостном режиме; как этот режим отразится на моторах малой мощности слабозагруженного приемного трансформатора ?
6. Как влияет активное сопротивление схемы на величину перенапряжений и как графоаналитически можно найти возможные режимы работы схемы ?

Контрольные вопросы

1. Чему равно входное сопротивление линии длиной 1000 км: разомкнутой; замкнутой на конце? Какой характер входного сопротивления (индуктивный, емкостный) в этих случаях?
2. При какой длине разомкнутой на конце линии, присоединенной к источнику с внутренним индуктивным сопротивлением, выполняется условие резонанса для линии? Определить резонансную длину для значений $X_{и}^* = 0,1$; $X_{и}^* = 0,2$; $X_{и}^* = 0,5$.

3. Какой характер имеет зависимость напряжения на конце разомкнутой линии от длины линии без учета и с учетом коронирования? Как изменятся эти зависимости при изменении рабочей частоты источника с 50 Гц до 60 Гц?

4. Какой характерный вид распределения напряжения соответствует разомкнутой на конце линии длиной 1000 и 2000 км?

5. Как изменяется распределение напряжения в линии, присоединенной к источнику бесконечной мощности, длиной $\ell < 2000$ км при изменении значения сопротивления реактора, подключаемого: а) в конце линии, б) в начале линии?

6. Как изменяется входное сопротивление линии длиной $\ell < 2000$ км при изменении значения сопротивления реактора, подключаемого в конце линии? Как изменится входное сопротивление, если вместо реактора подключить конденсатор, параллельно реактору подключить конденсатор?

7. Как изменяется распределение напряжения в линии, в рассечке которой в середине линии включен конденсатор устройства продольной компенсации, при изменении значения емкостного сопротивления X_c этого конденсатора?

8. Как выбираются элементы, моделирующие линию? Какие элементы моделируют корону и каковы условия выбора этих элементов?

Темы докладов

1. Перенапряжения в электроэнергетических системах и их влияние на оборудование.
2. Основные причины появления перенапряжений в электроэнергетических системах.
3. Методы регистрации и контроля перенапряжений в электроэнергетических системах.
4. Воздействие перенапряжений на работу электрооборудования и последствия этого влияния.
5. Оценка последствий перенапряжений на безопасность людей и окружающую среду.
6. Использование технических средств для защиты от перенапряжений.
7. Разработка, проектирование и монтаж систем защиты от перенапряжений.
8. Системы автоматического управления для обнаружения и обработки перенапряжений.
9. Анализ мероприятий по защите от перенапряжений в электроэнергетических системах.
10. Методы и средства предотвращения возникновения перенапряжений в электроэнергетических системах.
11. Оценка рисков и изучение причин возникновения перенапряжений.
12. Разработка и использование методов оптимизации и регулирования работы

электроэнергетических систем.

13. Анализ проблем с мощностью и перенапряжением в электроэнергетических системах.

14. Сравнительный анализ методов и технологий защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.

15. Эффективность различных подходов к контролю и управлению перенапряжениями в электроэнергетических системах.

16. Роль информационных технологий в контроле и управлении перенапряжениями в электроэнергетических системах.

17. Разработка алгоритмов автоматизации для обнаружения и предотвращения перенапряжений в электроэнергетических системах.

18. Рассмотрение примеров из практики, связанных с недостаточной защитой от перенапряжений в электроэнергетических системах.

19. Установление необходимых режимов и характеристик оборудования для защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.

20. Оценка последствий недостаточной работы систем защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.

Реферат (Рфр)

Темы рефератов:

1. Перенапряжения в электроэнергетических системах: понятие и механизмы возникновения.

2. Влияние перенапряжений на техническое оборудование электроэнергетических систем и последствия их действия.

3. Методы регистрации и анализа перенапряжений в электроэнергетических системах.

4. Предотвращение перенапряжений в электроэнергетических системах: методы и технологии.

5. Использование средств и систем защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.

6. Анализ методов оптимизации и управления перенапряжениями в электроэнергетических системах.

7. Риски и последствия перенапряжений в электроэнергетических системах для окружающей среды и людей.

8. Оценка эффективности систем защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.

9. Проектирование систем защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.

10. Испытания и контроль эффективности систем защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.

11. Анализ особенностей контроля и управления перенапряжениями в различных частях электроэнергетических систем.

12. Разработка методологии оценки рисков возникновения перенапряжений в электроэнергетических системах.

13. Современные технологии и методы оптимизации работы электроэнергетических систем для предотвращения перенапряжений.
14. Регулирование параметров оборудования для защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.
15. Экономическая эффективность защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.
16. Исследование причин возникновения перенапряжений в электроэнергетических системах и их связь с другими аспектами работы системы.
17. Сравнительный анализ методов защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.
18. Разработка новых технологий защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.
19. Анализ проблем, связанных с недостаточной защитой от перенапряжений в электроэнергетических системах.
20. Перспективы развития технологий и методов защиты от перенапряжений в электроэнергетических системах.

Промежуточная аттестация ОМ:

Вопросы к экзамену

1. Волновые процессы в обмотках трансформаторов при воздействиях импульсов грозовых перенапряжений
 - 1.1. Схемы замещения обмотки однофазного трансформатора на разных стадиях воздействия импульса
 - 1.2. Волновые процессы в обмотке трехфазного трансформатора
 - 1.3. Зависимость волновых процессов в обмотке трехфазного трансформатора от режима нейтрали
 - 1.4. Волновые процессы в обмотке автотрансформатора
 - 1.5. Волновые процессы в обмотках вращающихся машин.
2. Классификация внутренних перенапряжений (1,с.362-365; 2,с.295, 347).
 - 1.1. Расчетные схемы электрических сетей
 - 1.2. Длительности и амплитуды перенапряжений установившегося режима
 - 1.3. Основные характеристики перенапряжений переходного режима - коммутационных
3. Установившиеся перенапряжения (1,с.372-413; 2,с.347-382).
 - 2.1. Емкостный эффект в длинной линии
 - 2.2. Перенапряжения в симметричных режимах
 - 2.3. Ограничение резонансных перенапряжений с помощью реакторов поперечной компенсации
 - 2.4. Влияние продольной емкостной компенсации на распределение напряжения
 - 2.5. Резонансные перенапряжения в длинных линиях при несимметричных коротких замыканиях
 - 2.6. Расчет установившихся перенапряжений в дальних линиях

электропередачи

4. Феррорезонансные перенапряжения.

3.1. Нелинейный феррорезонансный контур

3.2. Обобщенная схема для анализа феррорезонансных перенапряжений

3.3. Феррорезонансные перенапряжения в системах, имеющих трансформаторы с изолированной нейтралью

3.4. Графоаналитический метод расчета феррорезонансных перенапряжений

3.5. Способы ограничения феррорезонансных перенапряжений

5. Перенапряжения переходного процесса при коммутациях (1,с.414-444; 2,с.300-346).

4.1. Перенапряжения при включении ненагруженной линии.

4.2. Перенапряжения при отключении ненагруженной линии или конденсатора.

4.3. Перенапряжения в цикле АПВ.

4.4. Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов или реакторов.

6. Основные принципы ограничения внутренних перенапряжений (1,с.461-477; 2с.336-346).

5.1. Ограничители перенапряжений как средство снижения уровней внутренних перенапряжений.

5.2. Система ограничения внутренних перенапряжений.

7. Внутренние перенапряжения в сетях среднего напряжения (6 – 35 кВ) (3).

6.1. Характеристики перенапряжений в сетях 6-35 кВ.

6.2. Дуговые перенапряжения

6.3. Ограничение перенапряжений в сетях с резистивно-заземленной нейтралью

6.4. Ограничители перенапряжений в сетях 6-35 кВ

Курсовой проект (Кп)

Курсовой проект на тему: ««Проектирование системы защиты от перенапряжений электрооборудования электрической станции (подстанции, электрической сети промышленного предприятия)»».

Цель курсового проекта – освоить методы расчета внутренних перенапряжений, возникающих на подстанциях, и разработать мероприятия по их ограничению.

Курсовой проект состоит из трех разделов: разработка главной электрической схемы подстанции; выбор ограничителей перенапряжений (ОПН) и определение мест их установки на подстанции; расчет внутренних перенапряжений и разработка мероприятий по защите от них электрооборудования подстанции.

Содержание курсового проекта:

1. Главная электрическая схема подстанции

1.1. выбор принципиальной электрической схемы;

1.2. выбор мощности и типа трансформаторов;

- 1.3. выбор токоведущих элементов и оборудования подстанции;
- 1.4. разработка и чертеж главной электрической схемы подстанции.
- 2. Анализ возможных перенапряжений на подстанции.
- 3. Расчет возможных внутренних перенапряжений на подстанции и разработка мероприятий по защите от них.
- 4. Определение мест установки и выбор ОПН.

Исходные данные:

Подстанция

Номинальные напряжения РУ	Число линий, отходящих от РУ	Длины линий	Мощность, Передаваемая с РУ	Тип РУ	Тип линий