

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

Структурное подразделение «Электрических станций, сетей и систем»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры электрических станций, сетей и систем

Протокол №7 от 10 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И КООРДИНАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ»

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Электрические станции, системы и сети

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Чумаков Геннадий
Иванович
Дата подписания: 12.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Федосов Денис
Сергеевич
Дата подписания: 12.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Перенапряжения и координация изоляции» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-5 Способен проводить и организовывать работы по диагностике и ремонту силового и вспомогательного оборудования электрических станций, сетей и систем	ПК-5.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-5.2	Демонстрирует знание методов диагностики и испытаний силового электрооборудования	Знать способы координации изоляции и защиты от перенапряжений первичного и вторичного оборудования электрических систем. причины возникновения и способы ограничения перенапряжений в электрических системах. Уметь систематизировать и анализировать отказы электрооборудования по причине внешних и внутренних перенапряжений. составлять планы, программы и методики проведения испытаний электрооборудования на устойчивость к электромагнитным помехам и перенапряжениям. Владеть анализом причин нарушения нормальной работы электрооборудования и разработка мероприятий по снижению уровня перенапряжений. подготовкой планов, графиков, методик проведения испытаний и измерения параметров электрооборудования для оценки его защищённости от перенапряжений и электромагнитных помех.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Перенапряжения и координация изоляции» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Релейная защита ЭЭС», «Противоаварийная автоматика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Диагностика основного оборудования электростанций», «Ремонт основного оборудования электростанций», «Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	26	26
лекции	13	13
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	13	13
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	46	46
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 2

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Электрические воздействия на изоляцию и режим нейтрали	1	3			1	2	1, 2	4	Реферат
2	Статистические основы координации изоляции	2	2			2	2	1, 2	4	Решение задач
3	Внутренние перенапряжения в электрических сетях с глухим заземлением нейтрали	3	2			3	2	1, 2, 3	12	Проверочная работа
4	Перенапряжения в сетях средних классов напряжения	4	2			4	2	1, 2	4	Реферат
5	Грозозащита ПС и линий	5	2			5	3	2, 4	18	Решение задач

	напряжением 6-1150 кВ									
6	Защита от перенапряжений подземных коммуникаций	6	2			6	2	1, 2	4	Письменный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		13				13		82	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Электрические воздействия на изоляцию и режим нейтрали	Максимальные расчетные значения рабочих напряжений при изолированной или заземленной нейтрали. Расчетные значения внутренних перенапряжений. Параметры тока молнии. Уровень импульсных воздействий при прямом ударе молнии (ПУМ) в токоведущие элементы, при ПУМ в заземленные элементы. Параметры индуктированных перенапряжений.
2	Статистические основы координации изоляции	Резонансные перенапряжения. Коммутационные перенапряжения. Статистическая природа внутренних перенапряжений. Учет статистических распределений внутренних перенапряжений при защите изоляции сетей. Методы оценки показателей надежности грозозащиты ПС совместно с ВЛ с учетом случайного характера параметров молниевых ударов. Рекомендуемые нормативными испытательные напряжения.
3	Внутренние перенапряжения в электрических сетях с глухим заземлением нейтрали	Внутренние перенапряжения частоты 50 Гц в симметричном и несимметричном режимах. Защита подстанций с элегазовыми распределительными устройствами от резонансных, высоко- и низкочастотных коммутационных перенапряжений. Защита продольно- и поперечно-компенсированных электропередач от коммутационных перенапряжений.
4	Перенапряжения в сетях средних классов напряжения	Компенсация емкостного тока заземления на землю систем защиты от перенапряжений в сети собственных нужд. Защита от перенапряжений установок с вакуумными выключателями. Защита от повреждений ТН 6-35 кВ.
5	Грозозащита ПС и линий напряжением 6-1150 кВ	Показатели и оценка грозоупорности воздушных линий электропередачи. Методы и средства грозозащиты воздушных линий. Показатели надежности грозозащиты ПС. Защита ЭС и ПС от ПУМ. Проектирование грозозащиты распределительных устройств.
6	Защита от	Волновые процессы в кабельных линиях.

	перенапряжений подземных коммуникаций	Математическая модель одножильного кабеля в модальных координатах. Способы уменьшения потерь в оболочках кабелей. Анализ перенапряжений в местах транспозиции оболочек в трехжильных кабелях.
--	---------------------------------------	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Исследование феррорезонансных явлений в сетях 110 и 220 кВ, обусловленных насыщением магнитопроводов трансформаторов напряжения	2
2	Исследование перенапряжений, возникающих при однофазных дуговых замыканиях (ОДЗ) в сетях собственных нужд электрических станций	2
3	Исследование перенапряжений, возникающих при включении двигателей собственных нужд электрических станций	2
4	Исследование перенапряжений, возникающих при отключении заторможенных двигателей вакуумными выключателями	2
5	Оценка надежности молниезащиты открытых распределительных устройств	3
6	Защита силовых кабельных линий от ПУМ	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание реферата	12
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	12
3	Проработка разделов теоретического материала	6
4	Расчетно-графические и аналогичные работы	16

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: тренинги

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Техника высоких напряжений : программа и контрол. задание / Иркут. политехн. ин-т, 1985. -

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Техника высоких напряжений [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 72 с.

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

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 2 | Реферат

Описание процедуры.

Тема реферата выдается преподавателем на 1-2 занятия. Срок выполнения две недели. После проверки реферата преподавателем проводится индивидуальное обсуждение со студентом. При необходимости реферат корректируется.
Вопросы для контроля: Определяется темой реферата.

Критерии оценивания.

Зачтено

Показывает всестороннее и глубокое знание учебного и нормативного материала. Используемые источники соответствуют рекомендуемым нормативным документам.

Не зачтено

Показывает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в ответах.

6.1.2 семестр 2 | Решение задач

Описание процедуры.

Каждый студент получает индивидуальную задачу, которую решает самостоятельно. Решенные задачи сдаются на проверку на следующем занятии, проверяются преподавателем. Результаты решения обсуждаются на очередном занятии.
Вопросы для контроля: Определяется темой.

Критерии оценивания.

Зачтено

Методика решения, последовательность расчета, погрешность расчета, используемые источники соответствуют рекомендуемым нормативным документам.

Не зачтено

Хотя бы одно из поставленных условий не выполнено.

6.1.3 семестр 2 | Проверочная работа

Описание процедуры.

Применение методов защиты от перенапряжений в обмотках трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих и дугогасящих реакторах: разрядниками вентильными, ограничителями перенапряжений. Особенности применяемых методов, условия получения результатов.

Вопросы для контроля

1. Какие неисправности выявляются при измерениях активного сопротивления постоянному току ограничителей перенапряжений;
2. Какие мосты применяются при измерении сопротивления разрядников и ОПН;
3. Классы точности приборов при измерениях перенапряжений. Требования к схеме измерения, обеспечивающие минимальную погрешность;
4. Как учитывается влияние температуры на уровни изоляции оборудования.

Критерии оценивания.

По знаниям лекционного материала, по проработанному материалу при самостоятельной работе и подготовке, результатам устного опроса

6.1.4 семестр 2 | Письменный опрос

Описание процедуры.

Понятия, принятые в руководящих указаниях по защите от перенапряжений, испытание ОПН, их определение.

Вопросы для контроля

1. Погрешность измерений уровня перенапряжений;
2. Комплексное испытание силовых кабелей;
3. Контроль перенапряжений в кабелях связи;
4. Исправное состояние системы кабельной защиты;
5. Предельно допустимое значение перенапряжений в кабельных линиях

Критерии оценивания.

По знаниям лекционного материала, по проработанному материалу при самостоятельной работе и подготовке, результатам устного опроса

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-5.2	Показывает хорошее знание и понимание причин возникновения и способов ограничения перенапряжений в электрических системах. Умеет самостоятельно составлять планы, программы и методики проведения испытаний электрооборудования на устойчивость к электромагнитным помехам и	Устное собеседования по теоретическим вопросам и/или Выполнение практических заданий и/или Реферат

	перенапряжениям. Способен определить состав и объём работ по диагностике и испытаниям оборудования.	
--	---	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен – представляет собой определение уровня освоения студентами отдельной части или всего объема дисциплины (модуля) образовательной программы и проводится в форме, предусмотренной учебным планом.

Экзамены – принимается в соответствии с утвержденным расписанием. Консультации проводятся за день до экзамена.

Экзамены проводятся по билетам, составленным в соответствии с программой курса и утвержденным заведующим кафедрой.

В случае организации проведения экзамена в форме тестирования, экзаменационные тесты формируются на основе набора тестовых заданий по дисциплине, утвержденных заведующим кафедрой.

Перечень теоретических и практических вопросов, включенных в билеты, форма и порядок проведения экзамена доводятся до сведения обучающихся не позднее, чем за месяц до начала экзаменационной сессии.

Экзаменатор имеет право с целью более глубокого выяснения уровня знаний студента задавать ему дополнительные вопросы, а также задачи в рамках программы дисциплины. Экзамены проводятся в устной или письменной форме по билетам, утвержденным заведующим кафедрой. Перечень вопросов, включенных в билеты, должен быть сообщен студентам до начала экзаменационной сессии. Форма проведения экзамена (устная или письменная) определяется преподавателем.

При проведении экзаменов могут быть использованы технические средства, применение которых обеспечивает объективную оценку знаний, умений и навыков.

Во время экзамена студенты могут пользоваться учебными программами, а также, с разрешения экзаменатора, справочной литературой и другими пособиями.

Экзаменатору предоставляется право задавать студентам вопросы сверх билета, а также, помимо теоретических вопросов давать задачи и примеры. Все дополнительные вопросы не должны выходить за рамки программы данной дисциплины.

Вопросы к экзамену

1. Классификация перенапряжений в электрических системах.
2. Грозовая деятельность. Основные параметры молнии.
3. Стержневые молниеотводы. Их зоны защиты.
4. Тросовые молниеотводы. Их зоны защиты.
5. Грозоупорность ВЛ на металлических и ж/б опорах.
6. Грозоупорность ВЛ на деревянных опорах.
7. Грозоупорность вращающихся машин.
8. Методика оценки грозоупорности подстанций от воли, набегающих с ВЛ.
9. Меры защиты изоляции трансформаторов от волн атмосферного происхождения.
10. Заземления в электроустановках. Стационарное и импульсное сопротивления заземления. Конструкции заземлителей.

11. Трубчатые разрядники.
12. Вентильные разрядники.
13. Нелинейные ограничители перенапряжений. Основные критерии выбора ОПН в сетях различных классов напряжения.
14. Сеть с изолированной нейтралью. Смещение нейтрали в нормальном режиме и в режиме однофазного замыкания на землю.
15. Сеть с компенсацией тока замыкания на землю. Резонансное смещение нейтрали.
16. Сеть с резистивным заземлением нейтрали. Отключаемые и неотключаемые резисторы.
17. Дуговые перенапряжения в сетях с 6-35 кВ. Различные гипотезы горения и гашения дуги. Меры борьбы с дуговыми замыканиями на землю.
18. Феррорезонанс В сетях 6-35 кВ и меры борьбы с ним.
19. Классификация перенапряжений в сетях с эффективным заземлением нейтрали.
20. Квазистационарные перенапряжения в сетях с глухим заземлением нейтрали.
21. Коммутационные перенапряжения в сетях с эффективным заземлением нейтрали.
22. Перенапряжения при отключении малых индуктивных токов.
23. Перенапряжения при отключении емкостных токов.
24. Сравнение различных способов заземления нейтрали.
25. Изоляция ВЛ. Выбор изоляции ВЛ.
26. Изоляция подстанций. Аппаратные изоляторы.
27. Основные виды внутренней изоляции.
28. Изоляция силовых кабелей.
29. Изоляция силовых трансформаторов. Главная и продольная изоляция.
30. Изоляция вращающихся машин.
31. Выравнивание электрических полей в наружной изоляции.
32. Выравнивание электрических полей во внутренней изоляции.
33. Конструкции проходных изоляторов.
34. Назначение и классификация методов испытания изоляции.
35. Испытания изоляции высоким напряжением.
36. Измерения основных характеристик изоляции.
37. Получение высокого переменного напряжения в испытательных лабораториях.
38. Получение высокого импульсного напряжения.
39. Измерение высокого напряжения с помощью шаровых разрядников.
40. Измерение высокого напряжения с помощью делителей напряжения.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший учебную	Показывает полное знание учебного материала, успешно выполняет предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную	Показывает знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной	Показывает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

<p>программу дисциплины и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Показывает усвоение взаимосвязи основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала</p>	<p>в программе. Показывает систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности</p>	<p>литературой, рекомендованной программой. Допускается возможность погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.</p>	
--	--	--	--

7 Основная учебная литература

1. Чумаков Г. И. Изоляция и перенапряжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. И. Чумаков, 2011. - 76.
2. Чумаков Г. И. Техника высоких напряжений : учебное пособие / Г. И. Чумаков, И. Г. Насникова, 2019. - 197.
3. Техника высоких напряжений : программа и контрол. задание / Иркут. политехн. ин-т, 1985. - 16.
4. Техника высоких напряжений [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 72.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Базуткин Виталий Васильевич. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электр. системах : учеб. для электроэнергет. спец. вузов / Виталий Васильевич Базуткин; Под общ. ред. Ларионова В. П., 1986. - 462.
2. Кучинский Георгий Станиславович. Изоляция установок высокого напряжения : учеб. для вузов по спец. "Техника и электрофизика высок. напряжений" / Георгий Станиславович Кучинский; Под общ. ред. Г. С. Кучинского, 1987. - 367.
3. Ларионов Владимир Петрович. Техника высоких напряжений: (Изоляция и перенапряжения в электр. установках) : учеб. для энерг. и энергостроит. техникумов / Под ред. В. П. Ларионова, 1982. - 296.
4. Правила устройства электроустановок : все д. разд. 6 и 7 изд. с изм. и доп. по состоянию на 1 января 2012 г, 2012. - 487.

9 Ресурсы сети Интернет

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

10 Профессиональные базы данных

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

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

1. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2008
2. Microsoft Office 2007 VLK (поставки 2007 и 2008)
3. Microsoft Windows Seven Professional [1x100] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [1x100]) - поставка 2010
4. Office Professional 2003 Win32 Russian Disk Kit MVL

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. 311899 Прибор для испытания электрической прочности УПУ-10
2. ноутбук ACER A5920G-302G25Mi95/2Gb/250Gb/15.4"
3. Испытательная поисковая система ИПС-32
4. Рефлектометр цифровой "Рейс-305"
5. Многофункциональный измеритель сопротивления изоляции Metrel MI 3200 TeraOhm 10kV
6. Аппарат высоковольтный испытательный СКАТ-70
7. Микропроцессорный прибор "Коэффициент"
8. Измеритель "Тангенс-2000"
9. Измеритель параметров заземляющих устройств MRU-200
10. Переносной прибор для поиска и анализа разрядов AR200
11. Измеритель сопротивления, увлажненности и степени старения электроизоляции МИС-5000
12. Измеритель параметров электробезопасности мощных электроустановок MZC-310S
13. Вольтамперфазометр ПАРМА-ВАФ-А

14. Измеритель напряжения прикосновения и параметров уст. защитного откл.MRP-200

15. Измеритель сопротивления заземл.устройств MRU-101