

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

«ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ»

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Электрические станции, системы и сети

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Федосов Денис Сергеевич Дата подписания: 08.05.2025

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил и согласовал: Федосов Денис Сергеевич Дата подписания: 17.05.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Электромагнитная совместимость и кибербезопасность в электроэнергетике» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-3 Способен выполнять исследования и анализ работы устройств и комплексов релейной защиты и противоаварийной автоматики, осуществлять их эксплуатацию, техническое обслуживание и реконструкцию	ПК-3.6

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-3.6	Проводит анализ надёжности работы цифровых систем защиты и автоматики энергообъектов с точки зрения помехоустойчивости и кибербезопасности	Знать источники и рецепторы электромагнитных помех на энергетических объектах, основные кибернетические угрозы и принципы обеспечения кибербезопасности Уметь проводить анализ способов передачи электромагнитных помех на электростанциях и подстанциях, выбирать типовые решения по защите цифрового оборудования подстанции от киберугроз Владеть навыками выбора устройств для защиты от электромагнитных помех на энергообъектах, навыками оценки кибербезопасности цифровых систем в энергетике

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Электромагнитная совместимость и кибербезопасность в электроэнергетике» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Релейная защита ЭЭС», «Микропроцессорная техника в электроэнергетике», «Перенапряжения и координация изоляции»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Автоматизированные системы управления технологическими процессами», «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 2 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45
--------------------	--

	минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	72	72
Аудиторные занятия, в том числе:	39	39
лекции	13	13
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	26	26
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	33	33
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ 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	Общие вопросы электромагнитной совместимости	1	2					1	2	Устный опрос
2	Источники и значение электромагнитных помех	2	2			1	4	1, 1, 2	6	Устный опрос
3	Каналы, механизмы передачи и ослабления электромагнитных помех	3	2			4	4	1, 2, 3	7	Решение задач
4	Методы и средства защиты от электромагнитных помех	4	2			3	4	1, 2	4	Устный опрос
5	Экспериментальное определение помехоустойчивости, общие принципы обеспечения электромагнитной совместимости	5	2			2, 5	10	1, 2	6	Отчет
6	Кибербезопасность электроэнергетической инфраструктуры	6	3			6	4	1, 2	8	Отчет

	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		13				26		33	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Общие вопросы электромагнитной совместимости	Цели и задачи дисциплины. Основные термины и определения. Источники и рецепторы ЭМП на объектах энергетики. Классификация ЭМП: периодические и импульсные, узкополосные и широкополосные, синфазные и противофазные помехи. Способы описания и анализа ЭМП. Логарифмические масштабы. Представление электромагнитных помех в частотной и временной областях. Ряд Фурье. Интеграл Фурье. Учёт путей передачи помех. Передаточная функция.
2	Источники и значение электромагнитных помех	Классификация источников ЭМП. Источники узкополосных помех: передатчики связи, генераторы высокой частоты, теле- и радиоприёмники, цифровая техника, нелинейная и несимметричная нагрузка, электроустановки высокого напряжения. Источники широкополосных шумовых помех: автомобильные устройства зажигания, газоразрядные лампы, коллекторные машины, электроустановки высокого напряжения. Источники широкополосных переходных помех: разряды статического электричества, переходные процессы и коммутации в первичных и вторичных сетях энергообъектов, удары молнии
3	Каналы, механизмы передачи и ослабления электромагнитных помех	Классификация механизмов появления и передачи ЭМП. Гальваническое влияние через цепи питания и сигнальные контуры. Гальваническое влияние через заземляющее устройство. Емкостное влияние между гальванически разделёнными контурами, между контурами с общей системой опорного потенциала, на контуры с большой ёмкостью относительно земли. Индуктивное влияние. Электромагнитное излучение. Мероприятия по снижению ЭМП до допустимых значений
4	Методы и средства защиты от электромагнитных помех	Варианты размещения защитных устройств. Виды помехоподавляющих устройств и область их применения. Фильтры. Принцип действия фильтров. Простейшие структурные схемы фильтров. Фильтровые элементы: конденсаторы и катушки индуктивности. Паразитные параметры фильтровых элементов. Ограничители перенапряжений: воздушные защитные

		промежутки, газовые разрядники, варисторы, лавинные диоды. Принципы действия, достоинства и недостатки устройств защиты от перенапряжений. Немагнитные и магнитные экраны. Разделительные элементы
5	Экспериментальное определение помехоустойчивости, общие принципы обеспечения электромагнитной совместимости	Термины и определения. Подходы к обеспечению ЭМС. Помехоустойчивость технических средств. Нормативно-техническая документация в сфере ЭМС и определения ЭМО. Классы ЭМО. Структура работ по определению ЭМО. Исходные данные для определения ЭМО. Состав работ по определению ЭМО: измеряемые величины, схемы измерений, условия проведения измерений и расчётов, испытательное оборудование и расчётные программы. Оформление заключения по определению ЭМО. Мероприятия по обеспечению ЭМС
6	Кибербезопасность электроэнергетической инфраструктуры	Общие положения и термины в области кибербезопасности. Виды кибернетических угроз в электроэнергетике и их последствия. Технические и организационные решения по предотвращению, обнаружению и смягчению последствий реализации угроз информационной безопасности.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Измерение кондуктивных электромагнитных помех в цепях переменного тока	4
2	Измерение импульсных электромагнитных помех при имитации ударов молнии	4
3	Измерение импульсных электромагнитных помех при имитации коротких замыканий	4
4	Измерение наведённых напряжений в силовых и вспомогательных цепях при натуральных коммутациях	4
5	Измерение параметров заземляющих устройств на промышленной частоте	6
6	Ситуационный анализ киберугроз на энергетическом объекте	4

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	18
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	12
3	Расчетно-графические и аналогичные работы	3

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: имитационный метод, исследовательский метод, проблемное обучение

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

Практические работы проводятся в лаборатории релейной защиты и автоматики КУИЦ «ЕвроСибЭнерго-ИРНИТУ» (ауд. ТП-131).

Перед курсом практических работ в начале семестра обучающиеся проходят инструктаж по технике безопасности в лаборатории и расписываются в журнале об усвоении инструктажа. Перед каждой работой обучающиеся знакомятся с теоретическими сведениями по практической работе, которые содержатся в методических указаниях, конспектах лекций или раздаточных материалах. В начале каждой работы проводится устный опрос обучающихся, выдаются приборы для проведения работы, проводится целевой инструктаж.

Практические работы выполняются в бригадах внутри подгруппы. Перед началом работы обучающиеся показывают преподавателю собранную схему для измерений и после проверки схемы преподавателем подают напряжение и включают приборы. По завершении работы обучающиеся разбирают схему испытаний.

По каждой практической работе обучающиеся готовят один отчёт на подгруппу в письменном или печатном виде. Обучающиеся защищают каждый отчёт преподавателю при устном опросе внутри подгруппы, отвечая на контрольные вопросы и/или демонстрируя выполнение индивидуальных заданий.

Методические указания по выполнению практических работ содержатся в литературе:

- Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : методические указания к лабораторным работам / Иркут. гос. техн. ун-т [и др.], 2012. - 76 с. - Цена 56.00

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Изучение дисциплины следует начинать с проработки данной рабочей программы, особое внимание уделяя целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины.

По каждой практической работе обучающиеся готовят один отчёт на подгруппу в письменном или печатном виде и готовятся к устному опросу по каждому отчёту.

Контрольные вопросы к каждой работе содержатся в методических указаниях и в п. 6.1 данной рабочей программы. Защита проходит в подгруппе в формате устного опроса, когда обучающиеся отвечают на вопросы преподавателя и/или защищают выполненные индивидуальные задания.

В течение семестра обучающиеся самостоятельно решают 2 задачи (расчётно-графические работы) по индивидуальным вариантам. Преподаватель проверяет решение задач в письменном или печатном виде и при необходимости задаёт вопросы. Примеры задач и вопросы для контроля приведены в п. 6.1 данной рабочей программы.

Проработка теоретических разделов курса выполняется по конспектам лекций и рекомендуемой литературе в соответствии с перечнем оценочных средств и контрольных

вопросов, представленных в п. 6.2 данной рабочей программы.

Проработка теоретических разделов курса выполняется по конспектам лекций и рекомендуемой литературе в соответствии с перечнем оценочных средств и контрольных вопросов, представленных в п. 6.2 данной рабочей программы.

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 3 | Отчет

Описание процедуры.

Защита отчёта по практической работе в форме группового собеседования после выполнения соответствующей работы и изучения теоретического материала. Преподаватель делает опрос в подгруппе, задавая выборочно 5-7 вопросов по теме работы.

Тема (раздел): Экспериментальное определение помехоустойчивости, общие принципы обеспечения электромагнитной совместимости

Вопросы для контроля:

1. Что такое кондуктивные ЭМП? Какие ещё существуют способы передачи помех?
2. Перечислите основные свойства электрической энергии и соответствующие им ПКЭ в соответствии с ГОСТ 13109-97.
3. К чему приводит отклонение ПКЭ от нормативных значений? Чем опасно появление НЧ кондуктивных помех в цепях питания АСТУ?
4. Какие требования к кондуктивным ЭМП более жёсткие: у ГОСТ 13109-97 (по качеству электроэнергии) или у ГОСТ Р 51317.2.4-2000 (по НЧ кондуктивным ЭМП)?
5. Что означают времена T1 и T2 в протоколах измерения ПКЭ прибором «Ресурс-UF2М»?
6. Что такое несинусоидальность напряжения? В чём причина её появления?
7. Какой математический метод используется для анализа несинусоидальных режимов?
8. В чём причина появления несимметрии трёхфазной системы напряжений? Какой метод используется для анализа несимметричных режимов?
9. Какие могут быть предложены мероприятия для снижения несимметрии и несинусоидальности напряжений?
10. Мероприятия для устранения отклонений и колебаний напряжения.
11. Какие воздействия на первичное и вторичное оборудование оказывают удары молнии?
12. Какова форма импульса тока молнии и основные параметры?
13. Схема имитации удара молнии в молниеприёмник на ОРУ.
14. В чём отличие схемы имитации удара молнии в молниеприёмник на ОРУ и в молниеприёмник, установленный на здании? С чем это связано?
15. Почему при измерении помех при имитации ударов молнии лучше использовать осциллограф, а не импульсный вольтметр?
16. Мероприятия по снижению электромагнитных помех при ударах молнии.
17. С какими процессами в первичной сети связано появление ВЧ импульсных помех?
18. Какими способами передаются ВЧ импульсные помехи?
19. Схема имитации протекания ВЧ составляющей тока КЗ по ЗУ.
20. От чего зависит величина ВЧ составляющей тока КЗ? Как она соотносится с током КЗ промышленной частоты?

21. Почему при измерениях при имитации ВЧ помех лучше использовать осциллограф, а не импульсный вольтметр?
22. В чём отличие режима непрерывной развёртки осциллографа от режима ждущей развёртки? Для каких целей применяется первый режим, а для каких – второй?
23. Мероприятия по снижению ВЧ помех при переходных процессах.
24. Почему ЭП и МП ПЧ нормируются и рассчитываются отдельно друг от друга?
25. От чего зависит напряжённость МП проводника с током?
26. Каким условием или условиями определяется допустимое значение напряжённости ЭП ПЧ?
27. Каким условием или условиями определяется допустимое значение напряжённости МП ПЧ?
28. Мероприятия по защите людей и технических средств от ЭП и МП ПЧ.
29. Что является источником ЭМП РЧ диапазона? В каком частотном диапазоне и при каких условиях проводят измерения ЭМП РЧ диапазона на объектах энергетики?
30. Какие параметры характеризуют ЭМП РЧ диапазона?
31. Что означает понятие «дальнее поле»? На каком расстоянии от источника ЭМП оно начинает себя проявлять?
32. Какое соотношение существует между электрической и магнитной компонентами установившегося ЭМП?
33. По каким условиям нормируются ЭМП РЧ диапазона?
34. Какие могут быть предприняты меры по обеспечению ЭМС при воздействии ЭМП РЧ диапазона?

Тема (раздел): Каналы, механизмы передачи и ослабления электромагнитных помех
Вопросы для контроля:

1. Основные параметры ЗУ электроустановок.
2. Схема имитации составляющей тока промышленной частоты при КЗ на землю.
3. Чем опасно неравномерное распределение потенциала на ЗУ при КЗ на землю? Как уменьшить разность потенциалов между узлами ЗУ?
4. Почему имитация КЗ, измерение сопротивления ЗУ, напряжения прикосновения и других параметров ЗУ выполняется генератором с частотой тока 57 Гц, а не 50 Гц?
5. Схема измерения сопротивления ЗУ подстанции. Каким образом определить сопротивление ЗУ, если габариты ЗУ не позволяют вынести токовый электрод на расстояние 5Д от края ЗУ?
6. От чего зависит сопротивление ЗУ? Как его уменьшить? Нормы сопротивления ЗУ различных электроустановок.
7. Какой режим имитируется при измерении напряжения прикосновения?
8. Схема измерения напряжения прикосновения. Почему при измерениях напряжения прикосновения практически никогда не измеряют сопротивление основания?
9. От чего зависит допустимая величина напряжения прикосновения? Как уменьшить напряжение прикосновения на подстанции?
10. Что характеризует сопротивление металlosвязи и как оно измеряется? Какое значение сопротивления металlosвязи считается приемлемым?
11. Методика определения трасс горизонтальных заземлителей без вскрытия грунта. Почему данная методика не позволяет определить наличие и длину вертикальных заземлителей?
12. Как ориентировочно определить глубину залегания заземляющих проводников при помощи комплекса КДЗ-1?

Критерии оценивания.

Обучающийся защитил отчёт по практической работе, если присутствовал на соответствующем занятии и ответил на заданные вопросы, продемонстрировав знание и удовлетворительное понимание темы работы. Допускается затруднение при ответе на один из заданных вопросов, при этом преподаватель вправе задать 1-2 дополнительных вопроса, на которые обучающийся должен дать полный ответ. В противном случае отчёт по практической работе защищается индивидуально на следующем отведённом для этого занятии.

6.1.2 семестр 3 | Решение задач

Описание процедуры.

Обучающийся решает 2 задачи по индивидуальным вариантам, оформляя решение в письменном виде в тетради. Преподаватель проверяет решение и задаёт 1-2 уточняющих вопроса по ходу решения.

Тема (раздел): Каналы, механизмы передачи и ослабления электромагнитных помех

Вопросы для контроля:

Обучающемуся предлагается решить 2 задачи следующего вида:

Задача 1 (по вариантам)

Рассчитать напряжённость магнитного поля (МП) промышленной частоты в точке М в ОПУ, расположенном под ошиновкой воздушной линии (ВЛ). Режим работы линии электропередачи симметричный, известен фазный ток в нормальном режиме. Ток при трёхфазном коротком замыкании (КЗ), протекающий через ВЛ, задан. Ток двухфазного КЗ (в той же точке, что и трёхфазное КЗ) определить самостоятельно, при этом использовать допущение, что сопротивления прямой и обратной последовательности элементов сети равны друг другу, КЗ происходит на холостом ходу.

Определить аналитически напряжённость МП промышленной частоты и построить векторные диаграммы в следующих режимах:

в нормальном режиме работы;

при трёхфазном КЗ;

при двухфазном КЗ на указанных в задании фазах.

Рассчитать для каждого режима напряжённость МП с учётом коэффициента экранирования МП промышленной частоты металлоконструкциями ОПУ.

По полученным значениям напряжённости МП промышленной частоты с учётом экранирования определить степень жёсткости испытаний технических средств, установленных в точке М. Результаты расчёта объединить в таблице.

Задача 2 (по вариантам)

Пользуясь данными по вариантам и материалами приложения Ж СТО 56947007-29.240.044-2010, ГОСТ 1508-78 и каталога производителя контрольных кабелей, проверить экран кабеля типа КВВГЭ длиной l на термическую стойкость при коротком замыкании (КЗ) на землю. КЗ отключается релейной защитой через время $t_{откл}$. Экран кабеля из медной фольги заземлён с обоих концов, разность напряжений в точках заземления экрана при КЗ на землю равна ΔU .

Критерии оценивания.

Обучающийся сдал задачи, если не допустил ошибок при решении и показал при ответе на уточняющие вопросы самостоятельность решения, знание и удовлетворительное понимание темы работы. В противном случае решение задач защищается повторно на следующем отведённом для этого занятии.

6.1.3 семестр 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный выборочный опрос обучающихся на лекциях и практических работах по темам, пройденным на предыдущих занятиях по дисциплине.

Тема (раздел): Общие вопросы электромагнитной совместимости

Вопросы для контроля:

1. Что такое электромагнитная совместимость (ЭМС)?
2. Что является предметом изучения дисциплины?
3. Что такое электромагнитная помеха? Какой физической природы могут быть помехи?
4. Назовите основные источники электромагнитных помех на энергообъектах.
5. Какие устройства являются рецепторами электромагнитных помех на энергообъектах?
6. В чём проявляется воздействие электромагнитных помех на оборудование?
7. Какие устройства защиты и измерений наиболее восприимчивы к электромагнитным помехам: электромеханические, полупроводниковые или цифровые? Почему?
8. Что такое обратимое и необратимое влияние помех? Приведите примеры.
9. Как классифицируются помехи в зависимости от их повторяемости во времени?
10. Что такое узкополосные и широкополосные помехи?
11. В чём отличие синфазных помех от противофазных? Какова причина появления этих помех, как их устранить?
12. Как выразить уровень помехи в децибелах?
13. Что такое коэффициент затухания помехи?
14. Что такое коэффициент экранирования?
15. Что означает переход из временной области в частотную при описании помех?
16. Что такое спектр помехи?
17. Какой метод используется для получения спектра периодических помех?
18. Каким образом выполняется анализ импульсных помех?
19. Что такое передаточная функция? Что она характеризует и как её получить?

Тема (раздел): Источники и значение электромагнитных помех. Каналы, механизмы передачи и ослабления электромагнитных помех

Вопросы для контроля:

1. В чём отличие функциональных источников помех от нефункциональных? У каких источников легче обеспечить ЭМС?
2. По каким признакам выполняют классификацию источников электромагнитных помех?
3. Что такое шумовая помеха?
4. Какие примеры источников узкополосных помех Вы можете привести?
5. Что является основной причиной появления шумовых помех? Объясните принцип появления шумовых помех при работе газоразрядных ламп, коллекторных электрических машин.
6. Каков механизм появления шумовых помех, связанных с коронными разрядами на ЛЭП?
7. Объясните причину появления электростатических зарядов на энергообъектах. Какова форма тока при электростатическом разряде и длительность его протекания?
8. Каков механизм появления импульсных помех при переходных процессах в первичной и вторичной сети?

9. В каком случае при прочих равных условиях будет вероятно появление электромагнитных помех большей величины: при коммутациях выключателями или разъединителями? Почему?
10. Какие основные параметры имеет импульс тока при ударе молнии? Какова его длительность?
11. Какими способами могут передаваться электромагнитные помехи?
12. Что такое кондуктивные, наведённые, излучаемые помехи?
13. Что такое ближняя и дальняя зоны поля? Какая связь между компонентами Е и Н существует в дальней зоне поля?
14. Почему у полей промышленной частоты нормируются и электрическая, и магнитная составляющие, а у полей радиочастотного диапазона, как правило, только одна из компонент?
15. Какие есть способы уменьшения помех, передаваемых по вторичным цепям?
16. Что такое гальваническая развязка? Какие способы разделения цепей Вы можете привести?
17. Почему для передачи информационных сигналов на объектах энергетики и в быту используется кабель типа витой пары?
18. Какие типы цепей наиболее распространены на энергообъектах для передачи сигналов от датчиков: токовые или потенциальные? Почему?
19. Какой основной метод применяется для защиты от наведённых и излучаемых помех?
20. Что представляют собой экраны, используемые для кабелей вторичных цепей, для микропроцессорных терминалов?
21. Почему в большинстве микропроцессорных устройств релейной защиты (РЗ) и измерения, применяемых на энергообъектах, применяются процессоры с низкой тактовой частотой?

Тема (раздел): Методы и средства защиты от электромагнитных помех.

Экспериментальное определение помехоустойчивости, общие принципы обеспечения электромагнитной совместимости

Вопросы для контроля:

1. Какие существуют варианты размещения устройств для помехозащиты относительно источника и рецептора помех?
2. Какие помехозащитные устройства Вы знаете?
3. В чём отличие узкополосных фильтров от широкополосных?
4. Принцип действия узкополосного фильтра. На каком физическом явлении основана его работа? В чём отличие фильтра-шунта от фильтра-пробки?
5. Принцип действия широкополосного фильтра. Приведите известные Вам примеры простейших широкополосных фильтров.
6. Как определить коэффициент затухания широкополосного фильтра? Зависит ли коэффициент от характеристик цепи, в которой фильтр установлен?
7. На каких элементах выполняют фильтры?
8. Как зависят сопротивления катушки индуктивности и конденсатора от частоты?
9. В чём причина паразитной индуктивности у конденсатора? Как это влияет на его амплитудно-частотную характеристику?
10. Причина появления паразитной ёмкости у катушки индуктивности. К чему может привести её наличие? Поясните графиком.
11. Для чего на кабели питания и связи надевают кольца из феррита?
12. В чём принцип действия устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП)? Как включаются эти устройства относительно защищаемого оборудования?
13. Какие типы УЗИП Вы знаете? В чём их конструктивные отличия друг от друга?

14. Как решается проблема отключения сопутствующего тока при срабатывании (пробое) УЗИП?
15. Каков принцип действия экранирования?
16. В чём отличие и каково назначение немагнитных проводящих и магнитных экранов?
17. Почему в большинстве микропроцессорных устройств РЗ и измерения, применяемых на энергообъектах, используются монохромные или светодиодные дисплеи малых размеров?
18. Что такое разделительный трансформатор?
19. Поясните общие принципы работы оптопары и оптоволоконной связи.
20. Перечислите примерный перечень исходных данных, необходимых для определения ЭМО. Откуда можно их взять?
21. Для чего необходимо знать фирму-изготовитель и тип установленных микропроцессорных устройств при определении ЭМО?
22. Что должны включать в себя исходные данные по заземляющему устройству объекта?
23. Как определить удельное сопротивление грунта? Какой метод для этого используется? Нарисуйте схему измерения.
24. Нарисуйте характерные графики зависимости удельного сопротивления грунта от глубины для осадочных пород, районов с вечной мерзлотой и скальным основанием.
25. Какие токи КЗ необходимы для определения ЭМО в электроустановках с разными типами заземления нейтрали?
26. Почему в случае с однофазными КЗ в качестве исходной информации необходим не только полный ток в месте КЗ, но и его составляющие? Какие это составляющие?
27. Нарисуйте картину распределения потенциалов на ЗУ при КЗ на землю в пределах распределительного устройства.
28. Чем опасны напряжения и токи промышленной частоты, возникающие на ЗУ при КЗ на землю, с точки зрения ЭМС?
29. Объясните опасность перепада потенциалов на ЗУ при КЗ на землю для экранированных кабелей.
30. При помощи чего имитируют промышленную составляющую тока КЗ на землю? Нарисуйте схему подключения прибора и назовите измеряемые при этом величины.
31. Как при имитации КЗ на землю обеспечивается отстройка от наведённых на ЗУ напряжений частотой 50 Гц?
32. Как тип напольного покрытия в помещениях подстанции влияет на уровень электромагнитных помех? В каком случае эти помехи минимальны?

Тема (раздел): Экспериментальное определение помехоустойчивости. Кибербезопасность электроэнергетической инфраструктуры

Вопросы для контроля:

1. Что такое степени жёсткости испытаний на помехоустойчивость? Что они характеризуют?
2. Что такое электромагнитная обстановка (ЭМО)?
3. С какой периодичностью проверяется ЭМО на электростанциях и подстанциях?
4. Какие способы определения ЭМО вы знаете? Какие из них применимы для проекта, а какие – для действующих объектов?
5. Каким образом экспериментально определяют помехи при коротких замыканиях, коммутациях первичного оборудования и ударах молнии?
6. Каким общим требованиям должны удовлетворять испытательные генераторы для имитации помех?
7. Сколько классов ЭМО вы знаете? Назовите их и поясните, для каких случаев

характерен каждый из них.

8. Назовите основные свойства и показатели качества электрической энергии.
9. Какими документами нормируются показатели качества электроэнергии? Какова периодичность и продолжительность контроля качества электроэнергии?
10. Как показатели качества электроэнергии влияют на ЭМС вторичного оборудования?
11. Что является причиной нарушения качества электроэнергии?
12. Какие есть мероприятия для нормализации качества электроэнергии?
13. Общие положения и термины в области кибербезопасности.
14. Виды кибернетических угроз в электроэнергетике и их последствия.
15. Технические и организационные решения по предотвращению, обнаружению и смягчению последствий реализации угроз информационной безопасности.

Критерии оценивания.

В течение семестра каждый обучающийся в течение 1-3 раз (в зависимости от числа обучающихся в группах) участвует в устном опросе (выборочно по списку группы). Ответ на вопрос должен быть кратким и содержательным. За каждый неверный ответ или отсутствие ответа обучающийся получает штрафной балл. При сдаче промежуточной аттестации за каждый штрафной балл обучающийся получает по дополнительному вопросу по той же теме, которая вызвала затруднения при устном опросе.

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-3.6	Самостоятельно выполняет анализ цифровых систем энергообъекта на помехоустойчивость и кибербезопасность	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или тестирование. Выполнение практического задания.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

К зачёту допускаются обучающиеся, прошедшие все этапы текущего контроля (входной контроль, защита отчётов по практическим работам, решение задач, устные опросы). На зачёт ко времени, указанному преподавателем, приходит вся учебная группа либо поочерёдно первая и вторая подгруппа (по согласованию с преподавателем). К зачёту

каждый обучающийся предоставляет преподавателю написанный собственноручно конспект лекций. Зачёт проводится в устной форме путём собеседования по теоретическим вопросам. При ответе на вопросы обучающимся не разрешается разговаривать друг с другом и пользоваться конспектами лекций, литературой, средствами связи. Преподаватель задаёт 3-4 вопроса по теоретическому курсу из расчёта около 5 минут на обучающегося. При необходимости обучающийся может дать письменные пояснения (формулы, схемы, чертежи) по заданным вопросам.

Пример задания:

Зачёт по дисциплине обучающиеся сдают в устной форме по вопросам из следующего списка:

1. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. Суть проблемы. Условие обеспечения электромагнитной совместимости.
2. Приёмники и передатчики электромагнитных помех на объектах энергетики.
3. Уровень электромагнитных помех и степень их передачи. Логарифмические масштабы.
4. Узкополосные и широкополосные помехи.
5. Противофазные и синфазные помехи.
6. Способы описания и основные характеристики помех в частотной и временной областях.
7. Переход из временной формы описания помех в частотную. Ряд Фурье. Интеграл Фурье.
8. Учёт путей передачи помех. Передаточная функция.
9. Функциональные и нефункциональные источники электромагнитных помех.
10. Классификация источников электромагнитных помех по спектральному составу помех.
11. Способы передачи электромагнитных помех.
12. Гальваническое (кондуктивное) влияние. Влияния через цепи питания и связи. Влияние через контур заземления.
13. Емкостное влияние. Влияние между гальванически разделёнными контурами. Влияние между контурами с общей системой опорного потенциала. Влияния через контуры с большой ёмкостью относительно земли.
14. Индуктивное влияние.
15. Влияние посредством электромагнитного излучения.
16. Принцип действия фильтров.
17. Фильтровые элементы. Зависимость параметров конденсаторов и катушек индуктивности от частоты.
18. Устройства для защиты от перенапряжений: искровые промежутки, газовые разрядники, варисторы. Принцип действия.
19. Принцип действия экранов. Магнитные и немагнитные экраны.
20. Классы электромагнитной обстановки.
21. Основные этапы работ по определению электромагнитной обстановки на объектах энергетики.
22. Исходные данные для определения электромагнитной обстановки на объектах энергетики.
23. Воздействие на кабели вторичных цепей токов и напряжений промышленной частоты при КЗ на землю. Суть проблемы. Схема имитации помех.
24. Импульсные помехи при переходных процессах, вызванных коммутациями и короткими замыканиями в первичной сети. Суть проблемы. Схема имитации помех.
25. Импульсные помехи при ударах молнии в систему молниезащиты. Суть проблемы. Схема имитации помех.

26. Электромагнитные поля радиочастотного диапазона как помехи. Суть проблемы, способы защиты.
27. Разряды статического электричества как помехи. Суть проблемы, способы защиты.
28. Магнитные поля промышленной частоты как помехи. Суть проблемы, способы защиты.
29. Помехи, связанные с возмущениями в цепях питания постоянного и переменного тока микропроцессорных устройств. Суть проблемы, способы защиты.
30. Импульсные магнитные поля как помехи. Суть проблемы, способы защиты.
31. Качество электрической энергии как проблема электромагнитной совместимости. Основные показатели качества электроэнергии.
32. Характеристики заземляющих устройств электроустановок. Периодичность проверки состояния ЗУ.
33. Проверка выполнения элементов ЗУ: визуальная проверка и определение реальной схемы.
34. Проверка соединения заземляемых элементов с ЗУ. Проверка коррозионного состояния элементов ЗУ, находящихся в земле.
35. Измерение сопротивления ЗУ подстанций. Схема проведения измерений.
36. Измерение удельного сопротивления грунта. Схема проведения измерений.
37. Измерение напряжения прикосновения. Схема проведения измерений.
38. Измеритель показателей качества электроэнергии «Ресурс-UF2М». Назначение, возможности, схемы подключения.
39. Портативный осциллограф Fluke 199C. Назначение, возможности, схемы подключения.
40. Испытательный комплекс с генератором апериодических импульсов ИК-1. Назначение, возможности, схемы подключения.
41. Испытательный комплекс с генератором высокочастотных импульсов ИКП-1. Назначение, возможности, схемы подключения.
42. Комплекс диагностики контуров заземления КДЗ-1. Назначение, возможности, схемы подключения.
43. Измеритель параметров заземляющих устройств MRU-100. Назначение, возможности, схемы подключения.
44. Измеритель параметров электроустановок МІ 3105. Назначение, возможности, схемы подключения.
45. Общие положения и термины в области кибербезопасности.
46. Виды кибернетических угроз в электроэнергетике и их последствия.
47. Технические решения по предотвращению, обнаружению и смягчению последствий реализации угроз информационной безопасности.
48. Организационные решения по предотвращению, обнаружению и смягчению последствий реализации угроз информационной безопасности.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Обучающийся обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала в области электромагнитной совместимости и кибербезопасности, а именно: знание основных источников и приёмников электромагнитных помех,	Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала: не знает основные источники и приёмники электромагнитных помех, способы и средства защиты от помех, нормативную документацию в области ЭМС, основные понятия в области кибербезопасности

способов и средств защиты от помех, нормативной документации в области ЭМС, основных понятий в области кибербезопасности цифровых систем в энергетике. Обучающийся умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой, знает основные приборы для измерения и имитации электромагнитных помех, способен самостоятельно выполнять простые инженерные расчёты электромагнитных помех. Обучающийся демонстрирует систематический характер знаний по дисциплине и способность к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности	цифровых систем в энергетике. Обучающийся допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не знает приборы для измерения и имитации электромагнитных помех, не способен самостоятельно выполнять расчёты электромагнитных помех. Ответы обучающегося носят несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер, обучающийся не понимает существа излагаемых им вопросов
---	---

7 Основная учебная литература

1. Федосов Д. С. Учебное пособие по дисциплине Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] / Д. С. Федосов, 2012. - 182.
2. Электромагнитная совместимость [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам, практическим работам и самостоятельной работе очной и заочной форм обучения по направлению подготовки бакалавров 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль "Электрические станции" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 69.
3. Федосов Д. С. Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах : учебное пособие по направлению подготовки 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" очной и заочной форм обучения / Д. С. Федосов, 2019. - 145.
4. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике : учебник для вузов / А. Ф. Дьяков, Б. К. Максимов, Р. К. Борисов [и др.], 2021. - 544.
5. Федосов Д. С. Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах : учебное пособие / Д. С. Федосов, 2021. - 162.
6. Попова Е. С. Информационная безопасность и защита информации [Электронный ресурс] : курс лекций / Е. С. Попова, 2009. - 68.
7. Глухих В. И. Информационная безопасность и защита данных : учебное пособие / В. И. Глухих, 2012. - 244.
8. Глухов Н. И. Информационная безопасность предприятия [Электронный ресурс] : монография / Н. И. Глухов, 2008. - 197.
9. Хорев П. Б. Программно-аппаратная защита информации : учебное пособие для вузов по направлениям "Информационная безопасность" и "Информатика и вычислительная техника" / П. Б. Хорев, 2012. - 351.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Висящев А. Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах : учеб. пособие для вузов / А. Н. Висящев, 2006. - 511.
2. Висящев А. Н. Качество электрической энергии и электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах : учебное пособие : в 2-х ч. Ч. 1 / А. Н. Висящев, 1997. - 186.
3. Висящев А. Н. Качество электрической энергии и электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах : учебное пособие : в 2-х ч. Ч. 2 / А. Н. Висящев, 1997. - 91.
4. Глухих В. И. Информационная безопасность и защита данных : учебное пособие / В. И. Глухих, 2012. - 317.
5. Платонов В. В. Программно-аппаратные средства защиты информации : учебник для вузов по направлению "Информационная безопасность" / В. В. Платонов, 2013. - 330.
6. Белоус А. И. Кибербезопасность объектов топливно-энергетического комплекса. Концепции, методы и средства / А. И. Белоус, 2020. - 644.
7. Ховард Р. Кибербезопасность: главные принципы / Р. Ховард, 2024. - 320.

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 Professional 8 Russian
2. Microsoft Office Professional Plus 2013
3. PTC_MathCAD14
4. MathWorks_MatLabR2010b (Simulink - 30, SimPowerSystems - 30)_511547_eng
5. SiminTech Academic Classroom
6. Visio Standard 2007 Russian OpenLicensePack NoLevel AcademicEdition

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Экран с эл/приводом 180*180
2. мультимед.проектор ViewSonic PJ400

3. Портативный осциллограф Fluke 190-202
4. Портативный осциллограф Fluke 190-202
5. Вольтамперфазометр (с двумя клещами) Парма ВАФ-А 2
6. Устройство испытательное РЕТОМ-21 с аксссуарами РЕТОМ
7. Устройство испытательное РЕТОМ-51 с аксессуар и стандартный пакет программ РЕТОМ
8. Компьютер Р4 631/1646Gz/1024/120/3.5"/GF256/DVD-RW/ монитор Samsung940/кл/мышь
9. Доска магнитно-маркерная INDEX настенная ,размер 1x1.8 м
10. Измер-ый комплекс ИКП-1 (для определения уровня имп. помех)
11. Измер-ый комплекс КДЗ-1 (для диагностики)
12. Измеритель переменных электр. и магн. полей ПЗ-70
13. Измер-ый комплекс ИК-1 (для определения имп. сопротивления контуров)
14. СТ01 универсальный измеритель напр.и потенциала ЭСП