

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Вятский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Начальник управления
дополнительного образования и
международной деятельности
Курагина / Курагина К.А.

«15» октября 2021

пр. № 04-04-2021-0461-0485

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Перенапряжения в электроэнергетических системах»**

**для дополнительной профессиональной программы –
программы профессиональной переподготовки**

**«Электроэнергетические системы и сети, электрооборудование и
режимы»**

Киров, 2021

Рабочую программу разработал:

А.В. Вильнер, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Электроэнергетические системы»
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет».

© Вятский государственный университет, 2021

© А.В. Вильнер, 2021

1. Рабочая учебная программа

1.1 Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины

Дисциплина «Перенапряжения в электроэнергетических системах» является важнейшим в подготовке работников в области электроэнергетики. Дисциплина формирует у обучающихся знания, умения и навыки в области координации изоляции высоковольтных конструкций, расчетов режимов, сопровождающихся перенапряжениями на изоляции, оценки опасности перенапряжений для электрооборудования, выбора средств для их ограничения и принятия проектных решений с учетом характеристик организационных и аппаратных средств защиты от перенапряжений обеспечивающих надежную работу электроустановок электроэнергетических систем, электрических станций, систем электроснабжения. Концепция курса предусматривает широкое применение активных методов обучения. При выполнении лабораторных работ студенты самостоятельно решают поставленные перед ними задачи.

Цель дисциплины – ознакомление студентов с основными видами внутренних перенапряжений в электроэнергетических системах и сетях, причинами их возникновения и мероприятиями по ликвидации.

Задачи дисциплины:

- получить четкое представление о режимах систем и сетей, которым сопутствуют перенапряжения, способные повлечь за собой нарушения изоляции их элементов, и, следовательно, создание в них аварийных ситуаций;
- научиться осуществлять простейшую оценку параметров перенапряжений и выбирать мероприятия по защите от них.

Компетенции слушателя, формируемые в результате освоения учебной дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты обучения:

| Виды деятельности | Профессиональные компетенции или трудовые функции | Практический опыт | Умения | Знания |
|-------------------|--|---|---|---|
| ВД-1 | К2 – Способность планировать и проводить необходимые исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы; | Владение навыками оценки параметров возможных электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах и сетях, электроустановках; навыками выбора и исследования типовых методик и средств защиты от факторов воздействия электромагнитных переходных процессов на электрооборудование электроэнергетических систем и сетей, электроустановок, повышающих надежность электроснабжения потребителей | Умение рассчитывать возможные характеристики электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электрических сетях, системах, электроустановках, оценивать последствия их воздействия и возможные методы и средства предотвращения их воздействий на электрооборудование электроэнергетических систем и сетей, электроустановок и энергосистему в целом | Знание природы возникновения, основные виды и характеристики возникающих в электроэнергетических установках электромагнитных и электромеханических переходных процессов, возможные технические средства управления их параметрами и защиты от последствий воздействия |
| ВД-2 | К4 – Способность выполнять анализ режимов электроэнергетических систем, контролировать параметры режимов работы электрооборудования объектов электроэнергетики, определять и обеспечивать | Владение навыками метода расчета и снижения потерь электроэнергии. Навыками использования программных средств для расчетов, регулирования и анализа установившихся и переходных режимов | Умение рассчитывать, регулировать и анализировать установившиеся и переходные режимы электроэнергетических систем и сетей с использованием | Знание методов расчета установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем и сетей, методов расчета и снижения потерь электроэнергии, принципов |

| | | | | |
|--|---|--------------------------------------|----------------------|--|
| | эффективные режимы электроэнергетических систем и сетей с учетом требований по надежности электроснабжения и показателей качества электроэнергии, управлять электроэнергетическим и режимами работы электроэнергетических систем и сетей. | электроэнергетических систем и сетей | программных средств. | регулирования частоты и напряжения в энергосистеме. Средств регулирования режимов электроэнергетических систем и сетей, их назначение и принципы действия. |
|--|---|--------------------------------------|----------------------|--|

1.2 Содержание учебной дисциплины

Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Форма обучения | Общий объем (трудоемкость) Часов | В том числе аудиторная контактная работа обучающихся с преподавателем, час | | | | | Самостоятельная работа, час | Форма промежуточной аттестации |
|----------------|----------------------------------|--|----------|----------------------|----------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | | Всего | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Консультации | | |
| заочная | 20 | 8 | 4 | - | 4 | - | 12 | зачет |

Тематический план

| № п/п | Основные разделы и темы учебной дисциплины | Часы | | | Самостоятельная работа |
|-------|--|----------|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1. | Квазистационарные процессы в сетях с изолированной нейтралью. | 1 | - | 4 | 3 |
| 2. | Квазистационарные перенапряжения в сетях с эффективно заземленной нейтралью. | 1 | - | - | 3 |
| 3. | Коммутационные перенапряжения в электроэнергетических сетях | 1 | - | - | 3 |
| 4 | Координация изоляции в электроэнергетических сетях | 1 | - | - | 3 |
| | Итого: | 4 | - | 4 | 12 |

Матрица соотнесения разделов / тем учебной дисциплины / модуля и формируемых в них компетенций

| | Разделы/темы учебной дисциплины | Компетенции | | | |
|---|--|------------------|-----|-----|------------------------------|
| | | Количество часов | К-2 | К-4 | Общее количество компетенций |
| 1 | Квазистационарные процессы в сетях с изолированной нейтралью. | 8 | + | + | 2 |
| 2 | Квазистационарные перенапряжения в сетях с эффективно заземленной нейтралью. | 4 | + | + | 2 |
| 3 | Коммутационные перенапряжения в электроэнергетических сетях | 4 | + | + | 2 |
| 4 | Координация изоляции в электроэнергетических сетях | 4 | + | + | 2 |
| | Итого | 20 | | | |

Краткое содержание учебной дисциплины

Тема 1. Квазистационарные процессы в сетях с изолированной нейтралью

Общие вопросы. Проблемы выбора и защиты изоляции от перенапряжений. Формулировка технико-экономической задачи по координации изоляции. Основные характеристики перенапряжений. Классификация и краткая характеристика отдельных видов перенапряжений. Режимы нейтрали электрических сетей. Области применения различных видов заземления нейтрали. Сеть с изолированной нейтралью. Режим напряжений в нормальных условиях работы. Режим напряжений при замыкании одной фазы на землю. Ток замыкания на землю. Его влияние на элементы сети. Возможность длительной работы сети с изолированной нейтралью при замыканиях на землю. Сети с резонансным заземлением нейтрали. Резонансное смещение нейтрали в сетях с компенсацией емкостного тока замыкания на землю. Характеристика требований к выбору дугогасящих реакторов с учетом возможности резонансного смещения нейтрали сети.

Тема 2. Квазистационарные перенапряжения в сетях с эффективно заземленной нейтралью

Преимущества и недостатки работы сетей с изолированной и резонансно-заземленной нейтралью. Экономическая целесообразность применения в высоковольтных сетях режима эффективного заземления нейтралей. Его особенности и преимущества. Пределы изменения напряжений и токов при несимметричных коротких замыканиях в сетях с эффективно

заземленной нейтралью. Особенности регулирования уровней квазистационарных перенапряжений в сетях с эффективно заземленной нейтралью. Основные положения и нормативы координации напряжений и токов в сетях с эффективно заземленной нейтралью.

Тема 3. Коммутационные перенапряжения в электроэнергетических сетях

Коммутационные перенапряжения, возникающие при коммутациях включения воздушных линий, их отключении, отключении в режиме короткого замыкания. Коммутационные перенапряжения при отключении индуктивных цепей: трансформаторов, реакторов, двигателей, дугогасящих реакторов. Дуговые перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью. Гипотезы развития. Статистические характеристики амплитуд. Влияние на них параметров сети. Роль дугогасящей катушки как средства ограничения.

Тема 4 Координация изоляции в электроэнергетических сетях

Современные подходы к проблеме координации изоляции. Направления развития аппаратостроения. Средства защиты от коммутационных перенапряжений. Конструктивные особенности, достоинства и недостатки. Проблемы применения вакуумных выключателей. Современные средства их адаптации в электроэнергетических сетях.

2. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

2.1. Методические рекомендации для преподавателя

Выбор методов и средств обучения, образовательных технологий осуществляется преподавателем исходя из необходимости достижения обучающимися планируемых результатов освоения дисциплины, а также с учетом индивидуальных возможностей обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, методических указаний и разработок, указанных в программе, особое внимание уделить целям, задачам, структуре и содержанию дисциплины.

2.2. Методические указания для слушателей

Успешное освоение учебной дисциплины предполагает активное, творческое участие слушателя на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. Слушатель обязан посещать лекции, практические

занятия, лабораторные работы, контрольные работы, получать консультации преподавателя и выполнять самостоятельную работу.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой дисциплины.

Предполагается, что слушатели приходят на лекции, предварительно проработав соответствующий учебный материал по источникам, рекомендуемым программой.

Целью практических занятий является проверка уровня понимания слушателями вопросов, рассмотренных на лекциях и в учебной литературе, степени и качества усвоения материала; применение теоретических знаний в реальной практике решения задач; восполнение пробелов в пройденной теоретической части курса и оказания помощи в его освоении.

Практические занятия в равной мере направлены на совершенствование индивидуальных навыков решения теоретических и прикладных задач, выработку навыков интеллектуальной работы, а также ведения дискуссий.

Основной формой подготовки слушателей к практическим занятиям и лабораторным работам является самостоятельная работа с учебно-методическими материалами, научной литературой, статистическими данными и т.п.

Самостоятельная работа слушателей включает в себя выполнение различного рода заданий (изучение учебной и научной литературы, материалов лекций, систематизацию прочитанного материала, подготовку контрольной работы, решение задач и т.п.), которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению.

Регулярно рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Результатом самостоятельной работы должно стать формирование и закрепление у слушателей определенных знаний, умений, навыков, компетенций.

При проведении промежуточной аттестации слушателя учитываются результаты текущей аттестации в течение периода обучения.

Процедура оценивания результатов освоения учебной дисциплины (модуля) осуществляется на основе действующего Положения об организации текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ВятГУ.

Для приобретения требуемых компетенций, хороших знаний и высокой оценки по дисциплине слушателям необходимо выполнять все виды работ своевременно в течение всего периода обучения.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа слушателей включает изучение материалов лекций, учебников, проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение, выполнение контрольной работы, подготовку к экзамену.

Слушатель изучает материал лекций по конспекту, в котором изложены основные понятия по теме. С помощью методической и учебной литературы слушатель прорабатывает и углубляет знания по теме лекций, практических занятий и лабораторных работ.

3. Учебно-методическое обеспечение учебной дисциплины, в том числе учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающегося по учебной дисциплине

Учебная литература

1) Кадомская, Кира Пантелеймоновна. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них: учебник / К. П. Кадомская, Ю. А. Лавров, А. А. Рейхердт. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. - 368 с.: ил.. - (Учебники НГТУ). - Библиогр.: с. 35

2) Библия электрика. ПУЭ; МПОТ; ПТЭ. [Электронный ресурс] / - Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2011. - 688 с. Полный текст находится в ЭБС "Университетская библиотека онлайн".

3) Васюра, Юрий Филиппович. Исследование квазистационарных режимов в электроэнергетических сетях: учебно-метод. пособие для студентов направления 13.03.02 всех профилей подготовки, всех форм обучения / Ю. Ф. Васюра; ВятГУ, ЭТФ, каф. ЭЭС. - Киров: [б. и.], 2015

4) Правила устройства электроустановок. Вопросы и ответы: учебно-практич. пособие / сост. С. С. Бодрухина. - М. : КноРус, 2011. - 288 с.

3) Басманов, Владислав Геннадьевич. Высоковольтная изоляция: учеб. пособие для студентов специальностей 140211, 140610 / В. Г. Басманов; ВятГУ, ЭТФ, каф. ЭПА. - Киров : [б. и.], 2006. - 155 с. : ил.. - Библиогр.: с. 152

4) Васюра, Юрий Филиппович. Методы расчетов токов коротких замыканий в электроэнергетических системах и сетях различного назначения [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов направления 13.03.02 / Ю. Ф. Васюра ; ВятГУ, ЭТФ, каф. ЭЭС. - Киров: [б. и.]. - Загл. с титул. экрана. Ч. 2: Несимметричные короткие замыкания. - 2014

5) Режимы работы сетей с изолированной нейтралью: учеб. -метод. пособие. Дисциплина "Перенапряжения в электроэнергетических системах". Специальность 1002, з/о / ВятГУ, ЭТФ, каф. Э; сост. Ю. В. Васюра. - Киров: [б. и.], 2004. - 46 с.. - 60 экз.

6) Исследование квазистационарных перенапряжений в линиях электропередач высших классов напряжения [Электронный ресурс]: лаб. практикум. Дисциплина "Перенапряжения в электроэнергетических системах". Специальность 100200 д/о, з/о / ВятГУ, ЭТФ, каф. Э; сост.

7) Исследование квазистационарных режимов в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью [Электронный ресурс]: лаб. практикум. Дисциплина "Перенапряжения в электроэнергетических системах". Специальность 100200 д/о, з/о / ВятГУ, ЭТФ, каф. Э; сост. Ю.

Перечень электронно-библиотечных систем (ресурсов) и баз данных для самостоятельной работы

Используемые сторонние электронные библиотечные системы (ЭБС):

- ЭБС «Научная электронная библиотека eLIBRARY» (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)
- ЭБС «Издательства Лань» (<http://e.lanbook.com/>)
- ЭБС «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru)
- Внутренняя электронно-библиотечная система ВятГУ (<http://lib.vyatsu.ru/>)
- ЭБС «ЮРАЙТ» (<http://biblio-online.ru>)

Перечень специализированных аудиторий (лабораторий)

| Вид занятий | Назначение аудитории |
|------------------------|--|
| Лекции, практика | Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием |
| Самостоятельная работа | Читальные залы библиотеки |

Перечень специализированного оборудования

| Перечень используемого оборудования |
|-------------------------------------|
| Мультимедиа проектор |
| Ноутбук |
| Экран с электроприводом |

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по учебной дисциплине

| № п/п | Наименование ПО | Краткая характеристика назначения ПО | Производитель ПО и/или поставщик ПО |
|-------|--|--|-------------------------------------|
| 1 | Office Professional Plus 2013 Russian OLP NL Academic. | Пакет приложений для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, базами данных, презентациями | ООО "СофтЛайн" (Москва) |
| 2 | Windows 7 Professional and Professional K | Операционная система | ООО "Рубикон" |
| 3 | Kaspersky Endpoint Security для бизнеса | Антивирусное программное обеспечение | ООО «Рубикон» |
| 4 | Информационная система Консультант Плюс | Справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации | ООО «Консультант Киров» |
| 5 | Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ» | Справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации | ООО «Гарант-Сервис» |
| 7 | SecurityEssentials (Защитник Windows) | Защита в режиме реального времени от шпионского программного обеспечения, вирусов. | ООО «Рубикон» |
| 8 | МойОфис Стандартный | Набор приложений для работы с документами, почтой, календарями и контактами на компьютерах и веб браузерах | ООО «Рубикон» |

4. Материалы, устанавливающие содержание и порядок проведения промежуточных аттестаций

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в устной форме (вопросно-ответная форма).

Зачет принимается преподавателями, проводившими учебные занятия по данной учебной дисциплине.

К сдаче зачета допускаются все слушатели, проходящие обучение на данной ДПП, вне зависимости от результатов текущего контроля успеваемости и посещаемости занятий, при этом результаты текущего контроля успеваемости могут быть использованы преподавателем при оценке уровня усвоения обучающимися знаний, приобретения умений, навыков и сформированности компетенций в результате изучения учебной дисциплины.

Вопросы для подготовки к зачету:

| № вопроса | Вопрос |
|-----------|---|
| 1. | По каким параметрам различают перенапряжения, воздействующие на изоляцию электрооборудования электроэнергетических сетей и систем, систем электроснабжения, электрических станций и других электроустановок. Какие виды из них при этом выделяют. |
| 2. | Как классифицируются перенапряжения по месту их приложения? |
| 3. | Что понимают под кратностью перенапряжения? |
| 4. | Что понимают под шириной охвата сети перенапряжением? |
| 5. | Какие явления в электроэнергетических сетях могут сопровождаться импульсными перенапряжениями? |
| 6. | Какие явления могут быть причиной возникновения в электроэнергетических сетях и системах внешних перенапряжений, какими могут быть их характеристики. |
| 7. | Каковы цели ограничения перенапряжений на электрооборудовании электроэнергетических систем и сетей, систем электроснабжения, электростанций? |
| 8. | Что понимается под профилактикой изоляции? Какие цели преследуются при проведении профилактических работ по обслуживанию изоляции, как они осуществляются? |
| 9. | Какие режимы работы нейтралей трансформаторов применяются в электроэнергетических сетях и системах, системах электроснабжения, на электростанциях, в электроустановках? |
| 10. | К сетям с каким режимом работы нейтрали относятся сети традиционно используемых в стране классов напряжений? |
| 11. | Какие сети называются сетями с изолированной нейтралью? Каковы их достоинства и недостатки? |
| 12. | Какие сети называются сетями с резонансно заземленной нейтралью? Каковы их достоинства и недостатки? |
| 13. | Какие сети называются сетями с глухо заземленной нейтралью? Каковы их достоинства и недостатки? |
| 14. | Какие сети называются сетями с эффективно заземленной нейтралью? Каковы их достоинства и недостатки? |

| | |
|-----|---|
| 15. | Чем характерен режим замыкания одной фазы на землю в сети с изолированной нейтралью? Какие последствия для сети в целом и отдельных ее элементов могут быть связаны с этим режимом? |
| 16. | Каким образом эксплуатирующий персонал узнает о существовании в сети с изолированной нейтралью режима замыкания одной фазы на землю? Как такие режимы ликвидируются? |
| 17. | Приведите формулы для расчета тока замыкания одной фазы на землю в сетях с изолированной нейтралью. |
| 18. | Приведите способы подключения дугогасящих реакторов в сетях с резонансным заземлением нейтрали. |
| 19. | Что понимается под смещением нейтрали сети? Каковы особенности этого явления в сетях с компенсацией емкостного тока замыкания на землю? |
| 20. | Каким образом можно управлять уровнем квазистационарных перенапряжений, возникающих в сетях с эффективно заземленной нейтралью при однофазных коротких замыканиях? |
| 21. | Какова природа возникновения коммутационных перенапряжений при отключении индуктивных цепей (трансформаторов, реакторов, электродвигателей). |
| 22. | Какие мероприятия могут быть предложены для ограничения коммутационных перенапряжений при отключении индуктивных цепей? |
| 23. | Какие средства могут быть применены для ограничения коммутационных перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью? В чем трудности применения этих средств? |
| 24. | Какие мероприятия могут быть предложены для предотвращения длительных феррорезонансных процессов с участием трансформаторов напряжения в полнофазных режимах работы сетей с изолированной нейтралью? |
| 25. | Что понимается под координацией изоляции? Каковы ее цели и средства достижения? |
| 26. | Какие преимущества и недостатки имеют сети, работающие с различными режимами заземления их нейтрали? |
| 27. | Чем может быть вызвана несимметрия напряжений в сети с изолированной нейтралью, работающей в нормальном режиме? Каким параметром характеризуется эта несимметрия? |
| 28. | Как можно измерить ток однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью? |
| 29. | Что понимается под компенсацией емкостного тока замыкания на землю? Каким образом и с какой целью она осуществляется? Поясните ответ соответствующей векторной диаграммой. |
| 30. | Приведите порядок и нормативные требования к выбору дугогасящего реактора для компенсации емкостного тока замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. |
| 31. | В чем состоят конструктивные особенности нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН)? Какие преимущества и недостатки имеют эти аппараты? Каковы их защитные параметры? |
| 32. | Какова природа феррорезонансных процессов с участием трансформаторов напряжения в неполнофазных режимах работы сетей с изолированной нейтралью? От чего зависят параметры режима при таких процессах? В чем их опасность? |