


Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого


_____ О.Д. Асенчик

28.06. 2017 г.

Регистрационный № УД- 55-53/уч.

ДУГОВЫЕ И КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»

Учебная программа разработана на основе образовательного стандарта высшего образования первой ступени ОСВО 1-43 01 02-2013, учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», регистрационные №№ I 43-1-21/уч. 17.09.2013, I 43-1-08/уч. 12.02.2014, I 43-1-10/уч. 11.02.2016.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.О. Добродей, заведующий кафедрой «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

К.М. Медведев, заведующий кафедрой «Теоретические основы электротехники» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент;
П.А. Зыблев, главный инженер проекта ООО «БелИнжПлан».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 11 от 05.05.2017);

43-05-52/уч

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 9 от 30.05.2017);

Научно-методическим Советом учреждения образования Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
(протокол № 6 от 27.06.2017)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель дисциплины – подготовка студентов к умению определять уровни внутренних и грозовых перенапряжений, воздействующих на изоляцию оборудования электрических систем и выбирать средства защиты от воздействия указанных перенапряжений.

Основной задачей дисциплины является приобретение студентами теоретических и практических навыков определения величины дуговых и коммутационных перенапряжений и выбора средств защиты электрооборудования от них.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- терминологию по дуговым и коммутационным перенапряжениям;
 - причины возникновения дуговых и коммутационных перенапряжений;
 - основные математические выражения;
 - критерии и методы оценки уровней перенапряжения;
 - методы защиты электрооборудования от дуговых и коммутационных перенапряжений;
- должен уметь:
- производить расчет параметров переходных процессов протекающих в электрических сетях;
 - производить расчет параметров установившихся режимов работы электрических сетей;
 - производить расчет уровней перенапряжения при различных режимах энергосистемы;
 - использовать нормативные документы при выборе устройств защиты от перенапряжений;
 - оценить эффективность различных мероприятий по снижению уровней перенапряжения в электрических сетях;
- должен владеть:
- методикой расчета уровней перенапряжения при различных режимах энергосистемы;
 - методами защиты электрооборудования от дуговых и коммутационных перенапряжений.

Учебная программа разработана на основе компетентного подхода, учета требований к формированию компетенций специалиста, сформулированных в стандарте высшего образования первой ступени специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» ОСВО 1-43 01 02-2013.

В рамках учебной программы требуются следующие академические, социально-личностные и профессиональные компетенции:

- уметь применять базовые знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию;
- выявлять причины возникновения дуговых и коммутационных перенапряжений, разрабатывать предложения по их предупреждению;
- подбирать соответствующее оборудование, аппаратуру, приборы и инструменты и использовать их при проведении наладочных работ в энергоустановках;
- работать с научной, технической и патентной литературой в области энергетики и смежных областях.

Учебная дисциплина «Дуговые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях» взаимосвязана с такими учебными дисциплинами, как «Математика», «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Электромагнитные переходные процессы», «Электрические сети», «Электроэнергетические системы», «Изоляция и перенапряжения в электроэнергетических системах», «Устойчивость электроэнергетических систем», «Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем», «Производство электроэнергии».

Теоретические занятия чередуются с практическими занятиями. Используется учебный портал в сети Интернет, мультимедийный проектор, комплекс электронных тестов, практикум с индивидуальными вариантами заданий. Учебно-методическое обеспечение ориентировано на освоение студентами умения работать с научной и технической литературой.

При изучении дисциплины рекомендуется контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием занятий.

Форма получения высшего образования: дневная.

Общее количество часов, отводимое для изучения учебной дисциплины в соответствии с учебным планом для дневной формы обучения, – 72 часа, аудиторных часов - 48 часов. Трудоемкость учебной дисциплины – 2,0 зачетные единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий по учебной дисциплине приведены в таблице:

Виды занятий и формы контроля	Дневная форма
Курс	5
Семестр	9
Лекции (часов)	32
Практические занятия (часов)	16
Всего аудиторных часов	48

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине
Зачет (семестр)

9

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение.

Цели и задачи учебной дисциплины. Классификация напряжений, воздействующих на изоляцию электрооборудования в процессе эксплуатации.

Перенапряжения. Классификация и основные характеристики перенапряжений.

Внутренние перенапряжения и их классификация. Грозовые перенапряжения.

Электрическая прочность изоляции. Координация изоляции. Координация и уровни изоляции линий электропередач. Координация и уровни изоляции подстанционного оборудования.

Тема 2. Внутренние перенапряжения

Квазистационарные перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью. Несимметричный режим однофазного замыкания при изолированной нейтрали. Несимметричный режим однофазного замыкания при нейтрали сети, заземленной через дугогасящий реактор. Резонансное смещение нейтрали при наличии дугогасящего реактора. Несимметричный режим однофазного замыкания при нейтрали сети, заземленной через резистор. Несимметричные режимы неполнофазного включения в сети с дугогасящим реактором. Несимметричный режим однофазного замыкания через индуктивное сопротивление при заземлении нейтрали сети через дугогасящий реактор. Несимметричный режим однофазного замыкания при нейтрали сети, заземленной через дугогасящий реактор, шунтированный резистором.

Тема 3. Дуговые перенапряжения.

Дуговые перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью. Дуговые перенапряжения в сетях с нейтралью, заземленной через резистор. Дуговые перенапряжения в сетях с компенсацией емкостного тока. Ограничение дуговых перенапряжений с помощью ОПН. Основные параметры ОПН. Методика выбора основных параметров ОПН. Выбор наибольшего длительно допустимого рабочего напряжения ОПН. Перенапряжения при гашении дуги.

Тема 4. Атмосферные (грозовые) перенапряжения.

Молния, как источник перенапряжения. Защита от прямых ударов молнии. Индуцированные атмосферные перенапряжения. Заземление молниеотводов. Принцип действия молниеотводов. Зоны защиты молниеотводов. Условия безопасного прохождения тока молнии по молниеотводу. Конструктивное выполнение молниеотводов.

Тема 5. Коммутационные перенапряжения.

Общая характеристика коммутационных перенапряжений. Классификация коммутационных перенапряжений.

Меры защиты от коммутационных перенапряжений. Управляемое включение воздушной линии. Программированное включение воздушной линии. Применение предвключаемых резисторов в выключателях.

Перенапряжения при плановом включении воздушной линии. Перенапряжения, возникающие при ликвидации однофазного короткого замыкания на воздушной линии. Перенапряжения, возникающие при одностороннем отключении «здоровых» фаз воздушной линии. Перенапряжения, возникающие при трехфазном автоматическом повторном включении. Перенапряжения, возникающие при однофазном автоматическом повторном включении. Включение второго по очереди выключателя – восстановление нормальной эксплуатации воздушной линии.

Перенапряжения при отключении ненагруженных воздушных линий. Перенапряжения при отключении батарей конденсаторов. Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов. Перенапряжения при отключении коротких замыканий и асинхронного хода. Перенапряжения при отключении вакуумных выключателей.

Тема 6. Защита от перенапряжений.

Классификация мер защиты от перенапряжений. Защитные промежутки и трубчатые разрядники. Вентильные разрядники. Нелинейные ограничители перенапряжений.

Тема 7. Резистивное заземление нейтрали сети.

Режимы резистивного заземления нейтрали. Критерии выбора резистивного заземления нейтрали. Выбор величины сопротивления резистора по критерию обеспечения электробезопасности. Выбор величины сопротивления резистора по критерию снижения уровня перенапряжений. Выбор величины сопротивления резистора по критерию эффективной работы релейной защиты. Выбор типа резистора и проверка его термической стойкости. Принципиальные схемы включения резистора в нейтраль сети. Определение мощности трансформатора присоединения резистора. Технико-экономическое обоснование целесообразности резистивного заземления нейтрали сетей 6 – 35 кВ.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия		
1	Введение	4	2		Зачет, тесты, решение задач
2	Внутренние перенапряжения	6	2		Зачет, тесты, решение задач
3	Дуговые перенапряжения	4	2		Зачет, тесты, решение задач
4	Атмосферные (грозовые) перенапряжения	4	4		Зачет, тесты, решение задач
5	Коммутационные перенапряжения	8	2		Зачет, тесты, решение задач
6	Защита от перенапряжений	2	2		Зачет, тесты, решение задач
7	Резистивное заземления нейтрали сети	4	2		Зачет, тесты, решение задач
	Всего	32	16		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Кучинский Г.С., Кизеветтер В.Е., Пинталь Ю.С. Изоляция установок высокого напряжения. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Перенапряжения в сетях 6-35 кВ/ Ф.А. Гиндуллин, В.Г. Гольдштейн, А.А. Дульзон, Ф.Х. Халилов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.

Дополнительная литература

3. Дуговые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях. Практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» дневной формы обучения / А.О. Добродей; М-во образ. РБ «Гомельский гос. Технический университет имени П.О. Сухого», кафедра «Электроснабжение». – Гомель: ГГТУ, 2015.
4. Халилов Ф.Х. Классификация перенапряжений. Внутренние перенапряжения. – Санкт-Петербург, 2013.
5. Защита сетей 6 - 35 кВ от перенапряжений / Под ред. Ф.Х. Халилова. - Санкт-Петербург, 2002. – 272 с.
6. Александров Г.Н. Ограничение перенапряжений в электрических сетях. Учебное пособие. Издание центра подготовки кадров. – СПб., 2003.
7. Базуткин В.В., Кадомская К.П. и др. Перенапряжения в электрических системах и защита от них. – СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербург. отделение. 1995. – 320 с.: ил.
8. Техника высоких напряжений / Под ред. М.В. Костенко. - М.: Высшая школа, 1986.
9. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах / В.В. Базуткин, В.П. Ларионов, Ю.С. Пинталь; Под ред. В.П. Ларионова. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
10. Техника высоких напряжений: учебное пособие для вузов / Под ред. Г.С. Кучинского. – СПб.: ПЭИПК, 1998. – 700 с.: ил.

Список литературы сверен [подпись] (Трусова И.В.)
Средства диагностики результатов учебной деятельности

Примерный перечень практических занятий

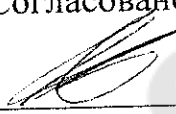

1. Перенапряжения в квазистационарных режимах.
2. Изоляция кабелей и воздушных линий высокого напряжения.
3. Испытание изоляции.
4. Грозозащита воздушных линий.
5. Грозоупорность подстанций.
6. Коммутационные перенапряжения.
7. Нелинейные ограничители перенапряжений
8. Резистивное заземление нейтрали.

Примерный перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы

1. Классификация напряжений, воздействующих на изоляцию электрооборудования в процессе эксплуатации.
2. Перенапряжения. Классификация и основные характеристики перенапряжений.
3. Внутренние перенапряжения и их классификация.
4. Грозовые перенапряжения.
5. Электрическая прочность изоляции. Координация изоляции.
6. Координация и уровни изоляции линий электропередач.
7. Координация и уровни изоляции подстанционного оборудования.
8. Квазистационарные перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью.
9. Несимметричный режим однофазного замыкания при изолированной нейтрали.
10. Несимметричный режим однофазного замыкания при нейтрали сети, заземленной через дугогасящий реактор.
11. Резонансное смещение нейтрали при наличии дугогасящего реактора.
12. Несимметричный режим однофазного замыкания при нейтрали сети, заземленной через резистор.
13. Несимметричные режимы неполнофазного включения в сети с дугогасящим реактором.
14. Несимметричный режим однофазного замыкания через индуктивное сопротивление при заземлении нейтрали сети через дугогасящий реактор.
15. Несимметричный режим однофазного замыкания при нейтрали сети, заземленной через дугогасящий реактор, шунтированный резистором.
16. Дуговые перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью.
17. Дуговые перенапряжения в сетях с нейтралью, заземленной через резистор.
18. Дуговые перенапряжения в сетях с компенсацией емкостного тока.
19. Ограничение дуговых перенапряжений с помощью ОПН. Основные параметры ОПН.
20. Методика выбора основных параметров ОПН. Выбор наибольшего длительно допустимого рабочего напряжения ОПН.
21. Перенапряжения при гашении дуги.
22. Молния, как источник перенапряжения. Защита от прямых ударов молнии.
23. Индуцированные атмосферные перенапряжения.
24. Заземление молниеотводов. Конструктивное исполнение и принцип действия молниеотводов.
25. Зоны защиты молниеотводов. Условия безопасного прохождения тока молнии по молниеотводу.
26. Общая характеристика коммутационных перенапряжений. Классификация коммутационных перенапряжений.
27. Меры защиты от коммутационных перенапряжений.

28. Управляемое включение воздушной линии.
29. Программированное включение воздушной линии.
30. Применение предвключаемых резисторов в выключателях.
31. Перенапряжения при плановом включении воздушной линии.
32. Перенапряжения, возникающие при ликвидации однофазного короткого замыкания на воздушной линии.
33. Перенапряжения, возникающие при одностороннем отключении «здоровых» фаз воздушной линии.
34. Перенапряжения, возникающие при трехфазном автоматическом повторном включении.
35. Перенапряжения, возникающие при однофазном автоматическом повторном включении.
36. Включение второго по очереди выключателя – восстановление нормальной эксплуатации воздушной линии.
37. Перенапряжения при отключении ненагруженных воздушных линий.
38. Перенапряжения при отключении батарей конденсаторов.
39. Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов.
40. Перенапряжения при отключении коротких замыканий и асинхронного хода.
41. Перенапряжения при отключении вакуумных выключателей.
42. Классификация мер защиты от перенапряжений.
43. Защитные промежутки и трубчатые разрядники. Вентильные разрядники. Нелинейные ограничители перенапряжений.
44. Режимы резистивного заземления нейтрали.
45. Критерии выбора резистивного заземления нейтрали.
46. Выбор величины сопротивления резистора по критерию обеспечения электробезопасности.
47. Выбор величины сопротивления резистора по критерию снижения уровня перенапряжений.
48. Выбор величины сопротивления резистора по критерию эффективной работы релейной защиты.
49. Выбор типа резистора и проверка его термической стойкости.
50. Принципиальные схемы включения резистора в нейтраль сети.
51. Определение мощности трансформатора присоединения резистора.
52. Технико-экономическое обоснование целесообразности резистивного заземления нейтрали сетей 6 – 35 кВ.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу
Автоматизация электрических сетей	«Электроснабжение»	Согласовано 	№ 11 от 05.05.2017
Проектирование распределительных электрических сетей	«Электроснабжение»	Согласовано 	№ 11 от 05.05.2017