

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)**

**Северодонецкий технологический институт
Кафедра информационных технологий, приборостроения и электротехники**

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Ю.В. Бородач
(подпись) «26» 2024 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**«Электромагнитные переходные процессы
в электроэнергетических системах»**

По направлению подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль: Электроснабжение

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль «Электроснабжение») – 43 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» разработана в соответствии федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144 (с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами Министерства образования и науки Российской Федерации № 1456 от 26.11.2020 г., № 83 от 08.02.2021 г., № 662 от 19.07.2022 г. и № 208 от 27.02.2023 г.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.т.н., доцент Калюжный В.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры информационных технологий, приборостроения и электротехники « 05 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой ИТПЭ  В.Г. Чебан

Переутверждена: « » 20 г., протокол № .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» « 16 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В.Даля»



Ю.В. Бородач

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – формирование навыков расчета токов короткого замыкания в электрических системах; изучение студентами видов коротких замыканий в магистральных и распределительных электрических сетях электроэнергетических систем; изучение причин возникновения коротких замыканий в электроэнергетических системах и их последствия; изучение физики переходных процессов в электрических сетях, трансформаторах; изучение методов расчётов токов короткого замыкания; методов расчёта токов и напряжений по продольной несимметрии; методы расчёта токов и напряжений в сложных видах повреждений.

Задачи:

- ознакомить студентов с физикой электромагнитных переходных процессов;
- обучить способам расчета токов короткого замыкания в энергетике.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина *«Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»* входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений учебного плана. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

– **знание:** причин возникновения электромагнитных переходных процессов и коротких замыканий в элементах электроэнергетических систем и их последствия; физики переходных процессов в электрических сетях, силовых трансформаторов; методов расчета токов короткого замыкания, возникающих в элементах электроэнергетической системы; методов расчета токов и напряжений по продольной несимметрии и в сложных видах повреждений,

– **умение:** составлять расчетные схемы замещения для расчета переходных процессов, рассчитать и выбрать токоограничивающие устройства; пользоваться практическими методами расчета всех видов тока короткого замыкания, формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатов в виде научно-технического отчета с его публичной защитой,

– **навыки:** анализа характеристик электромагнитных переходных процессов, возникающих в элементах электроэнергетической системы, анализа физических явлений, электромагнитных переходных процессов, в элементах электроэнергетической системы, практическими расчетами различных видов короткого замыкания; метода проверки электрооборудования к действию токов короткого замыкания. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Электроэнергетические системы и сети», «Электрические машины и аппараты» и служит основой для освоения дисциплин «Основы релейной защиты и автоматики», «Электроснабжение промышленных предприятий».

Дисциплина «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» является необходимой для освоения профессиональных компетенций по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, а также, самостоятельного написания выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-3 Способен решать производственно-технологические задачи при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-3.1. Знает режимы работы объектов профессиональной деятельности ПК-3.2. Умеет рассчитывать показатели функционирования объектов профессиональной деятельности ПК-3.3. Владеть: навыками анализа режимов функционирования объектов профессиональной деятельности	знать: основные источники научно-технической информации по электромагнитным переходным процессам; причины возникновения коротких замыканий в электроэнергетических системах и их последствия; физику переходных процессов в электрических сетях; физику переходных процессов в силовых трансформаторах; методы расчета токов короткого замыкания; методы расчета токов и напряжений по продольной несимметрии; методы расчета токов и напряжений в сложных видах повреждений
		уметь: составлять расчетные схемы замещения для расчета переходных процессов; производить выбор токоограничивающих устройств; пользоваться практическими методами расчета всех видов тока короткого замыкания; формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатов в виде научно-технического отчета с его публичной защитой;
		владеть: навыками анализа характеристик электромагнитных переходных процессов, возникающих в элементах электроэнергетической системы, навыками анализа физических явлений, электромагнитных переходных процессов, в элементах электроэнергетической системы практическими расчетами различных видов короткого замыкания; методами проверки оборудования к действию токов короткого замыкания

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	108 (3 зач. ед)		108 (3 зач. ед)
Обязательная контактная работа (всего) в том числе:	51		12
Лекции	17		6
Семинарские занятия	-		-
Практические занятия	34		6
Лабораторные работы	-		-
Курсовая работа (курсовой проект)	-		-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-		-
Самостоятельная работа студента (всего)	57		96
Форма аттестации	зачёт		зачёт

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 6(3)

Тема 1. Токи короткого замыкания в электроэнергетических системах.

Общие сведения. Виды коротких замыканий в электроустановках. Симметричные и несимметричные режимы. Индуктивные сопротивления элементов электрических установок. Единицы измерений и величины сопротивлений.

Тема 2. Расчет токов короткого замыкания в именованной системе единиц.

Расчетная схема установки и схема замещения. Базисное напряжение и базисное сопротивление. Преобразование расчетных схем. Определение $X_{\text{рез}}$ в точке короткого замыкания.

Тема 3. Короткое замыкание в электрической сети при питании от системы бесконечной мощности.

Общая характеристика короткого замыкания. Основные значения токов короткого замыкания и их определение. Определение ударного тока короткого замыкания. Понятие об относительном токе короткого замыкания.

Тема 4. Процесс короткого замыкания в электрической сети при питании от генераторов конечной мощности.

Процесс короткого замыкания при питании от генераторов не имеющих АРВ. Процесс короткого замыкания при питании от генераторов, имеющих АРВ. Расчетные кривые для определения установившегося тока короткого замыкания.

Тема 5. Сверхпереходный и установившейся ток при двухфазном коротком замыкании.

Сверхпереходный ток короткого замыкания. Соотношение токов при трех- и двухфазном коротком замыкании. Установившейся ток короткого замыкания. Соотношение токов при трех- и двухфазном коротком замыкании.

Тема 6. Основные методы расчета токов короткого замыкания.

Общая характеристика методов расчета токов короткого замыкания. Особенности расчета токов короткого замыкания в установках напряжением выше 1 кВ. Расчет токов короткого замыкания по отдельным генерирующим цепям (1-ый метод). Расчет тока короткого замыкания по общему результирующему сопротивлению (2-ой метод). Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1 кВ.

Тема 7. Преобразование сложных систем при расчетах токов короткого замыкания.

Разделение трех и более связанных генерирующих цепей. Метод треугольника. Метод звезда–треугольник. Метод «перегиба».

Тема 8. Особые случаи расчета токов короткого замыкания.

Определение наибольших возможных значений токов короткого замыкания за трансформатором и линейным реактором. Выбор параметров секционных и линейных реакторов. Влияние асинхронных электродвигателей на величину ударного тока короткого замыкания.

Тема 9. Метод симметричных составляющих и его применение к расчету токов короткого замыкания при несимметричных режимах.

Общие положения.

Тема 10. Применение метода симметричных составляющих при расчетах двухфазных и однофазных коротких замыканий.

Двухфазные короткие замыкания (КЗ), условие режима, основные уравнения. Схемы замещения прямой и обратной последовательностей. Однофазные короткие замыкания, условия режима, основные уравнения. Векторные диаграммы токов и напряжений. Распределение в системе токов нулевой последовательности.

Тема 11. Режимы работы синхронных генераторов.

Нормальный режим. Асинхронный режим. Режим короткого замыкания.

Тема 12. Внезапное короткое замыкание синхронных машин.

Определение и виды внезапного короткого замыкания. Основные физические представления. Понятие о сверхпроводящем контуре. Токи трехфазного короткого замыкания. Переходные и сверхпереходные индуктивные сопротивления. Величина внезапных токов трехфазного короткого замыкания.

Тема 13. Переходные процессы в трансформаторах.

Общие замечания. Включение трансформатора. Внезапное короткое замыкание трансформатора.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
Семестр 6(3)				Семестр 9(5)
1.	Токи короткого замыкания в электроэнергетических системах.	1		2
2.	Расчет токов короткого замыкания в именованной системе единиц.	1		
3.	Короткое замыкание в электрической сети при питании от системы бесконечной мощности.	1		
4.	Процесс короткого замыкания в электрической сети при питании от генераторов конечной мощности.	1		
5.	Сверхпереходный и установившейся ток при двухфазном коротком замыкании.	1		
6.	Основные методы расчета токов короткого замыкания.	2		2
7.	Преобразование сложных систем при расчетах токов короткого замыкания.	2		
8.	Особые случаи расчета токов короткого замыкания.	1		
9.	Метод симметричных составляющих и его применение к расчету токов короткого замыкания при несимметричных режимах.	1		
10.	Применение метода симметричных составляющих при расчетах двухфазных и однофазных коротких замыканий.	1	1	2
11.	Режимы работы синхронных генераторов.	1		
12.	Внезапное короткое замыкание синхронных машин.	2		
13.	Переходные процессы в трансформаторах.	2		
Итого:		17		6

4.4. Лабораторные работы по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» не предполагаются учебным планом.

4.5. Практические занятия

№	Название темы	Объем часов
---	---------------	-------------

п/п		Очная форма	Очная форма	Очная форма
Семестр 6(3)				Семестр 9(5)
1	Общие сведения об аварийных режимах. Расчет сопротивлений элементов электрической сети	2		2
2	Основы работы в пакете Mathcad	4		
3	Построение временных диаграмм токов и напряжений	4		
4	Общие сведения о переходных процессах. Расчет токов короткого замыкания в именованных единицах.	4		2
5	Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании. Расчет ударного тока короткого замыкания.	4		
6	Уравнение электромагнитных переходных процессов в синхронной машине. Расчет токов короткого замыкания в относительных единицах.	4		
7	Короткие замыкания в электроустановках до 1 кВ. Расчет электродинамических сил при коротком замыкании. Проверка проводников по условиям механической стойкости. Расчет термического действия тока короткого замыкания.	4		2
8	Применение теории симметричных составляющих для расчета несимметричных режимов.	4		
9	Расчет токов однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.	4		
Итого:		34		6

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Семестр 6(3)					Семестр 9(5)
1.	Расчет тока трехфазного короткого замыкания. Допущения, принимаемые при выводе уравнений электромагнитного переходного процесса.	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	5		8
2.	Составление схемы замещения. Приближенный учет системы. Схемы замещения и параметры	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	6		8

№	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
	трансформаторов и автотрансформаторов				
3.	Расчет параметров схемы замещения в относительных единицах. Система относительных единиц.	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	6		8
4.	Методы преобразования схем замещения. Алгоритм определения начального значения периодической составляющей тока короткого замыкания.	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	4		8
5.	Расчет тока и мощности короткого замыкания для произвольного момента времени. Алгоритм определения периодической составляющей аварийного тока в произвольный момент времени по типовым кривым.	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	4		8
6.	Расчет токов несимметричного короткого замыкания.	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	4		6
7.	Составление схем замещения различных последовательностей.	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	4		6
8.	Параметры элементов системы электроснабжения в схемах замещения различных последовательностей	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	4		8
9.	Преобразование и упрощение схем замещения. Определение начального значения периодической составляющей и ударного тока короткого замыкания.	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	4		8
10.	Расчет тока в месте несимметричного короткого замыкания	подготовка и выполнение контрольных и	4		8

№	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			практических работ		
11.	Алгоритм определения начального значения периодической составляющей тока несимметричного короткого замыкания	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	4		6
12.	Переходный процесс при замыканиях в распределительных сетях и системах электроснабжения. Расчет токов коротких замыканий в установках напряжением ниже 1000В	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	4		8
13.	Начальный момент внезапного нарушения режима. Трехфазное короткое замыкание синхронной машины.	подготовка и выполнение контрольных и практических работ	4		6
Итого:			57		96

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- использование электронных образовательных ресурсов (презентационные материалы, электронные конспект лекций, методические указания к практическим занятиям, размещенные во внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие. В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс] / Армеев Д.В., Гусев Е.П. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778224988.html> – Режим доступа: по подписке.
2. Беляков Ю.С. Электромеханические переходные процессы и устойчивость электроэнергетических систем (Краткий курс): учебное пособие / Ю.С. Беляков. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. - 103 с.

б) дополнительная литература

1. Герасимова В.Г., Электротехнический справочник Т.2: Электротехнические изделия и устройства / Герасимова В.Г. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01174-4 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011744.html>. - Режим доступа: по подписке.
2. РД 153-34.0-20.527–98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / под ред. Б. Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 152 с.
3. Ульянов, С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учеб. для вузов / С. А. Ульянов. – М.: Энергия, 1970. – 520 с.
4. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. П. Крючков, Б. Н. Неклепаев, В. А. Старшинов и др. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 416 с.
5. Куликов, Ю. А. Переходные процессы в электрических системах: учеб. пособие / Ю. А. Куликов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 283 с.
6. Расчет короткого замыкания: составление схемы замещения. Система относительных единиц: метод. указания / сост.: А. М. Дяков, В. Б. Зорин. – Красноярск: КрПИ, 1992. – 16 с.
7. Зорин, В.Б. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: метод. указания / сост.: В. Б. Зорин. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2004. – 56 с.
8. Переходные процессы в электроэнергетических системах: метод. указания по лаб. работам № 1–2 / сост.: А. Э. Бобров, А. М. Дяков, В. Б. Зорин, Л. И. Пилюшенко. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 36 с.

в) методические рекомендации

1. Конспект лекций по дисциплине " Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах" / Сост. А.С. Захарчук. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 132 с.
2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине " Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах" / Сост. А.С. Захарчук.- Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017.– 45 с.

3. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине " Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах"/ Сост. А.С. Захарчук.- Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 36 с.

г) интернет-ресурсы:

Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru/>

Справочная правовая система «Консультант Плюс» – Режим доступа: URL: <https://www.consultant.ru/sys/>

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – Режим доступа: URL: <http://biblio.dahluniver.ru/>

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Эрнст А.Д. Э 81 Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: курс лекций. — Нижневартовск: Изд-во НГГУ, 2012. — 199 с.

<http://nvsu.ru/ru/Intellekt/1134/Ernst%20A.D.%20Elektromagnitnie%20perehodnie%20protsessi%20v%20elektroenergeticheskikh%20sistemah%20-%20Kurs%20leksi%20-%202012.pdf>

Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / А. Э. Бобров, А. М. Дяков, В. Б. Зорин и др. – Электрон. дан. (2 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009.

http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1515/u_manual.pdf

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» предполагает использование специализированной лаборатории (ауд. 22, ЛКЦ «Протон») и академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций
на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК-3 Способен решать производственно-технологические задачи при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности	Пороговый	знать: основные источники научно-технической информации по электромагнитным переходным процессам; причины возникновения коротких замыканий в электроэнергетических системах и их последствия; физику переходных процессов в электрических сетях; физику переходных процессов в силовых трансформаторах; методы расчета токов короткого замыкания; методы расчета токов и напряжений по продольной несимметрии; методы расчета токов и напряжений в сложных видах повреждений;
Основной		Базовый	уметь: составлять расчетные схемы замещения для расчета переходных процессов; производить выбор токоограничивающих устройств; пользоваться практическими методами расчета всех видов тока короткого замыкания; формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатов в виде научно-технического отчета с его публичной защитой;
Заключительный		Высокий	владеть: навыками анализа характеристик электромагнитных переходных процессов, возникающих в элементах электроэнергетической системы, навыками анализа физических явлений, электромагнитных переходных процессов, в элементах электроэнергетической системы практическими расчетами различных видов короткого замыкания; методами проверки оборудования к действию токов короткого замыкания

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения), очно/заочно
1	ПК-3	Способен решать производственно-технологические задачи при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-3.1. Знать: режимы работы объектов профессиональной деятельности ПК-3.2. Уметь: рассчитывать показатели функционирования объектов профессиональной деятельности ПК-3.3 Владеть: навыками анализа режимов функционирования объектов профессиональной деятельности	Тема 1. Токи короткого замыкания в электроэнергетических системах.	6
				Тема 2. Расчет токов короткого замыкания в именованной системе единиц.	6
				Тема 3. Короткое замыкание в электрической сети при питании от системы бесконечной мощности.	6
				Тема 4. Процесс короткого замыкания в электрической сети при питании от генераторов конечной мощности.	6
				Тема 5. Сверхпереходный и установившийся ток при двухфазном коротком замыкании.	6
				Тема 6. Основные методы расчета токов короткого замыкания.	6
				Тема 7. Преобразование сложных систем при расчетах токов короткого замыкания.	6
				Тема 8. Особые случаи расчета токов короткого замыкания.	6
				Тема 9. Метод симметричных составляющих и его применение к расчету токов короткого замыкания при несимметричных режимах.	6
				Тема 10. Применение метода симметричных составляющих при расчетах двухфазных и однофазных	6

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения), очно/заочно
				коротких замыканий.	
				Тема 11. Режимы работы синхронных генераторов.	6
				Тема 12. Внезапное короткое замыкание синхронных машин.	6
				Тема 13. Переходные процессы в трансформаторах.	6

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-3 Способен решать производственно-технологические задачи при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-3.1. Знать: режимы работы объектов профессиональной деятельности	знать: основные источники научно-технической информации по электромагнитным переходным процессам; причины возникновения коротких замыканий в электроэнергетических системах и их последствия; физику переходных процессов в электрических сетях; физику переходных процессов в силовых трансформаторах; методы расчета токов короткого замыкания; методы расчета токов и напряжений по продольной несимметрии; методы расчета токов и напряжений в сложных видах повреждений;	Тема 1. Токи короткого замыкания в электроэнергетических системах. Тема 2. Расчет токов короткого замыкания в именованной системе единиц. Тема 3. Короткое замыкание в электрической сети при питании от системы бесконечной мощности. Тема 4. Процесс короткого замыкания в электрической сети при питании от генераторов конечной мощности. Тема 5. Сверхпереходный и установившийся ток при двухфазном коротком	практические задания и контрольные работы (заочная форма обучения)

		ПК-3.2. Уметь: рассчитывать показатели функционирования объектов профессиональной деятельности	уметь: составлять расчетные схемы замещения для расчета переходных процессов; производить выбор токоограничивающих устройств; пользоваться практическими методами расчета всех видов тока короткого замыкания; формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатов в виде научно-технического отчета с его публичной защитой;	замыкании. Тема 6. Основные методы расчета токов короткого замыкания. Тема 7. Преобразование сложных систем при расчетах токов короткого замыкания. Тема 8. Особые случаи расчета токов короткого замыкания. Тема 9. Метод симметричных составляющих и его применение к расчету токов короткого замыкания при несимметричных режимах. Тема 10. Применение метода симметричных составляющих при расчетах двухфазных и однофазных коротких замыканий. Тема 11. Режимы работы синхронных генераторов. Тема 12. Внезапное короткое замыкание синхронных машин. Тема 13. Переходные процессы в трансформаторах.	практические задания и контрольные работы (заочная форма обучения)
		ПК-3.3 Владеть: навыками анализа режимов функционирования объектов профессиональной деятельности	владеть: навыками анализа характеристик электромагнитных переходных процессов, возникающих в элементах электроэнергетической системы, навыками анализа физических явлений, электромагнитных переходных процессов, в элементах электроэнергетической системы практическими расчетами различных видов короткого замыкания; методами проверки оборудования к действию токов короткого замыкания		практические задания и контрольные работы (заочная форма обучения)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

Тестовые задания по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»

Тестовые задания к лабораторным работам по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах» содержат вопросы порогового, базового и высокого уровня. Вопросы порогового уровня направлены на определение наличия теоретических знаний у студента по данной дисциплине.

Вопросы базового уровня позволяют определить умения составлять расчетные схемы замещения для расчета переходных процессов, производить выбор токоограничивающих устройств, пользоваться практическими методами расчета всех видов тока короткого замыкания.

Вопросы высокого уровня диагностируют владение студентом навыками анализа характеристик электромагнитных переходных процессов, возникающих в элементах электроэнергетической системы, навыками анализа физических явлений, электромагнитных переходных процессов, в элементах электроэнергетической системы практическими расчетами различных видов короткого замыкания и методами проверки оборудования к действию токов короткого замыкания.

Тесты контроля знаний студентов по теме «Электромагнитные переходные процессы при сохранении симметрии трехфазной электрической цепи».

Тест №1

1. Трехфазное короткое замыкание это:
 - а) замыкание каждой фазы на землю;
 - б) замыкание между тремя фазами;
 - в) замыкание между тремя фазами и землей.

Тест №2

1. Свободный ток в цепи затухает с постоянной времени:
 - а) $T_{a,z} = \frac{x_z}{r_z}$;
 - б) $T_{a,z} = \frac{r_z}{x_z}$;
 - в) $T_{a,z} = \frac{x_z}{\omega r_z}$;
 - г) $T_{a,z} = \frac{r_z}{\omega x_z}$.

Тест №3

1. В расчетных значениях начальное значение свободного тока принимается:
 - а) $i_{св,0} = 0$;
 - б) $i_{св,0} = I_{n,0}$;

в) $i_{CB,0} = -I_{n,0}$;

г) $i_{CB,0} = \sqrt{2}I_{n,0}$.

Тест №4

1. Амплитуда периодической составляющей тока рассчитывается по формуле:

а) $I_{n,m} = \frac{U_m}{Z_K}$;

б) $I_{n,m} = \frac{U_m}{\sqrt{2} Z_K}$;

в) $I_y = \frac{U_m}{Z_K}$.

Тест №5

1. Выражение для ударного тока короткого замыкания запишется:

а) $i_y = \sqrt{2}I_{n,0} + I_{I_{n,0}}$;

б) $i_y = \sqrt{2}I_{n,0} + \sqrt{2}I_{I_{n,0}} \cdot e^{-0,01/T_a}$;

в) $i_y = \sqrt{2}I_{n,0} + \sqrt{2}I_{I_{n,0}} \cdot e^{-t/T_a}$.

Тест №6

1. Ударный коэффициент имеет значения:

а) $K_y > 1$;

б) $K_y < 2$;

в) $1 < K_y < 2$.

Тест №7

1. Установившийся режим короткого замыкания это:

а) когда свободные токи полностью затухли;

б) когда полностью закончен подъем тока возбуждения под действием АРВ;

в) когда свободные токи полностью затухли и полностью закончен подъем тока возбуждения под действием АРВ.

Тест №8

1. При отсутствии АРВ ток КЗ рассчитывается:

а) $I_K = \frac{E_\Sigma}{x_\Sigma}$;

б) $I_K = \frac{U_{ном}}{x_\Sigma}$;

в) $I_K = \frac{U_{K,0}}{x_\Sigma}$.

Тест №9

1. В режиме предельного возбуждения ток КЗ генератора с АРВ рассчитывается:

а) $I = \frac{E''_r}{x_r + x_{вн}}$;

б) $I = \frac{E_{d,пр}}{x_r + x_{вн}}$;

$$в) I = \frac{E_{q,пр}}{x_r + x_{вн}}.$$

Тест №10

1. В режиме нормального напряжения ток КЗ генератора с АРВ рассчитывается:

$$а) I = \frac{E_r''}{x_{вн}};$$

$$б) I = \frac{U_n}{x_r};$$

$$в) I = \frac{U_n}{x_{вн}};$$

$$г) I = \frac{E_r''}{x_r}.$$

Тест №11

2. Начальный переходный ток КЗ генератора рассчитывается:

$$а) \dot{I}_{n,0} = \frac{E_{d,0}}{x_d' + x_{вн}};$$

$$б) \dot{I}_{n,0} = \frac{E_{q,0}}{x_d'};$$

$$в) \dot{I}_{n,0} = \frac{E_{q,0}}{x_d' + x_{вн}}.$$

Тест №12

1. Гидрогенератор при расчете начального переходного тока представляется параметрами:

$$а) E_q', x_d';$$

$$б) E_q, E_q', x_d, x_d';$$

$$в) E_d', E_q', x_d', x_q'.$$

Тест №13

1. Начальный периодический сверхпереходный ток генератора рассчитывается:

$$а) I_{n,0}'' = \frac{E_{q,0}''}{x_d'' + x_{вн}};$$

$$б) I_{n,0}'' = \frac{E_{q,0}''}{x_d''};$$

$$в) I_{n,0}'' = \frac{E_{d,0}''}{x_d'' + x_{вн}}.$$

Тест №14

1. В начальный момент переходный процесс обобщенная нагрузка представляется:

$$а) x_{нагр}'' = 0,85, E_{нагр}'' = 0,85;$$

$$б) x_{нагр}'' = 0,35, E_{нагр}'' = 1,0;$$

$$в) x_{нагр}'' = 0,35, E_{нагр}'' = 0,85.$$

Тест №15

1. Абсолютная величина начального сверхпереходного тока в точке трехфазного КЗ определяется:

а) $I_K'' = \frac{U_{K0}}{x_\Sigma};$

б) $I_K'' = \frac{U_{K0}}{x_\Sigma''};$

в) $I_K'' = \frac{E_{q0}}{x_\Sigma};$

г) $I_K'' = \frac{E_{q0}''}{x_\Sigma}.$

Тест №16

1. Ударный ток при трехфазном КЗ рассчитывается:

а) $i_y = K_y \sqrt{2} I'';$

б) $i_y = \sqrt{2} I_{n,0}'' + \sqrt{2} I_{n,0}'' \cdot e^{-t/T_a};$

в) $i_y = \sqrt{2} I_{n,0}'' + \sqrt{2} I_{n,0}'' \cdot e^{-0,01/T_a}.$

Тест №17

1. Электрическая система при практических расчетах учитывается:

а) $x_c = \frac{U_{cp}^2}{I_0};$

б) $x_{*c} = \frac{S_0}{S_{ном}};$

в) $x_{*c,0} = x_{*c} \cdot \frac{S_0}{S_{ном}};$

г) $x_{*c} = \frac{S_0}{U_{cp}^2}.$

Тест №18

1. При расчете сверхпереходного тока КЗ гидрогенератор с демпферными обмотками вводится:

а) $E_{q0}'' = 1,0;$

б) $E_{q0}'' = 1,08;$

в) $E_{q0}'' = 1,1;$

г) $E_q'' = 1,13.$

Тест №19

1. Синхронные продольные индуктивные сопротивления генератора находятся в зависимости:

а) $x_d' < x_d < x_d'';$

б) $x_d < x_d' < x_d'';$

в) $x_d'' < x_d' < x_d;$

г) $x_d' < x_d'' < x_d.$

Тест № 20

1. Гидрогенераторы выполняются с:
 - а) поперечной демпферной обмоткой;
 - б) продольной демпферной обмоткой;
 - в) продольно-поперечной демпферной обмоткой;
 - г) все гидрогенераторы не имеют демпферных обмоток.

**Карта ответов на тесты по теме:
«Электромагнитные переходные процессы при сохранении симметрии
трехфазной электрической цепи»**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
б	в	г	а	б	в	в	в	в	в	в	а	а	в	б	а, в	б, в	г	в	в

Тесты контроля знаний студентов по теме «Электромагнитные переходные процессы при нарушении работы трехфазной электрической цепи».

Тест № 1

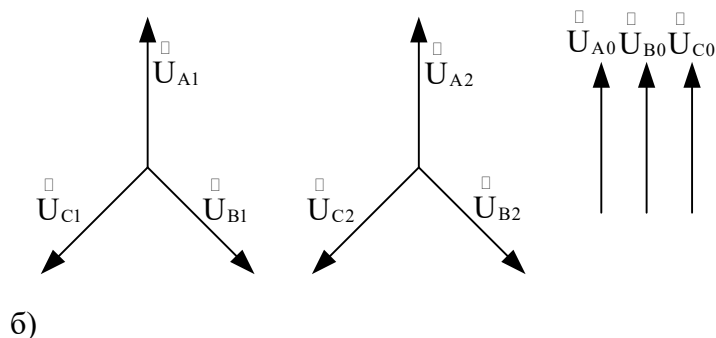
1. При нарушении симметричного режима каждая нечетная гармоника тока статора вызывает в обмотке возбуждения:
 - а) очередную четную гармонику;
 - б) очередную четную гармонику;
 - в) очередную гармонику кратную трем;
 - г) все гармоники.

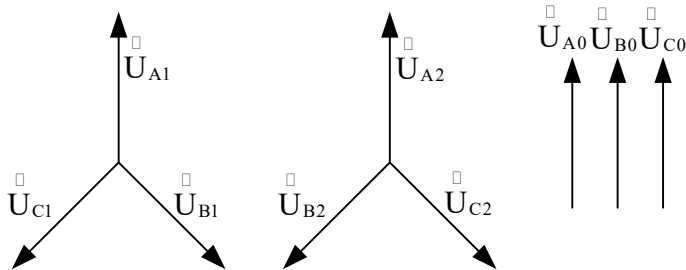
Тест № 2

1. При нарушении симметричного режима магнитное поле статора не создает высших гармоник, если:
 - а) $\ddot{x}_d = \ddot{x}_q$;
 - б) $\dot{x}_d = \dot{x}_q$;
 - в) $x_d = x_q$;
 - г) $\ddot{x}_q = 0$.

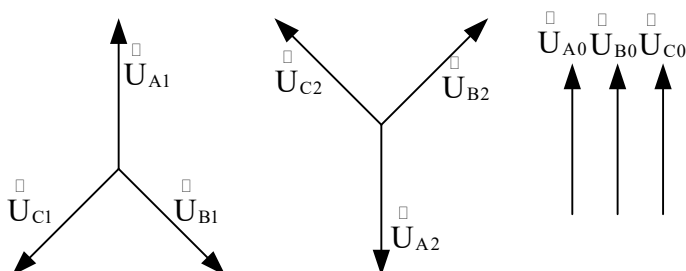
Тест № 3

1. Векторные диаграммы напряжений прямой, обратной и нулевой последовательности имеет вид:
 - а)





В)



Тест №4

- Основные уравнения второго закона Кирхгофа для каждой последовательности запишутся:

- $$\begin{aligned}\dot{U}_{K1} &= \dot{E}_{1\Sigma} - jx_{1\Sigma} \dot{I}_{K1}; \\ \dot{U}_{K2} &= \dot{E}_{2\Sigma} - jx_{2\Sigma} \dot{I}_{K2}; \\ \dot{U}_{K0} &= 0 - jx_{0\Sigma} \dot{I}_{K0}\end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}\dot{U}_{K1} &= 0 - jx_{1\Sigma} \dot{I}_{K1}; \\ \dot{U}_{K2} &= \dot{E}_{2\Sigma} - jx_{2\Sigma} \dot{I}_{K2}; \\ \dot{U}_{K0} &= 0 - jx_{0\Sigma} \dot{I}_{K0}\end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}\dot{U}_{K1} &= \dot{E}_{1\Sigma} - jx_{1\Sigma} \dot{I}_{K1}; \\ \dot{U}_{K2} &= 0 - jx_{2\Sigma} \dot{I}_{K2}; \\ \dot{U}_{K0} &= 0 - jx_{0\Sigma} \dot{I}_{K0}\end{aligned}$$

Тест №5

- При отсутствии магнитной связи между фазами элементов сети:

- $$\begin{aligned}r_1 &= r_2 = r_0; \\ x_1 &= x_2 = x_0\end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}r_1 &= r_2; \\ x_1 &= x_2\end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}r_1 &= r_2 = 0; \\ x_1 &= x_2 = x_0\end{aligned}$$

Тест №6

1. В схему нулевой последовательности двухобмоточный трехфазный трансформатор с соединением обмоток Y_0/Δ вводится сопротивлением:
 - а) x_T ;
 - б) $x_T + x_{\mu 0}$;
 - в) ∞ .

Тест №7

1. Трехфазный двухобмоточный трансформатор имеет схему соединения обмоток Y_0/Δ ; нейтраль трансформатора заземлена через сопротивление x_N :
 - а) в схеме нулевой последовательности в нейтрали учитывается сопротивление x_N ;
 - б) в схеме нулевой последовательности в нейтрали учитывается сопротивление $3x_N$;
 - в) сопротивление x_N учитывается в схемах прямой и нулевой последовательностей.

Тест №8

1. Схема нулевой последовательности зависит от:
 - а) схемы сети
 - б) конструкции трансформаторов
 - в) схемы соединения обмоток трансформаторов и автотрансформаторов

Тест №9

1. Граничные условия для двухфазного короткого замыкания запишутся:
 - а) $i_{KA}^{(2)} = 0$;
 $i_{KB}^{(2)} = -i_{KC}^{(2)}$;
 $\dot{U}_{KB}^{(2)} + \dot{U}_{KC}^{(2)} = 0$
 - б) $i_{KA}^{(2)} = 0$;
 $i_{KB}^{(2)} = i_{KC}^{(2)}$;
 $\dot{U}_{KB}^{(2)} - \dot{U}_{KC}^{(2)} = 0$
 - в) $i_{KA}^{(2)} = 0$;
 $i_{KB}^{(2)} = -i_{KC}^{(2)}$;
 $\dot{U}_{KB}^{(2)} - \dot{U}_{KC}^{(2)} = 0$

Тест №10

1. Граничные условия для однофазного короткого замыкания запишутся:
 - а) $i_{KB}^{(1)} = 0$;
 $i_{KC}^{(1)} = 0$;
 $i_{KA}^{(1)} = 0$
 - б) $i_{KB}^{(1)} = 0$;
 $i_{KC}^{(1)} = 0$;
 $\dot{U}_{KB} = \dot{U}_{KC}$
 - в) $i_{KB}^{(1)} = 0$;

$$\begin{aligned} \dot{I}_{KC}^{(1)} &= 0; \\ \dot{U}_{KA}^{(1)} &= 0 \end{aligned}$$

Тест №11

1. Граничные условия для двухфазного короткого замыкания на землю запишутся:

$$\begin{aligned} \text{а) } \dot{I}_{KA}^{(1,1)} &= 0; \\ \dot{U}_{KB}^{(1,1)} &= \dot{U}_{KC}^{(1,1)}; \\ \dot{U}_{KA}^{(1,1)} &= 0 \\ \text{б) } \dot{I}_{KA}^{(1,1)} &= 0; \\ \dot{U}_{KB}^{(1,1)} &= 0; \\ \dot{U}_{KC}^{(1,1)} &= 0 \\ \text{в) } \dot{U}_{KA}^{(1,1)} &= 0; \\ \dot{U}_{KB}^{(1,1)} &= 0; \\ \dot{U}_{KC}^{(1,1)} &= 0 \end{aligned}$$

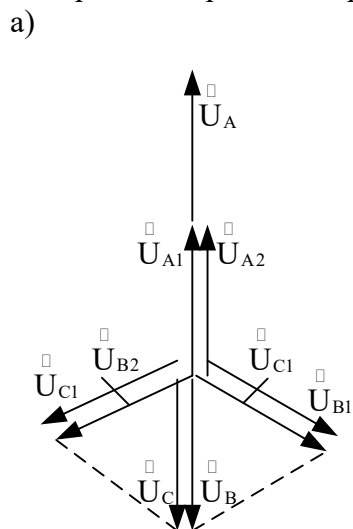
Тест №12

1. Ток прямой последовательности особой фазы при любом виде несимметричного КЗ запишется:

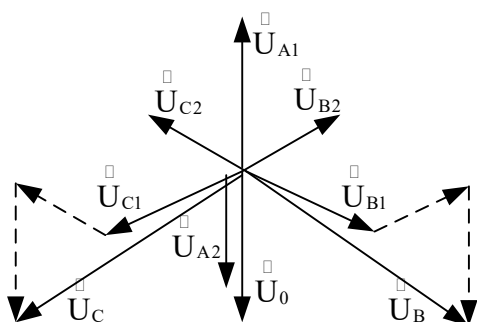
$$\begin{aligned} \text{а) } \dot{I}_{KA1}^{(n)} &= \frac{\dot{E}_{1\Sigma}}{j(x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma}) + z_{\Delta}^{(n)}}; \\ \text{б) } \dot{I}_{KA1}^{(n)} &= 3 \cdot \frac{\dot{E}_{1\Sigma}}{jx_{1\Sigma} + z_{\Delta}^{(n)}}; \\ \text{в) } \dot{I}_{KA1}^{(n)} &= 3 \cdot \frac{\dot{E}_{1\Sigma}}{jx_{1\Sigma} + z_{\Delta}^{(n)}} \end{aligned}$$

Тест №13

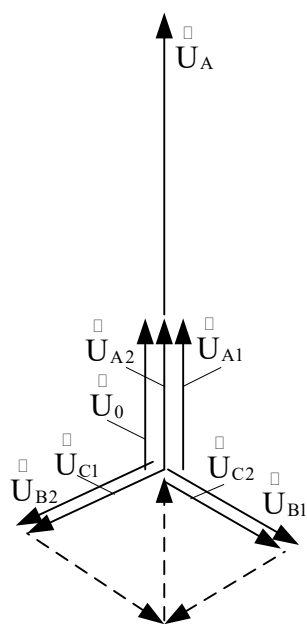
1. Векторная диаграмма напряжений при двухфазном КЗ имеет вид:



б)



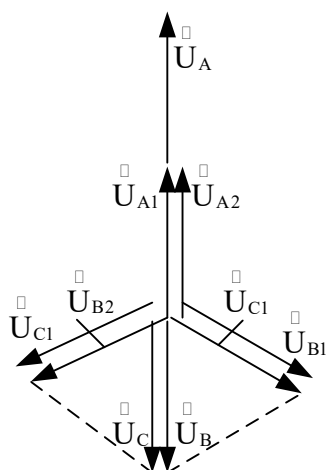
в)



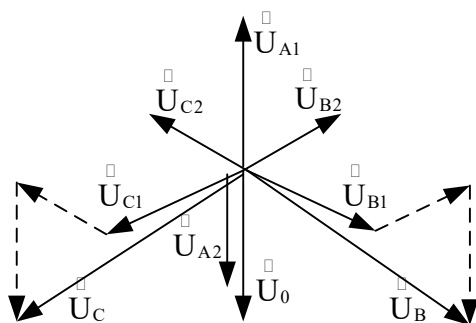
Тест №14

1. Векторная диаграмма напряжений при однофазном КЗ имеет вид:

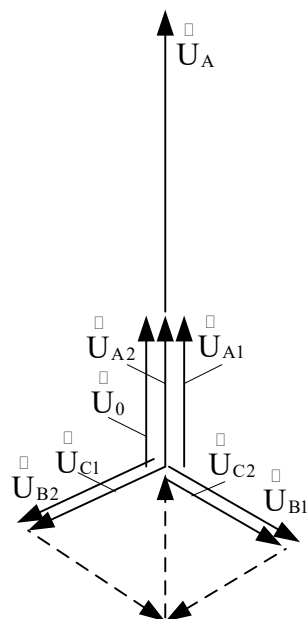
а)



б)



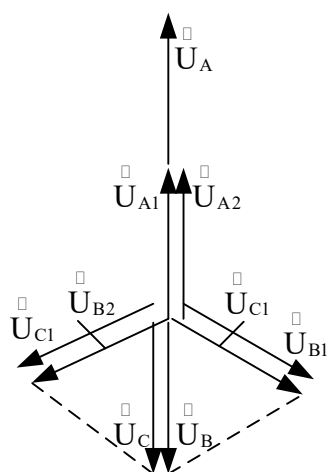
в)



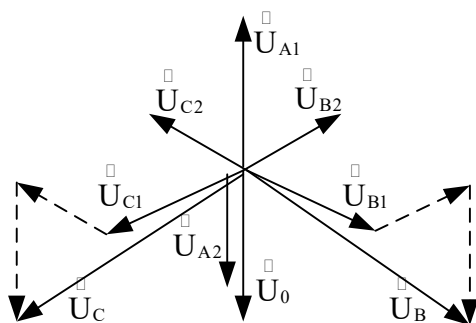
Тест №15

1. Векторная диаграмма напряжений при двухфазном КЗ на землю имеет вид:

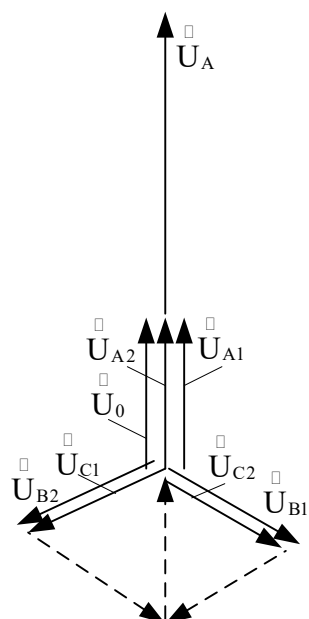
а)



б)



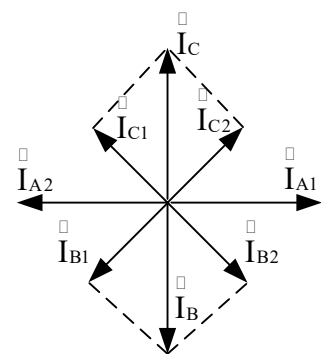
в)



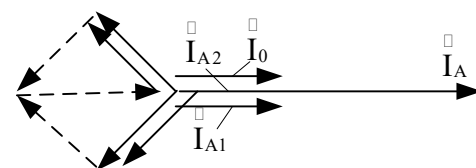
Тест №16

1. Векторная диаграмма токов при двухфазном КЗ имеет вид:

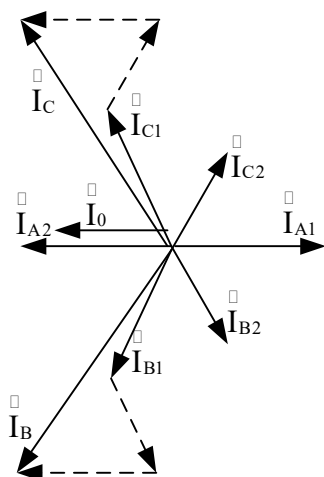
а)



б)



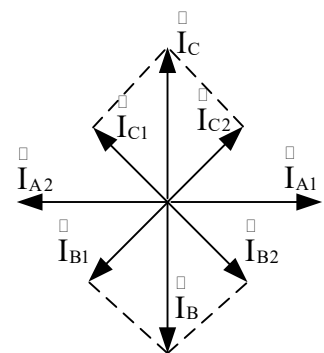
В)



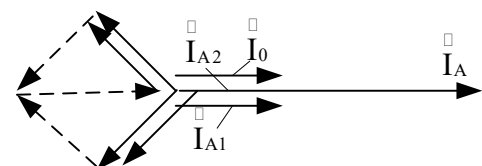
Тест №17

1. Векторная диаграмма токов при однофазном КЗ имеет вид:

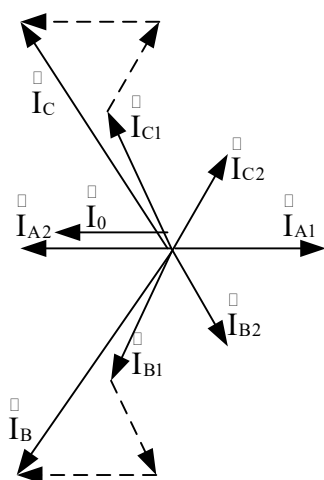
а)



б)



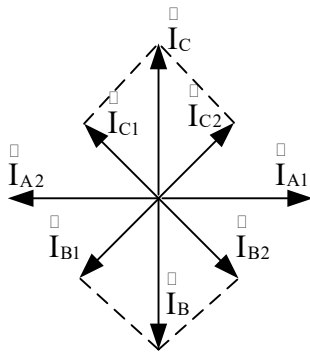
в)



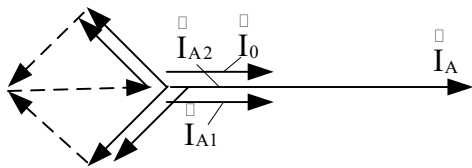
Тест №18

1. Векторная диаграмма токов при двухфазном КЗ на землю имеет вид:

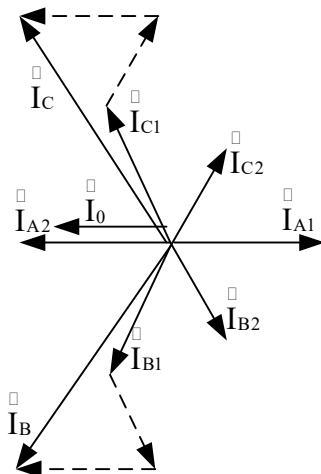
а)



б)



в)



Тест №19

1. Модуль тока в точке КЗ при любом виде несимметрии в общем виде можно записать:

а) $I_K^{(n)} = m^{(n)} \cdot I_{K1}^{(n)}$;

б) $I_K^{(n)} = \frac{1}{m^{(n)}} \cdot I_{K1}^{(n)}$;

в) $I_K^{(n)} = \sqrt{m^{(n)}} \cdot I_{K1}^{(n)}$

Тест №20

1. При однофазном КЗ сопротивление дуги в точке несимметрии учитывается:

а) $i_{KA1}^{(1)} = 3 \cdot \frac{\dot{E}_{1\Sigma}}{r_{\Sigma} + j(x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma})}$;

б) $i_{KA1}^{(1)} = \frac{\dot{E}_{1\Sigma}}{3r_{\Sigma} + j(x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma})}$;

$$b) \dot{I}_{KA1}^{(1)} = \frac{\dot{E}_{1\Sigma}}{\frac{1}{3}T_d + j(x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma})}$$

**Карта ответов на тесты по теме:
«Электромагнитные переходные процессы при нарушении работы
трехфазной электрической цепи»**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
а	б	б	в	а	а	б	в	в	в	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б

Тесты контроля знаний студентов по теме: «Устойчивость энергетических систем».

Тест №1

1. Различает следующие виды устойчивости:
 - а) статическую устойчивость при малых возмущениях;
 - б) статическую устойчивость при больших возмущениях;
 - в) результирующая устойчивость без восстановления синхронной работы.

Тест №2

1. Практические критерии устойчивости позволяют выявить:
 - а) закон регулирования параметров режима;
 - б) наличие устойчивости или неустойчивости ЭС;
 - в) поведение системы при возмущениях.

Тест №3

1. Критерием устойчивости является условие:
 - а) $\frac{\Delta W}{\Delta \Pi} > \frac{\Delta W_F}{\Delta \Pi}$;
 - б) $\frac{\Delta W}{\Delta \Pi} < \frac{\Delta W_F}{\Delta \Pi}$;
 - в) $\frac{\Delta W}{\Delta \Pi} = \frac{\Delta W_F}{\Delta \Pi}$.

Тест №4

1. Практический критерий устойчивости простейшей электрической системы:
 - а) $\frac{dP}{d\delta} = 0$;
 - б) $\frac{dP}{d\delta} > 0$;
 - в) $\frac{dP}{d\delta} < 0$.

Тест №5

1. Практический критерий устойчивости асинхронного двигателя:

- а) $\frac{dP}{dE} > 0$;
- б) $\frac{dP}{dS} > 0$;
- в) $\frac{dP}{dU} > 0$.

Тест №6

1. Простейшая оценка (правило площадей) динамической устойчивости запишется:

- а) $A_{\text{пуск}} = A_{\text{торм}}$
- б) $\int \Delta P d\delta = 0$
- в) $A_{\text{пуск}} < A_{\text{торм}}$

Тест №7

1. Количественная оценка запаса устойчивости при динамическом переходе:

- а) $K = 1 + \frac{\Delta A}{A_{\text{пуск}}} > 1$;
- б) $K = 1 + \frac{\Delta A}{A_{\text{пуск}}} = 1$;
- в) $K = 1 + \frac{\Delta A}{A_{\text{пуск}}} < 1$.

Тест №8

1. Косвенные критерии статической устойчивости простейшей системы запишутся:

- а) $\frac{dE}{d\delta} < 0$;
- б) $\frac{dE}{dS} > 0$;
- в) $\frac{dE}{dU} = 0$.

Тест №9

1. Демпфирование при малых изменениях скорости приближенно учитывается выражением:

- а) $\Delta P_{ac} = P_{d\omega} \cdot \sin \delta$;
- б) $\Delta P_{ac} = \frac{E \cdot U}{x_d} \cdot \sin \delta$;
- в) $\Delta P_{ac} = P_{d\omega} \cdot s$.

Тест №10

1. Если коэффициент демпфирования $P_{d\omega} < 0$, то:

- а) ЭС работает устойчиво;
- б) режим ЭС критический;
- в) идет самораскачивание ЭС.

Тест №11

1. Переходный процесс при больших возмущениях описывается уравнением:

- а) $T_J \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_0 \cdot \sin \delta$;
- б) $T_J \frac{d \delta}{dt} = P_0 - P_m \cdot \sin \delta$;
- в) $T_J \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_0 - P_m \cdot \sin \delta$.

Тест №12

1. Метод изучения статической устойчивости:

- а) метод больших отклонений;
- б) метод малых отклонений;
- в) метод частных производных.

Тест №13

1. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости:

- а) корни характеристического уравнения комплексные;
- б) отрицательная вещественная часть всех корней характеристического уравнения;
- в) положительная вещественная часть хотя бы одного корня характеристического уравнения.

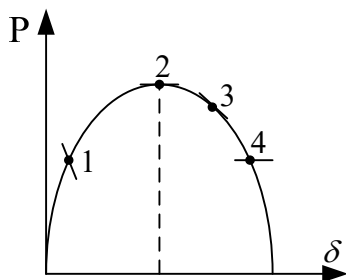
Тест №14

1. Уравнение движения ротора с упрощенным учетом демпферного момента запишется:

- а) $T_J p^2 \delta = P_T - P_{эл} + P_d p \delta$;
- б) $T_J p^2 \delta + P_d p \delta = P_T - P_m$;
- в) $T_J p^2 \delta + P_d p \delta = P_T - P_{эл}$.

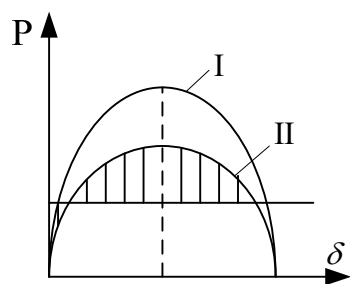
Тест №15

1. Указать точки критического режима ЭС.



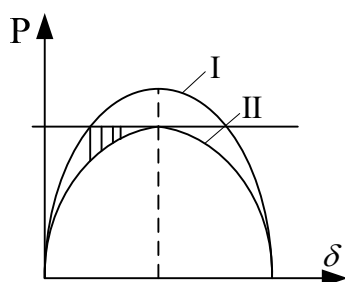
Тест №16

1. Будет ли динамический переход устойчивым?



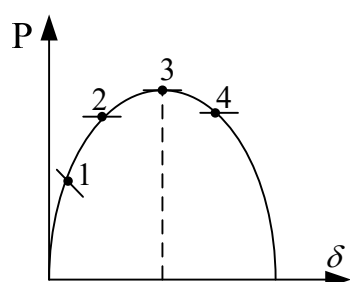
Тест №17

1. Будет ли динамический переход устойчивым?



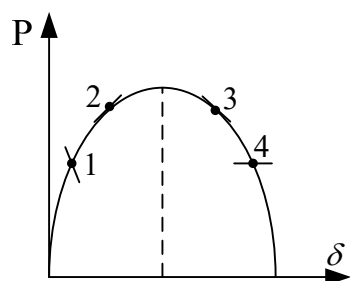
Тест №18

1. Указать точки устойчивой работы ЭС.

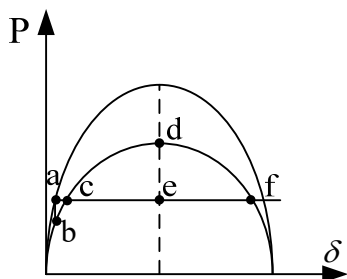


Тест №19

1. Указать точки неустойчивой работы ЭС.



1. Указать площадку возможного торможения.



- а) S_{abca}
 б) S_{cdebc}
 в) S_{cbefdc}

Карта ответов на тесты по теме: «Устойчивость энергетических систем».

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
а	б,в	а	б	б	а,в	а	а	в	а	в	б	б	в	2,3	да	нет	1,2	4	в

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству (зачет) «Тестовые задания контроля студентов по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
хорошо (4)	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
удовлетворительно (3)	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
неудовлетворительно (2)	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Практические задания

1. Рассчитайте сопротивление линии электропередачи длиной 400 м, выполненной проводом СИП 2А 3×35+54,6.
2. Рассчитайте сопротивление трансформатора ТМ-160/10.
3. Рассчитайте сопротивление линии электропередачи длиной 400 м, выполненной проводом АС-70.
4. Рассчитать токи короткого замыкания трехфазные, двухфазные, однофазные во всех указанных точках на рис. 1. Т: ТМ-160-10; L1: СИП2А 3×70+70 длиной 200 м; L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 200 м; L3: СИП2А 3×35+54,6 длиной 300 м.

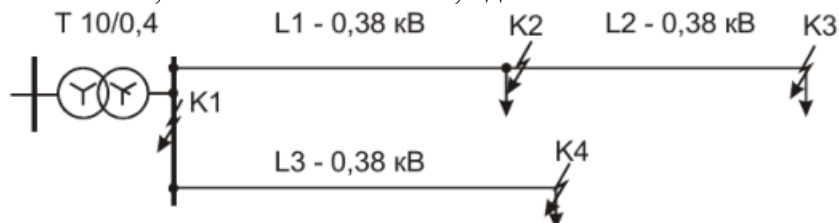


Рис.1. Расчетная схема линии.

6. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного короткого замыкания в точке К4. Расчеты вести на напряжении 0,4 кВ, за расчетную точку принять К1. Т1: 160/35; L1: АС-50 длиной 5 км; Т2: 160/10; L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 700 м, (рис. 2).
7. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного короткого замыкания для точек К1, К2, К3, (рис. 2). Т1: 4000/35; L1: АС-50 длиной 8 км; Т2: 1600/10; L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 1000 м, (рис. 2).
8. Построить векторную диаграмму токов и напряжений при трехфазном коротком замыкании в точках К1, К4, (рис.2).

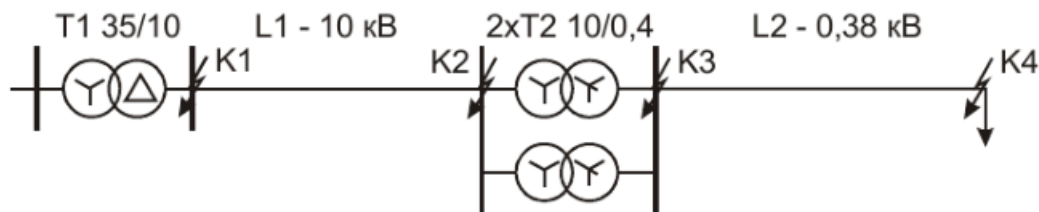


Рис.2. Расчетная схема линии.

9. Определить ударное значение тока короткого замыкания, исходные данные: Т1: 6300/35; L1: АС-50 длиной 7 км; Т2: 2500/10; L2: СИП2А 3×50+54,6, длиной 2000 м, (рис. 2).
10. Построить график переходного процесса для тока трехфазного короткого замыкания в точке К3, исходные данные: Т1: 10000/35; L1: АС-50 длиной 10 км; Т2: 4000/10; L2: СИП2А 3×50+54,6, длиной 2500 м, (рис. 2).
11. Рассчитать токи короткого замыкания трехфазные, двухфазные, однофазные во всех указанных точках рис. 3. Расчеты вести в относительных единицах. Т: ТМ-160-10,5 L1: СИП2А 3×70+70 длиной 400 м; L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 200 м; L3: СИП2А 3×35+54,6 длиной 500 м.

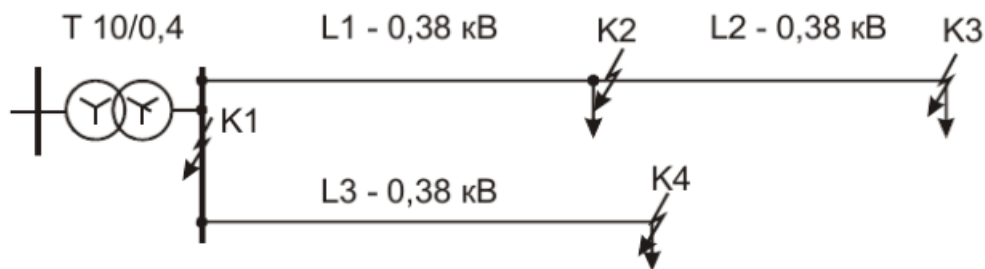


Рис.3. Расчетная схема линии.

12. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного короткого замыкания в точке K4, расчеты вести на напряжении 0,38 кВ за расчетную точку принять K1. T1: 160/35; L1: АС-50 длиной 17,5 км; T2: 160/6. L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 600 м, (рис.3); расчеты вести в относительных единицах.
13. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного и однофазного короткого замыкания в точке K4, расчеты вести на напряжении 0,38 кВ за расчетную точку принять K1. T1: 400/35; L1: АС-50 длиной 20,5 км; T2: 250/10. L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 800 м, (рис.3); расчеты вести в относительных единицах.
14. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного короткого замыкания в точке K4, расчеты вести на напряжении 0,38 кВ за расчетную точку принять K1. T1: 630/35; L1: АС-50 длиной 15 км; T2: 630/10. L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 1000 м, (рис.3); расчеты вести в относительных единицах.
15. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного и однофазного короткого замыкания в точке K4, расчеты вести на напряжении 0,38 кВ за расчетную точку принять K1. T1: 1000/35; L1: АС-50 длиной 13 км; T2: 1000/10. L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 1500 м, (рис.3); расчеты вести в относительных единицах.
16. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного и однофазного короткого замыкания в точке K4, расчеты вести на напряжении 0,38 кВ за расчетную точку принять K1. T1: 1600/35; L1: АС-50 длиной 14 км; T2: 1600/10. L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 1500 м, (рис.3); расчеты вести в относительных единицах.
17. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного короткого замыкания в точке K4, расчеты вести на напряжении 0,38 кВ за расчетную точку принять K1. T1: 2500/35; L1: АС-50 длиной 18 км; T2: 2500/10. L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 2000 м, (рис.3); расчеты вести в относительных единицах.
18. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного короткого замыкания в точке K4, расчеты вести на напряжении 0,38 кВ за расчетную точку принять K1. T1: 2500/35; L1: АС-50 длиной 16 км; T2: 2500/10. L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 2500 м, (рис.3); расчеты вести в относительных единицах.
19. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного короткого замыкания в точке K4, расчеты вести на напряжении 0,38 кВ за расчетную точку принять K1. T1: 4000/35; L1: АС-50 длиной 17 км; T2: 1600/10. L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 3000 м, (рис.3); расчеты вести в относительных единицах.
20. Рассчитать токи трехфазного и двухфазного короткого замыкания в точке K4, расчеты вести на напряжении 0,38 кВ за расчетную точку принять K1. T1: 6300/35; L1: АС-50 длиной 19 км; T2: 1000/10. L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 3500 м, (рис.3); расчеты вести в относительных единицах.
21. Оценить возможность схлестывания проводов в пролете на воздушной линии 0,38 кВ при коротком замыкании, произошедшем на удалении 330 м от ТП. Линия 0,38 кВ выполнена проводом марки А95, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-630/10, включенные на параллельную работу.
22. Оценить возможность схлестывания проводов в пролете на воздушной линии 0,4 кВ при коротком замыкании, произошедшем на удалении

- 400 м от ТП. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А95, расстояние между проводами 500 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-400/6, включенные на параллельную работу.
23. Оценить возможность схлестывания проводов в пролете на воздушной линии 0,4 кВ при коротком замыкании, произошедшем на удалении 500 м от ТП. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А95, расстояние между проводами 600 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-250/10, включенные на параллельную работу.
24. Оценить возможность схлестывания проводов в пролете на воздушной линии 0,4 кВ при коротком замыкании, произошедшем на удалении 700 м от ТП. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А150, расстояние между проводами 700 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-1000/10, включенные на параллельную работу.
25. Оценить возможность схлестывания проводов в пролете на воздушной линии 0,4 кВ при коротком замыкании, произошедшем на удалении 600 м от ТП. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А180, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-160/10, включенные на параллельную работу.
26. Оценить возможность схлестывания проводов в пролете на воздушной линии 0,4 кВ при коротком замыкании, произошедшем на удалении 400 м от ТП. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А150, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-1600/10, включенные на параллельную работу.
27. Оценить возможность схлестывания проводов в пролете на воздушной линии 0,4 кВ при коротком замыкании, произошедшем на удалении 550 м от ТП. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А120, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-2500/6, включенные на параллельную работу.
28. Оценить возможность схлестывания проводов в пролете на воздушной линии 0,4 кВ при коротком замыкании, произошедшем на удалении 1000 м от ТП. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А95, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-4000/35, включенные на параллельную работу.
29. Оценить возможность схлестывания проводов в пролете на воздушной линии 0,4 кВ при коротком замыкании, произошедшем на удалении 1500 м от ТП. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А95, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-6300/27,5, включенные на параллельную работу.
30. Оценить возможность схлестывания проводов в пролете на воздушной линии 0,4 кВ при коротком замыкании, произошедшем на удалении 2000 м от ТП. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А95, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-10000/35, включенные на параллельную работу.
31. Найти точку на линии 0,4 кВ с точностью до 1м, в которой возможно схлестывание проводов при 2-х фазном коротком замыкании. Линия 0,4кВ выполнена проводом марки А-95, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-630/10, включенные на параллельную работу. Точку схлестывания проводов определить графическим способом через функцию от длины линии и при помощи встроенной в пакете Mathcad функции блока GivenFind.
32. Найти точку на линии 0,4 кВ с точностью до 1м, в которой возможно схлестывание проводов при 2-х фазном коротком замыкании. Линия 0,4кВ выполнена проводом марки А-120, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-1000/10, включенные на параллельную работу. Точку схлестывания проводов определить

графическим способом через функцию от длины линии и при помощи встроенной в пакете Mathcad функции блока GivenFind.

33. Найти точку на линии 0,4 кВ с точностью до 1м, в которой возможно схлестывание проводов при 2-х фазном коротком замыкании. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А-70, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-400/10, включенные на параллельную работу. Точку схлестывания проводов определить графическим способом через функцию от длины линии и при помощи встроенной в пакете Mathcad функции блока GivenFind.
34. Найти точку на линии 0,4 кВ с точностью до 1м, в которой возможно схлестывание проводов при 2-х фазном коротком замыкании. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А-70, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-250/35, включенные на параллельную работу. Точку схлестывания проводов определить графическим способом через функцию от длины линии и при помощи встроенной в пакете Mathcad функции блока GivenFind
35. Найти точку на линии 0,4 кВ с точностью до 1м, в которой возможно схлестывание проводов при 2-х фазном коротком замыкании. Линия 0,4 кВ выполнена проводом марки А-70, расстояние между проводами 400 мм. В ТП установлены два трансформатора ТМ-160/27,5, включенные на параллельную работу. Точку схлестывания проводов определить графическим способом через функцию от длины линии и при помощи встроенной в пакете Mathcad функции блока GivenFind
36. Проверить шины подстанции на электродинамическую устойчивость при двухфазном коротком замыкании: а) короткое замыкание произошло на шинах подстанции; б) короткое замыкание произошло на воздушной ЛЭП на расстоянии 200 м от подстанции.

В ТП установлены два трансформатора ТМ-630/10, включенные на параллельную работу. Расположение шин горизонтальное, ширина шины 40 мм, толщина – 10 мм, расстояние между точками крепления 1 м, материал шин – алюминий марки АО, характеристики материала: Временное сопротивление материала 118 МПа, временное сопротивление материала в области сварного соединения 118 МПа. Допустимое напряжение материала (в области сварного соединения) $\sigma_{дон} = 82$ МПа. Модуль упругости $\sigma_{упр} = 7 \cdot 10^{10}$ Па.

37. Проверить шины подстанции на электродинамическую устойчивость при двухфазном коротком замыкании: а) короткое замыкание произошло на шинах подстанции; б) короткое замыкание произошло на воздушной ЛЭП на расстоянии 1000 м от подстанции.

В ТП установлены два трансформатора ТМ-1000/15, включенные на параллельную работу. Расположение шин горизонтальное, ширина шины 40 мм, толщина – 10 мм, расстояние между точками крепления 1 м, материал шин – алюминий марки АО, характеристики материала: Временное сопротивление материала 118 МПа, временное сопротивление материала в области сварного соединения 118 МПа. Допустимое напряжение материала (в области сварного соединения) $\sigma_{дон} = 82$ МПа. Модуль упругости $\sigma_{упр} = 7 \cdot 10^{10}$ Па.

38. Проверить шины подстанции на электродинамическую устойчивость при двухфазном коротком замыкании: а) короткое замыкание произошло на шинах подстанции; б) короткое замыкание произошло на воздушной ЛЭП на расстоянии 600 м от подстанции.

В ТП установлены два трансформатора ТМ-160/20, включенные на параллельную работу. Расположение шин горизонтальное, ширина шины 40 мм, толщина – 10 мм, расстояние между точками крепления 1 м, материал шин – алюминий марки АО, характеристики материала: Временное сопротивление материала 118 МПа, временное сопротивление материала в области сварного соединения 118 МПа. Допустимое напряжение материала (в области сварного соединения) $\sigma_{дон} = 82$ МПа. Модуль упругости $\sigma_{упр} = 7 \cdot 10^{10}$ Па.

39. Проверить шины подстанции на электродинамическую устойчивость при двухфазном коротком замыкании: а) короткое замыкание произошло на шинах подстанции; б) короткое замыкание произошло на воздушной ЛЭП на расстоянии 800 м от подстанции.

В ТП установлены два трансформатора ТМ-250/10, включенные на параллельную работу. Расположение шин горизонтальное, ширина шины 40 мм, толщина – 10 мм, расстояние между точками крепления 1 м, материал шин – алюминий марки АО, характеристики материала: Временное сопротивление материала 118 МПа, временное сопротивление материала в области сварного соединения 118 МПа. Допустимое напряжение материала (в области сварного соединения) $\sigma_{дон} = 82$ МПа. Модуль упругости $\sigma_{упр} = 7 \cdot 10^{10}$ Па.

40. Проверить шины подстанции на электродинамическую устойчивость при двухфазном коротком замыкании: а) короткое замыкание произошло на шинах подстанции; б) короткое замыкание произошло на воздушной ЛЭП на расстоянии 200 м от подстанции.

В ТП установлены два трансформатора ТМ-400/10, включенные на параллельную работу. Расположение шин горизонтальное, ширина шины 40 мм, толщина – 10 мм, расстояние между точками крепления 1 м, материал шин – алюминий марки АО, характеристики материала: Временное сопротивление материала 118 МПа, временное сопротивление материала в области сварного соединения 118 МПа. Допустимое напряжение материала (в области сварного соединения) $\sigma_{дон} = 82$ МПа. Модуль упругости $\sigma_{упр} = 7 \cdot 10^{10}$ Па.

41. Определить время, в течение которого температура проводов ВЛ достигнет 250°C при начальной температуре 35°C и трехфазном коротком замыкании. Исходные данные (рис.4): ТМ-160-10; L1: СИП2А 3×70+70 длиной 200 м; L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 200 м; L3: СИП2А 3×35+54,6 длиной 300 м.

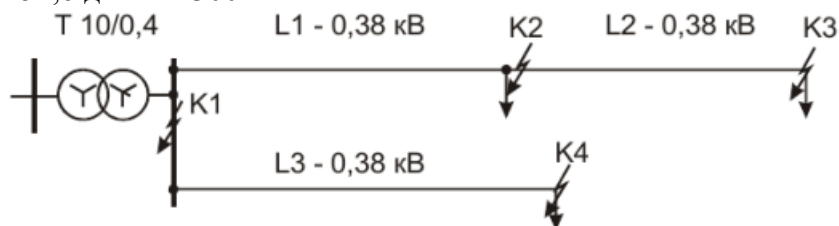


Рис.4. Расчетная схема линии.

42. Определить время, в течение которого температура проводов ВЛ достигнет 250°C при начальной температуре 35°C и трехфазном коротком замыкании. Исходные данные (рис.4): ТМ-100-10; L1: СИП2А 3×70+70 длиной 400 м; L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 400 м; L3: СИП2А 3×35+54,6 длиной 400 м.
43. Определить время, в течение которого температура проводов ВЛ достигнет 250°C при начальной температуре 35°C и трехфазном коротком замыкании. Исходные данные (рис.4): ТМ-250-10; L1: СИП2А 3×70+70 длиной 600 м; L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 600 м; L3: СИП2А 3×35+54,6 длиной 600 м.
44. Определить время, в течение которого температура проводов ВЛ достигнет 250°C при начальной температуре 35°C и трехфазном коротком замыкании. Исходные данные (рис.4): ТМ-400-10; L1: СИП2А 3×70+70 длиной 800 м; L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 800 м; L3: СИП2А 3×35+54,6 длиной 800 м.
45. Определить время, в течение которого температура проводов ВЛ достигнет 250°C при начальной температуре 35°C и трехфазном коротком замыкании. Исходные данные (рис.4): ТМ-630-10; L1: СИП2А 3×70+70 длиной 1000 м; L2: СИП2А 3×50+54,6 длиной 1000 м; L3: СИП2А 3×35+54,6 длиной 1000 м.
46. Определить ток однофазного короткого замыкания на землю воздушной ЛЭП-10 кВ при удаленности от подстанции: 70 м; 1000м; 5000м.

47. Определить ток однофазного короткого замыкания на землю воздушной ЛЭП-10 кВ при удаленности от подстанции: 150 м; 1500м; 7500м.
48. Определить ток однофазного короткого замыкания на землю воздушной ЛЭП-15 кВ при удаленности от подстанции: 170 м; 2000м; 10000м.
49. Определить ток однофазного короткого замыкания на землю воздушной ЛЭП-20 кВ при удаленности от подстанции: 250 м; 5000м; 10000м.
50. Определить ток однофазного короткого замыкания на землю воздушной ЛЭП-27,5 кВ при удаленности от подстанции: 400 м; 5000м; 15000м.
51. Рассчитайте коэффициенты несимметрии тока по обратной и нулевой последовательности, если:
- нагрузка, подключенная к фазе А, равна 10 кВА, коэффициент мощности – 0,6;
 - нагрузка, подключенная к фазе В, равна 13 кВА, коэффициент мощности – 0,8;
 - нагрузка, подключенная к фазе А, равна 10 кВА, коэффициент мощности – 0,75;
52. Рассчитайте коэффициенты несимметрии тока по обратной и нулевой последовательности, если:
- нагрузка, подключенная к фазе А, равна 100 кВА, коэффициент мощности – 0,6;
 - нагрузка, подключенная к фазе В, равна 2 кВА, коэффициент мощности – 0,8;
 - нагрузка, подключенная к фазе А, равна 1 кВА, коэффициент мощности – 0,65;
53. Рассчитайте коэффициенты несимметрии тока по обратной и нулевой последовательности, если:
- нагрузка, подключенная к фазе А, равна 100 кВА, коэффициент мощности – 0,63;
 - нагрузка, подключенная к фазе В, равна 250 кВА, коэффициент мощности – 0,08;
 - нагрузка, подключенная к фазе А, равна 160 кВА, коэффициент мощности – 0,75;
54. Рассчитайте коэффициенты несимметрии тока по обратной и нулевой последовательности, если:
- нагрузка, подключенная к фазе А, равна 400 кВА, коэффициент мощности – 0,75;
 - нагрузка, подключенная к фазе В, равна 630 кВА, коэффициент мощности – 0,58;
 - нагрузка, подключенная к фазе А, равна 75 кВА, коэффициент мощности – 0,95;
55. Рассчитайте коэффициенты несимметрии тока по обратной и нулевой последовательности, если:
- нагрузка, подключенная к фазе А, равна 100 кВА, коэффициент мощности – 0,63;
 - нагрузка, подключенная к фазе В, равна 250 кВА, коэффициент мощности – 0,08;
 - нагрузка, подключенная к фазе А, равна 160 кВА, коэффициент мощности – 0,75;
56. Рассчитайте коэффициенты несимметрии тока по обратной и нулевой последовательности, если:
- нагрузка, подключенная к фазе А, равна 1000 кВА, коэффициент мощности – 0,56;
 - нагрузка, подключенная к фазе В, равна 630 кВА, коэффициент мощности – 0,12;
 - нагрузка, подключенная к фазе А, равна 7,5 кВА, коэффициент мощности – 0,9;
57. Определить ток однофазного короткого замыкания на землю воздушной линии 10 кВ при удаленности от подстанции на: 70м; 1000м; 5000м.
58. Определить ток однофазного короткого замыкания на землю воздушной линии 15 кВ при удаленности от подстанции на: 150м; 1500м; 7500м.
59. Определить ток однофазного короткого замыкания на землю воздушной линии 27,5 кВ при удаленности от подстанции на: 400м; 2600м; 8000м.
60. Определить ток однофазного короткого замыкания на землю воздушной линии 35 кВ при удаленности от подстанции на: 550м; 3000м; 1100м.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)