



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИЭЭ
протокол №7 от 24.03.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института электроэнергетики и
электроники

Р.В. Ахметова

«30» мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.02.07.04 Электромагнитные переходные процессы в системах
электропитания

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность(и) *
(профиль(и))

Электропитание

Квалификация

Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Электроснабжение промышленных предприятий	Ст. преподаватель	Галеева Р.У.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Электроснабжение промышленных предприятий	17.05.2023	28	Зав. кафедрой ЭПП, профессор, д.т.н. Ившин И.В.
Согласована	Электроснабжение промышленных предприятий	17.05.2023	28	Зав. кафедрой ЭПП, профессор, д.т.н. Ившин И.В.
Согласована	Учебно-методический совет института	30.05.2023	9	Председатель УМС, К.т.н., доцент Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет института	30.05.2023	9	Председатель УМС, К.т.н., доцент Ахметова Р.В.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения» является развитие личностных качеств обучающихся, обеспечение фундаментальных знаний, умений и навыков, которые выпускник способен продемонстрировать в условиях профессиональной деятельности после освоения ОП, формирование универсальных и профессиональных компетенций на основе гармоничного сочетания фундаментальной и профессиональной подготовки с использованием лучшего отечественного и мирового опыта в области электроэнергетики, особенностей научной школы института КГЭУ/ кафедры ЭПП и потребностей рынка труда региона.

Задачами дисциплины являются:

воспитать профессиональную готовность к работе в коллективе и добросовестному выполнению работ, определяемых квалификацией; формировать способности в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики к переоценке накопленного опыта, приобретению новых знаний с использованием современных информационных образовательных технологий.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-2. Способен участвовать в разработке концепции систем электроснабжения предприятий	ПК-2.2. Обосновывает конструктивные и объемно-планировочные решения разделов проекта систем электроснабжения

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Теоретические основы электротехники (ОЧ); Электроснабжение (СМ1); Электрические машины (СМ1); Электроэнергетические системы и сети (СМ2).

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Системы электроснабжения промышленных объектов (СМ3); Устойчивость в системах электроснабжения (СМ3); Производственная практика (преддипломная).

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			7		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	41	41		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,9	34	34		
Лекции	0,5	18	18		
Практические (семинарские) занятия	0,2	8	8		
Лабораторные работы	0,2	8	8		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2	74	74		

Проработка учебного материала	0,2	7	7		
Курсовой проект		0	0		
Курсовая работа		0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации		0	0		
Промежуточная аттестация:				3	
				-	

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			4		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА	-	23	23		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,4	14	14		
Лекции	0,2	6	6		
Практические (семинарские) занятия	0,1	4	4		
Лабораторные работы	0,1	4	4		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,5	90	90		
Проработка учебного материала	0,3	9	9		
Курсовой проект		0	0		
Курсовая работа		0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации		0	0		
Промежуточная аттестация:			3		
			-		

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	22	4		2	16	ТК1	ПК-2.2
Раздел 2	45	8	8	4	25	ТК2	ПК-2.2
Раздел 3	22	4		2	16	ТК3	ПК-2.2
Раздел 4	19	2			17	ТК4	ПК-2.2
Зачет	0				0	ОМ 1	ПК-2.2
Итого за 7 семестр	108	18	8	8	74		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Нормативно-техническая документация. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах. Схемы замещения основных элементов СЭС.

Тема 1.1. Нормативно-техническая документация (НТД). Общие сведения и указания об электромагнитных переходных процессах. Системы относительных и именованных единиц.

1.2. Схемы замещения. Переходной процесс при сохранении симметрии

Раздел 2. Уравнения электромагнитного переходного процесса. Расчет тока трехфазного короткого замыкания. Выбор электрических аппаратов и проводников по режиму короткого замыкания.

Тема 2.1. Расчет составляющих тока короткого замыкания для проверки аппаратов и проводников по техническим характеристикам согласно НТД.

Тема 2.2. Уравнения электромагнитного переходного процесса. Установившийся режим короткого замыкания. Действие АРВ

Тема 2.3. Практические методы расчета переходного процесса. Выбор электрических аппаратов по режиму короткого замыкания. Метод типовых кривых

Раздел 3. Электромагнитный переходной процесс при нарушении симметрии трех- фазной цепи

Тема 3.1. Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи

Тема 3.2. Методы расчета однократной поперечной и продольной несимметрии

Раздел 4. Особенности расчета токов коротких замыканий в сетях напряжением до 1000 В. Замыкания в сетях с изолированной нейтралью (простое замыкание на землю). Мероприятия, предотвращающие аварийные переходные процессы.

Тема 4.1. Особенности расчета токов короткого замыкания в сетях до 1 кВ. Простое замыкание на землю

Тема 4.2. Мероприятия по координации токов коротких замыканий.

3.4. Тематический план практических занятий

1. Составление схем замещения элементов электрической сети системы электроснабжения. Система относительных единиц.

2. Преобразование схем. Практический расчет начального сверхпереходного тока, ударного тока, периодического тока КЗ.

3. Особенности расчета тока короткого замыкания в сетях до 1000 В.

4. Метод симметричных составляющих. Составление схем замещения для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей. Расчет тока двухфазного короткого замыкания

3.5. Тематический план лабораторных работ

1. Исследование влияющих факторов при расчете периодического тока короткого замыкания генераторов и двигателей в произвольный момент времени t
2. Переходной процесс при трехфазном коротком замыкании в системе электроснабжения

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-2	ПК-2.2	знать: нормативно-техническую документацию (НТД), ГОСТы, регламентирующие расчет токов КЗ и выбор оборудования по режиму короткого замыкания для отдельных разделов проекта				
		Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, ориентируется в НТД, регламентирующих выбор оборудования без ошибок	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место несколько негрубых ошибок в содержании НТД,	Минимальный допустимый уровень знаний, плохо ориентируется в НТД, регламентирующих выбор оборудования по режиму КЗ	Уровень знаний ниже минимальных требований, не знает НТД, регламентирующие выбор оборудования по режиму КЗ	
		уметь: производить расчеты токов КЗ для отдельных разделов проектирования СЭС				

			Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи, выполнены все задания в полном объеме при расчетах токов КЗ	Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме при расчетах токов КЗ	Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания но не в полном объеме при расчетах токов КЗ	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения при расчетах токов КЗ
	владеть: навыками использования НТД и производства расчетов токов КЗ для отдельных разделов проекта системы электроснабжения					
			Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок при выборе оборудования на различных стадиях проектирования СЭС	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами при выборе оборудования при проектировании СЭС	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач при выборе оборудования при проектировании СЭС	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки при выборе оборудования СЭС
	знать: алгоритм написания и модификации документов для обоснования конструктивных решений при проектировании системы электроснабжения					
	ПК-2.2		Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок представляет конструкцию	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место	Минимальный допустимый уровень знаний, слабо представляет алгоритм при принятии	Минимальный допустимый уровень знаний, плохо представляет алгоритм при принятии конструкт

			тивное решение при проектировании СЭС	несколько негрубых ошибок при принятии конструктивного решения	конструктивного решения для проектирования СЭС	ивного решения для проектирования СЭС
уметь: использовать информационно- телекоммуникационную сеть "Интернет" и принимать конструктивные решения при проектировании системы электроснабжения						
			Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи, выполнены все задания в полном объеме при использовании ИТКС "Интернет", аварийных режимов СЭС	Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибкам, выполнены все задания в полном объеме с некоторыми недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибкам, выполнены все задания но в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения для анализа аварийных режимов и ИТКС "Интернет"
владеть: навыками принятия конструктивных решений для обоснования отдельных разделов проекта системы электроснабжения						
			Продемонстрированы навыки при принятии нестандартных задач без ошибок при принятии решений по разделам проекта	Продемонстрированы базовые навыки при принятии стандартных задач с некоторыми недочетами при принятии решений по разделам проекта	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач для обоснования проекта СЭС	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки при обосновании проекта СЭС

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Крючков И. П., Старшинов В. А., Гусев Ю. П., Долин А. П., Пираторов М. В., Монаков В. К., Крючков И. П., Старшинов В.А. Короткие замыкания и выбор электрооборудования. Учебн. пос. М.: Издательский дом МЭИ. 2017.

5.1.2.Дополнительная литература

1. Правила устройства электроустановок. Утверждено Министерством энергетики Российской Федерации, приказ от 8 июля 2002 г. № 204. – Издание 8 – Москва. : Электротехническая библиотека Elec.ru. <https://www.elec.ru/library/direction/pue.html>.

2. Абдурахманов, А. М. Анализ зарубежной нормативно-технической документации и практических рекомендаций по расчету и координации токов короткого замыкания в электрических сетях / А. М. Абдурахманов. – Москва. : Russian Internet Journal of Electrical Engineering, 2016. – Vol. 3, no. 2. 3 – 23 с

3. ГОСТ Р 52735-2007. Национальный стандарт Российской Федерации. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – Москва. : Стандартинформ. 2007. – 52 с.

4. ГОСТ Р МЭК 60949-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Расчет термически допустимых токов коротки замыкания с учетом неадиабатического нагрева. – Москва. : Стандартинформ. 2009. – 15 с.

5. ГОСТ Р 52736-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания. – Москва.: Стандартинформ. 2007. – 52 с.

6. Практические методы расчета токов короткого замыкания в сетях свыше 1 кВ: учебное пособие / составитель Р. У. Галеева. – Казань : КГЭУ, 2022. – 151 с.

7. Исследование влияющих факторов при расчете периодического тока короткого замыкания генераторов и двигателей в произвольный момент времени t : Метод. указания к выполнению лабораторной работы / Сост.: Р.У. Галеева. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. – 16 с.

8. Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании и системе электроснабжения: Метод. указания к выполнению лабораторной работы / Сост.: Р.У. Галеева. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. – 16 с.

9. URL : <http://www.RastrWin.ru>. 31.10. 2016 г. Программный комплекс RastrWin3

10. Галеева, Р. У. Расчет тока короткого замыкания в произвольный момент времени для узла нагрузки. / Р. У. Галеева, С. В. Куксов. ПрЭВМ. Программа ТК УВН. Свидетельство о регистрации № 2014611339. – Москва : 30.01.2014 г. – 54 с.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

- 5.2.1. 1. Электронно-библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- 5.2.1. 2. *Энциклопедии, словари, справочники* <http://www.rubicon.com>
- 5.2.1. 3. *Портал "Открытое образование"* <http://npoed.ru>
- 5.2.1. 4. Электронно-библиотечная система «ibooks.ru» <https://ibooks.ru/>
- 5.2.1. 5. Электронно-библиотечная система «book.ru»

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

- 5.2.2. 1. Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>
- 5.2.2. 2. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
- 5.2.2. 3. Справочно-правовая система по законодательству РФ <http://garant.ru>
- 5.2.2. 4. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации <https://minenergo.gov.ru/opensource>
- 5.2.2. 5. Российская национальная библиотека <http://nlr.ru/>
- 5.2.2. 6. Мировая цифровая библиотека В <http://wdl.org>
- 5.2.2. 7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>
- 5.2.2. 8. Russian Science Citation Index (RSCI) clarivate.ru

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

- 5.2.3. 1. Windows 7 Профессиональная (Starter) Пользовательская операционная система. ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
- 5.2.3. 2. Браузер Chrome Система поиска информации в сети интернет Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
- 5.2.3. 3. OpenOffice. Пакет офисных приложений. Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно.
- 5.2.3. 4. Adobe Acrobat. Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF. Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
- 5.2.3. 5. Adobe Flash Player. Подключаемый модуль для браузера и среды выполнения веб –приложений. Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
- 5.2.3. 6. LMS Moodle. ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента. Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для	Специализированная учебная мебель,

	проведения занятий лекционного типа	технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория В-307 для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лабораторный стенд НТЦ-10 «Электроснабжение промышленных предприятий» (6 комп.), учебное оборудование шкаф электротехнический (5 комп.), настенные учебные стенды по кабельной продукции (4 шт.), высоковольтный автоматический выключатель, макет муфты высоковольтной, экран, информационный стенд, камера IP в комплекте, учебные плакаты (4 шт) и др.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория В-301	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: специализированная учебная мебель, технические средства обучения доска аудиторная, моноблок (15 шт.), мультимедийный проектор.
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного

корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок

личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины
Б1.В.ДЭ.02.07.04 Электромагнитные переходные процессы в системах
электропитания на 2024 /2025 учебный год.

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит
1	2	3	4	5	6
<p>В соответствии с Приказом Минэнерго Российской Федерации от 6 декабря 2022 г. N 1286 «Об утверждении методических указаний по проектированию развития энергосистем»(действует с 01.07.2023); Приказом Минэнерго РФ от 08.12.2022 г. № 1070 “Об утверждении Правил техни-ческой эксплуатации элект-рических станций и сетей РФ»; Приказом Минэнерго РФ от 23.06.2023г. «Об утверждении Правил взаимодействия субъектов электр-оэнергетики и потребителей электрической энергии по вопросам координации уровней токов короткого замыкания» для выполнения требований Минэнерго к обеспечению надежности, безопасности объектов электроэнергетики и координации уровней токов короткого замыкания</p>					
в рабочую программу вносятся следующие изменения:					
1	№ 2 РПД	20.03 .2024	<p>Изменена тема 2.1. Расчет начального периодического и полного тока короткого замыкания. Учет электродвигателей ЭД. Выбор электрических аппаратов на тему 2.1. Расчет составляющих тока короткого замыкания для проверки аппаратов и проводников по техническим характеристикам согласно НТД. Стр. 5. Раздел 3.3. п.2.2.1</p>	<p>_____</p> <p>Сафин А .Р.</p>	<p>_____</p> <p>Ахметова Р.В.</p>
2	№ 3 РПД	20.03 .2024	<p>П.3.4.Изменена тема и содержание практического занятия вместо «Проверка электрических аппаратов и проводников по отключающей способности, термической и электродинамической</p>		

			стойкости. Условия выбора» на тему «Особенности расчета тока короткого замыкания в сетях до 1000 В» Стр.5.п.3.4.3		
3	5.1 РПД	20.03 .2024	Добавлены новые Приказы Минэнерго: Приказ Мин- энерго РФ от 06.12. 2022 г. N 1286 «Об утверждении методических указаний по проектированию развития энергосис-тем» (действует с 01.07.2023); Приказ Мин- энерго РФ от 08.10.2022 г. № 1070 «Об утверждении Правил технической экс- плуатации электрических станций и сетей РФ»; При- каз Минэнерго РФ от 23.06.2023г. «Об утверж- дении Правил взаимодей- ствия субъектов электр- оэнергетики и потребителей электрической энергии по вопросам координации уровней токов короткого замыкания»		
4	№ 4 ОМ	20.03 .2024	Изменены требования к выполнению задач 2 в задании 10 промежуточной аттес-тации на Правила коор-динации уровней токов короткого замыкания. Стр.28. 29. № 4. ТК1		



КГЭУ

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность(и) * Электроснабжение
(профиль(и))

Квалификация Бакалавр

Оценочные материалы по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения» предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

1. Технологическая карта Семестр 7

Наименование раздела	Формы	Рейтинговые показатели									
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	IV текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
Раздел 1. «Нормативно-техническая документация. Общие сведения об электромагнитных переходных процесса. Схемы замещения основных элементов СЭС.»	ТК 1	15	0-5							15 - 20	15 - 20
Тест или письменный опрос		6									
Защита практической работы		4									
Отчет по самостоятельной работе		5									
Раздел 2. « Уравнения электромагнитного переходного процесса. Расчет тока трехфазного короткого замыкания. Выбор электрических аппаратов »	ТК 2			15	0-5					15 - 20	15 - 20
Тест или письменный опрос				6							
Защита лабораторной работы				8							
Отчет по самостоятельной работе				1							
Раздел 3. « Электромагнитный переходной процесс при нарушении симметрии трехфазной цепи»	ТК 3					15	0-5			15 - 20	15 - 20
Тест или письменный опрос						6					
Защита практической работы						4					
Отчет по самостоятельной работе						5					
Раздел 4. «Особенности расчета токов коротких замыканий в сетях	ТК 4							15		15 - 20	15 - 20

напряжением до 1000 В. Замыкания в сетях с изолированной нейтралью (простое замыкание на землю). Мероприятия, предотвращающие аварийные переходные процессы»									0-5		
Тест или письменный опрос								6			
Защита практической работы								4			
Отчет по самостоятельной работе								5			
Промежуточная аттестация (зачет)	О										0-40
Задание промежуточной аттестации											0-20
В письменной форме по билетам											0-40

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-2	ПК-2.2	<p>знать: нормативно-техническую документацию (НТД), ГОСТы, регламентирующие расчет токов КЗ и выбор оборудования по режиму короткого замыкания для отдельных разделов проекта</p> <table border="1"> <tr> <td>Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, ориентируется в НТД, регламентирующие выбор</td> <td>Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место несколько негрубых ошибок в содержан</td> <td>Минимальный допустимый уровень знаний, плохо ориентируется в НТД, регламентирующие выбор оборудо</td> <td>Уровень знаний ниже минимальных требований, не знает НТД, регламентирующие выбор оборудо</td> </tr> </table>	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, ориентируется в НТД, регламентирующие выбор	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место несколько негрубых ошибок в содержан	Минимальный допустимый уровень знаний, плохо ориентируется в НТД, регламентирующие выбор оборудо	Уровень знаний ниже минимальных требований, не знает НТД, регламентирующие выбор оборудо
Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, ориентируется в НТД, регламентирующие выбор	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем программе подготовки, имеет место несколько негрубых ошибок в содержан	Минимальный допустимый уровень знаний, плохо ориентируется в НТД, регламентирующие выбор оборудо	Уровень знаний ниже минимальных требований, не знает НТД, регламентирующие выбор оборудо			

		оборудования без ошибок	ии НТД	КЗ	жиму КЗ
		уметь: производить расчеты токов КЗ для отдельных разделов проекта СЭС			
		Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи, выполнены все задания в полном объеме при расчетах токов КЗ	Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме при расчетах токов КЗ	Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания но не в полном объеме при расчетах токов КЗ	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения при расчетах токов КЗ
		владеть: навыками использования НТД и производства расчетов токов КЗ для отдельных разделов проекта системы электроснабжения			
		Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок при выборе оборудования на различных стадиях проектирования СЭС	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами при оборудовании при проектировании СЭС	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач при выборе оборудования при проектировании СЭС	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки при выборе оборудования СЭС
		знать: алгоритм написания и модификации документов для обоснования конструктивных решений при проектировании системы электроснабжения			
	ПК-2.2	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем	Уровень знаний в полном объеме, соответствующем	Минимальный допустимый уровень знаний,	Минимальный допустимый уровень знаний,

			программе подготовки, без ошибок представляет конструктивное решение при проектировании СЭС	программе подготовки, имеет место несколько негрубых ошибок при принятии конструктивного решения	слабо представляет алгоритм при принятии конструктивного решения для проектирования СЭС	плохо представляет алгоритм при принятии конструктивного решения для проектирования СЭС
уметь: использовать информационно-телекоммуникационную сеть "Интернет" и принимать конструктивные решения при проектировании системы электроснабжения						
			Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи, выполнены все задания в полном объеме при использовании ИТКС "Интернет", аварийных режимов СЭС	Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибкам, выполнены все задания в полном объеме с некоторыми недочетами	Продемонстрированы все основные умения, решены все задачи с негрубыми ошибкам, выполнены все задания но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения для анализа аварийных режимов и ИТКС "Интернет"
владеть: навыками принятия конструктивных решений для обоснования отдельных разделов проекта системы электроснабжения						
			Продемонстрированы навыки при принятии нестандартных задач без ошибок	Продемонстрированы базовые навыки при принятии стандартных задач с некоторыми	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач для	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые

			при принятии решений по разделам проекта	ми недо-четами при принятии решений по разделам проекта	обоснования проекта СЭС	навыки, имеют место грубые ошибки при обоснования проекта СЭС
--	--	--	--	---	-------------------------	---

Оценка **«отлично»** выставляется за *выполнение лабораторных работ, расчетных и тестовых заданий, глубокое понимание методов расчета токов КЗ, выбора оборудования СЭС, анализа переходного процесса и принятия конструктивного решения при проектировании СЭС, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое задание) в семестре;*

Оценка **«хорошо»** выставляется за *выполнение лабораторных работ, расчетных и тестовых заданий; понимание методов расчета токов КЗ, выбора оборудования СЭС, анализа переходного процесса и принятия конструктивного решения при проектировании СЭС, ответы на вопросы билета (теоретическое) в семестре;*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за *выполнение лабораторных работ, расчетных и тестовых заданий в семестре;*

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за *слабое и неполное выполнение лабораторных работ, расчетных и тестовых заданий в семестре.*

3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Доклад (Дкл), сообщение (Сбщ)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
Контрольная работа (КнтР)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам

Конспектирование учебного материала	Краткое текстовое представление переработанной информации	Перечень разделов
Опрос по разделам (темам)	Знание основных понятий темы/раздела/дисциплины	Перечень определений основных понятий темы/дисциплины
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по разделам дисциплины
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Пример задания

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ПК-2. Способен участвовать в разработке концепции систем электроснабжения предприятий, ПК-2.2. Обосновывает конструктивные и объемно-планировочные решения разделов проекта систем электроснабжения

Тест

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Какой из перечисленных нормативных документов определяет общие требования к выбору и проверке электрических аппаратов и проводников по режиму КЗ?	Строительные нормы и правила СНиП. Электротехнические устройства
	Правила устройств электроустановок (ПУЭ)
	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП)
	Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ (ПТЭЭС).
Как выразить ЭДС генератора, синхронного двигателя $E_{*(\delta)}$ для расчета	$E_{*(\delta)} = E / U_{\delta}$
	$E_{*(\delta)} = E / E_{\delta}$

тока КЗ в системе относительных единиц при выбранных базисных условиях?	$E_{*(\phi)} = E_{\phi} / E$
	$E_{*(\phi)} = E / U_{ном}$
Схема замещения автотрансформатора представляет собой	трехлучевую звезду с сопротивлениями обмоток высшего, среднего и низшего напряжений Z_B, Z_C, Z_H
	эквивалентное сопротивление $Z_{АТЭ}$
	сопротивление Z_T

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-2. Способен участвовать в разработке концепции систем электроснабжения предприятий, ПК-2.2. Обосновывает конструктивные и объемно-планировочные решения разделов проекта систем электроснабжения

Тест

Вопрос	Варианты ответа
Какие критерии применяются для выбора аппаратов защиты по режиму короткого замыкания?	$i_{дин} \geq i_{уд}$;
	$B_{тер} \leq I_{тер}^2 t_{тер}$;
	$I_{по} \leq I_{отк.ном}$;
	Все перечисленные ответы
Какой вид короткого замыкания является расчетным при выборе и проверке проводников на термическую стойкость?	Трехфазное короткое замыкание
	Двухфазное короткое замыкание
	Двухфазное короткое замыкание на землю
	Однофазное короткое замыкание
По какому току выбираются и проверяются аппараты защиты на термическую стойкость?	Термическому току короткого замыкания, соответствующего времени 1 сек. или 3 сек.
	Номинальному току
	Начальному периодическому току короткого замыкания
	Току замыкания на землю

Для текущего контроля ТК3:

Проверяемая компетенция: ПК-2. Способен участвовать в разработке концепции систем электроснабжения предприятий, ПК-2.2. Обосновывает конструктивные и объемно-планировочные решения разделов проекта систем электроснабжения

Тест

Вопрос	Варианты ответа
Какие схемы замещения составляются для исследования несимметричных режимов оборудования?	Схема замещения прямой последовательности
	Схема замещения обратной последовательности
	Схема замещения нулевой последовательности
	Все перечисленные ответы
Ток прямой последовательности при двухфазном коротком	$I_{kA1}^{(1,1)} = \frac{E_{A\Sigma}}{j(X_{1\Sigma} + \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}})}$

замыкания на землю определяется по выражению	$I_{kA1}^{(1,1)} = \frac{E_{A\Sigma}}{j(X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma})}$
	$I_{kA1}^{(1,1)} = \frac{E_{A\Sigma}}{j(X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma})}$
Уравнение второго закона Кирхгофа для прямой последовательности:	$U_{kA1} = E_{A1} - Z_{A1\Sigma} I_{kA1}$
	$U_{kA1} = 0 - Z_{A1\Sigma} I_{kA1}$
	$U_{k1} = 0 + Z_{1\Sigma} I_{k1}$
	$U_{kA1} = 0 + Z_{1A\Sigma} I_{kA2}$

Для текущего контроля ТК4:

Проверяемая компетенция: ПК-2. Способен участвовать в разработке концепции систем электроснабжения предприятий, ПК-2.2. Обосновывает конструктивные и объемно-планировочные решения разделов проекта систем электроснабжения

Тест

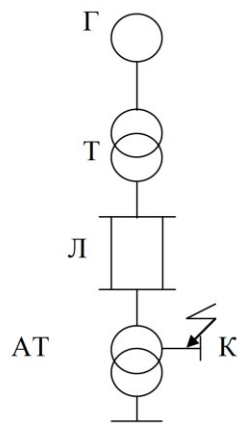
<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
Что необходимо учитывать при расчете токов короткого замыкания для выбора оборудования в сетях до 1 кВ?	Активное и индуктивное сопротивления элементов сети
	Активное сопротивление контактов и контактных соединений элементов сети
	Сопротивление первичных обмоток многовитковых трансформаторов тока, сопротивление дуги
	Все перечисленные ответы
Простое замыкание на землю – это ..	замыкание на землю одной из фаз в системе с изолированной нейтралью
	замыкание на землю одной из фаз в системе с глухозаземленной нейтралью
	замыкание на землю одной из фаз в системе с компенсированной нейтралью
	замыкание на землю двух фаз в системе с глухозаземленной нейтралью
При определении действующего значения периодической составляющей тока трехфазного КЗ в электроустановках до 1000 В напряжение источника принимается равным	$U_{ср.ном}$ - средним номинальным
	E_c - ЭДС источника бесконечной мощности
	$0,9U_{ср.ном}$
	$0,85U_{ср.ном}$

Вопросы к комплексному заданию ТК1

1. Что является следствием воздействия тока КЗ?

2. Что является причиной возникновения тока КЗ
3. Какие допущения принимаются при расчете тока КЗ?
4. Что подразумевают под действующим значением тока короткого замыкания?
5. Как определяется начальное действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания?
6. Как выбрать базисные условия?
7. Какие приемы используются при преобразовании схем замещения?
8. Как определяются параметры схемы замещения в системе относительных единиц?
9. Как определяются параметры схемы замещения в системе именованных единиц?
10. Какой метод используется при составлении схемы электрической сети с трансформаторными связями в системе именованных единиц при точном и приближенном приведении?

Типовые задачи:



Задача № 1

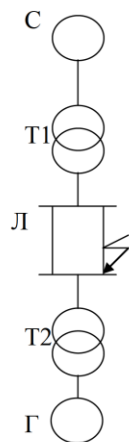
Генератор Г: $S_N = 176$ мВА, $U_N = 15,75$ кВ, $X'd = 0,15$, $\cos\varphi = 0,85$, $K_3 = 0,9$.

Трансформатор Т: $S_N = 180$ мВА, $U_{вн} = 242$ кВ, $U_{нн} = 242$ кВ, $U_k = 12\%$,

Линия Л: $l = 100$ км, $X_0 = 0,4$ Ом/км,

Автотрансформатор АТ: $S_N = 180$ мВА, $U_{вн} = 220$ кВ, $U_{нн} = 11$ кВ, $U_{сн} = 38,5$ кВ, $U_{квс} = 12\%$, $U_{квн} = 20\%$, $U_{ксн} = 8\%$,

Требуется: определить при точном приведении относительные ЭДС и реактивности элементов схемы замещения.



Задача № 2

Генератор Г: $S_N = 75$ мВА, $U_N = 6,3$ кВ, $X'd = 0,19$, $\cos\varphi = 0,85$, $K_3 = 0,86$.

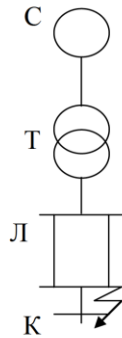
Трансформатор Т1: $S_N = 80$ мВА, $U_{вн} = 110$ кВ, $U_{нн} = 38,5$ кВ, $U_k = 10\%$,

Трансформатор Т2: $S_N = 80$ мВА, $U_{вн} = 36,8$ кВ, $U_{нн} = 6,6$ кВ, $U_k = 7,5\%$,

Линия Л: $l = 15$ км, $X_0 = 0,4$ Ом/км,

Система С: $U_c = 109$ кВ = пост.

Требуется: определить при приближенном приведении относительные ЭДС и реактивности элементов схемы замещения.



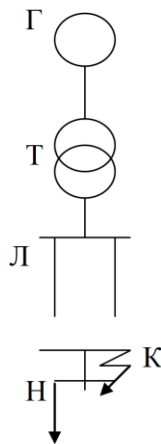
Задача № 3

Трансформатор Т: $S_n = 40$ мВА, $U_{вн} = 220$ кВ, $U_{нн} = 35$ кВ, $U_k = 10\%$

Линия Л: $l = 100$ км, $X_0 = 0,4$ Ом/км, $R_0 = 0,33$ Ом/км.

Система С: $U_c = 220$ кВ = пост.

Определить при приближенном приведении относительные ЭДС и реактивности элементов схемы замещения.



Задача № 4

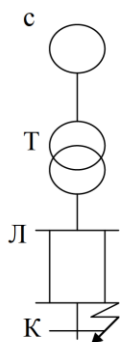
Трансформатор Т: $S_n = 120$ мВА, $U_{вн} = 110$ кВ, $U_{нн} = 10,5$ кВ, $U_k = 11\%$, $\Delta P_k = 80$ кВт

Линия Л: $l = 50$ км, $X_{01} = 0,4$ Ом/км, $R_0 = 0,33$ Ом/км, $X_0 = 3 X_{01}$.

Генератор Г: $S_n = 117$ мВА, $U_n = 10,5$ кВ, $X'd = 0,2$, $\cos\varphi = 0,85$, $K_3 = 0,86$, $X_2 = 0,25$.

Нагрузка Н $S_n = 40$ мВА.

Требуется: определить при приближенном приведении относительные ЭДС и реактивности элементов схемы замещения



Задача № 5

Трансформатор Т: $S_n = 37,5$ мВА, $U_{вн} = 38,5$ кВ, $U_{нн} = 10$ кВ, $U_k = 10\%$, $\Delta P_k = 188,5$ кВт

Линия Л: $l = 20$ км, $X_0 = 0,4$ Ом/км, $R_0 = 0,35$ Ом/км.

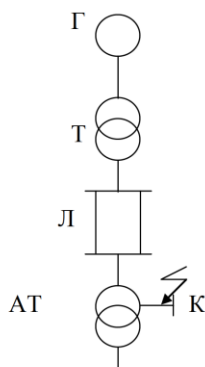
Система С: $U_c = 37$ кВ = пост.

Требуется: определить при приближенном приведении ЭДС и реактивности элементов схемы замещения в системе именованных единиц

Вопросы к комплексному заданию **ТК2**

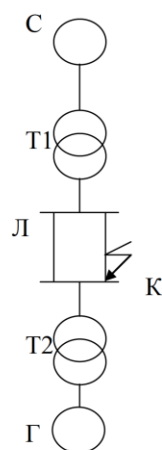
1. При каком допущении можно использовать метод типовых кривых?
2. Как определить периодическую составляющую тока КЗ в произвольный момент времени t ?
3. Как коэффициент загрузки АД влияет на ток подпитки от АД при КЗ на его шинах?
4. Какие аппараты проверяются по режиму короткого замыкания в сетях выше 1 кВ?
5. Какие аппараты проверяются по режиму короткого замыкания в сетях до 1 кВ?
6. При каких условиях обеспечена электродинамическая стойкость электрического аппарата?
7. При каких условиях обеспечена термическая стойкость электрического аппарата?
8. При каких условиях обеспечена коммутационная способность электрического

- аппарата?
9. Из каких условий следует исходить при выборе расчетной схемы для определения токов коротких замыканий?
 10. Что представляют собой расчетные условия для определения термической стойкости электрических аппаратов?



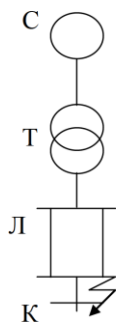
Задача № 1

Генератор Г: $S_N = 176 \text{ мВА}$, $U_N = 15,75 \text{ кВ}$, $X'd = 0,15$, $\cos\varphi = 0,85$, $K_3 = 0,9$.
 Трансформатор Т: $S_N = 180 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 242 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 242 \text{ кВ}$, $U_K = 12 \%$,
 Линия Л: $l = 100 \text{ км}$, $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$,
 Автотрансформатор АТ: $S_N = 180 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 220 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 11 \text{ кВ}$, $U_{сн} = 38,5 \text{ кВ}$, $U_{квс} = 12 \%$, $U_{квн} = 20 \%$, $U_{ксн} = 8 \%$,
 Требуется: выбрать выключатель на линии напряжением 220 кВ по режиму короткого замыкания.



Задача № 2

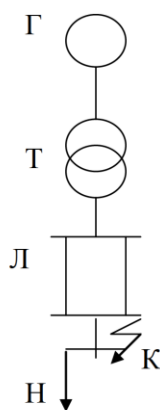
Генератор Г: $S_N = 75 \text{ мВА}$, $U_N = 6,3 \text{ кВ}$, $X'd = 0,19$, $\cos\varphi = 0,85$, $K_3 = 0,86$.
 Трансформатор Т1: $S_N = 80 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 110 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 38,5 \text{ кВ}$, $U_K = 10 \%$,
 Трансформатор Т2: $S_N = 80 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 36,8 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 6,6 \text{ кВ}$, $U_K = 7,5 \%$,
 Линия Л: $l = 15 \text{ км}$, $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$,
 Система С: $U_C = 109 \text{ кВ} = \text{пост}$.
 Требуется: определить величину начального тока при трехфазном КЗ в конце линии в системе относительных единиц и выбрать выключатель со стороны генератора



Задача № 3

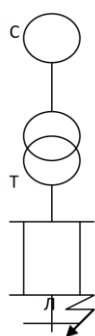
Трансформатор Т: $S_N = 40 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 220 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 35 \text{ кВ}$, $U_K = 10 \%$
 Линия Л: $l = 100 \text{ км}$, $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$, $R_0 = 0,33 \text{ Ом/км}$.
 Система С: $U_C = 220 \text{ кВ} = \text{пост}$.
 Определить величину начального тока при трехфазном КЗ в конце линии в системе относительных единиц и выбрать выключатель напряжением 35 кВ.

Задача № 4



Трансформатор Т: $S_N = 120$ мВА, $U_{ВН} = 110$ кВ, $U_{НН} = 10,5$ кВ, $U_K = 11\%$, $\Delta P_K = 80$ кВт
 Линия Л: $l = 50$ км, $X_{01} = 0,4$ Ом/км, $R_0 = 0,33$ Ом/км, $X_0 = 3 X_{01}$.
 Генератор Г: $S_N = 117$ мВА, $U_N = 10,5$ кВ, $X'd = 0,2$, $\cos\varphi = 0,85$, $K_3 = 0,86$, $X_2 = 0,25$.
 Нагрузка Н $S_N = 40$ МВА.
 Требуется: определить величину начального тока при трехфазном КЗ в конце линии и выбрать выключатель 110 кВ по режиму КЗ.

Задача № 5

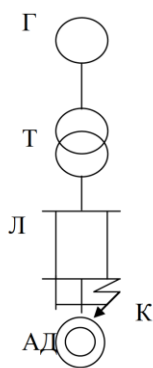


Трансформатор Т: $S_N = 31,5$ мВА, $U_{ВН} = 220$ кВ, $U_{НН} = 38,5$ кВ, $U_K = 10\%$, $\Delta P_K = 85$ кВт
 Линия Л: $l = 50$ км, $X_0 = 0,35$ Ом/км, $R_0 = 0,3$ Ом/км.
 Система С: $U_C = 209$ кВ = пост.
 Требуется: определить величину ударного тока при трехфазном КЗ в конце линии. Проверить выключатель на воздушной линии по режиму КЗ

Вопросы к комплексному заданию **ТКЗ**

1. Какими сопротивлениями вводятся элементы электрической системы для определения токов прямой и обратной и нулевой последовательностей?
2. Как объединяются схемы замещения для токов различных последовательностей при обрыве одной фазы, а также при обрыве двух фаз?
3. В каких случаях не требуется вводить в схему замещения сопротивление генератора прямой последовательности?
4. Почему в схеме замещения для токов обратной последовательности не учитывается ЭДС генератора?
5. Как определяется сопротивление прямой последовательности нагрузки?
6. Какие сопротивления изменяются в схеме моделирования при изменении мощности нагрузки?
7. В чем заключается суть метода симметричных составляющих?
8. Как составляется комплексная схема замещения при двухфазном КЗ?
9. Представьте алгоритм расчета однофазного короткого замыкания?
10. Каковы особенности представления различных элементов электрической системы в расчетах несимметричных режимов?

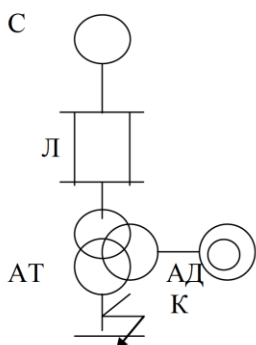
Задача № 1



Трансформатор Т: $S_N = 121 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 110 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 6,3 \text{ кВ}$, $U_k = 11 \%$, $\Delta P_k = 80 \text{ кВт}$
 Линия Л: $l = 50 \text{ км}$, $X_{01} = 0,4 \text{ Ом/км}$, $R_0 = 0,33 \text{ Ом/км}$, $X_0 = 3 X_{01}$.
 Генератор Г: $S_N = 117 \text{ мВА}$, $U_N = 10,5 \text{ кВ}$, $X'd = 0,19$, $\cos\phi = 0,85$, $K_z = 0,86$, $X_2 = 0,22$. АД: $P = 40 \text{ мВт}$; $I_p = 5$, $U_N = 6 \text{ кВ}$, $\cos\phi = 0,92$.

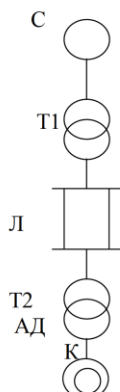
Требуется: определить величину тока при однофазном КЗ в конце линии

Задача № 2



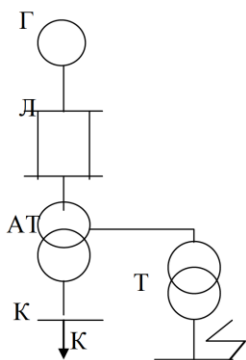
Трансформатор Т: $S_N = 31,5 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 38,5 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 10,5 \text{ кВ}$, $U_k = 10 \%$, $\Delta P_k = 188,5 \text{ кВт}$
 Линия Л: $l = 20 \text{ км}$, $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$, $R_0 = 0,33 \text{ Ом/км}$.
 Система С: $U_c = 35 \text{ кВ} = \text{пост}$.
 Асинхронный двигатель АД: $P_N = 5 \text{ мВт}$, $U_N = 10,5 \text{ кВ}$, $I_p = 5$, $\cos\phi = 0,8$, $K_z = 0,9$.
 Требуется: определить величину тока при однофазном двигателя.

Задача № 3



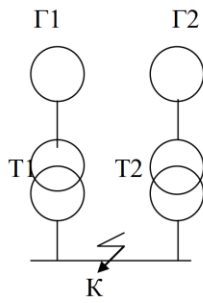
Система С: $U_c = 220 \text{ кВ} = \text{пост}$.
 Трансформатор Т1: $S_N = 220 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 220 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 121 \text{ кВ}$, $U_k = 9 \%$.
 Трансформатор Т2: $S_N = 220 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 121 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 11 \text{ кВ}$, $U_k = 12 \%$.
 Линия Л: $l = 200 \text{ км}$, $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$, $R_0 = 0,33 \text{ Ом/км}$.
 Асинхронный двигатель АД: $P_N = 15 \text{ мВт}$, $U_N = 10,5 \text{ кВ}$, $I_p = 5$, $\cos\phi = 0,8$, $K_z = 0,9$.
 Требуется: определить величину тока при обрыве фазы А в точке К

Задача № 4



Генератор Г: $S_N = 117 \text{ мВА}$, $U_N = 10,5 \text{ кВ}$, $X'd = 0,2$, $\cos\phi = 0,85$, $K_z = 0,9$, $I_{нр} = 4$, $X_d = 1,85$. Генератор с АРВ работал до КЗ на холостом ходу.
 Автотрансформатор АТ: $S_N = 120 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 220 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 11 \text{ кВ}$, $U_{сн} = 121 \text{ кВ}$, $U_{квс} = 9 \%$, $U_{квн} = 27 \%$, $U_{ксн} = 18 \%$.
 Линия Л: $l = 50 \text{ км}$, $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$.
 Трансформатор Т: $S_N = 60 \text{ мВА}$, $U_{вн} = 110 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 6,6 \text{ кВ}$, $U_k = 11 \%$.
 Система С: $U_c = 220 \text{ кВ} = \text{пост}$.
 Требуется: составить схему замещения и выразить элементы в системе относительных единиц при точном приведении. Найти начальный ток однофазного КЗ в точке К.

Задача № 5



Генератор Г1: $S_N = 176,5$ мВА, $U_N = 15,75$ кВ, $X'd = 0,2$, $\cos\varphi = 0,85$, $K_3 = 0,9$, $I_{нр} = 4$, $X_d = 1,6$. Генератор с АРВ работал до КЗ с номинальной нагрузкой.

Генератор Г2: $S_N = 176,5$ мВА, $U_N = 15,75$ кВ, $X'd = 0,2$, $\cos\varphi = 0,85$, $K_3 = 0,9$, $X_d = 1,6$. Генератор без АРВ работал до КЗ на холостом ходу.

Трансформаторы Т1, Т2: $S_N = 180$ мВА, $U_{вн} = 110$ кВ, $U_{нн} = 15,75$ кВ, $U_k = 11\%$, сопротивление нейтрали $X_n = X_t$.

Требуется: составить комплексную схему замещения для однофазного КЗ.

Найти ток трехфазного КЗ в точке К.

Вопросы к комплексному заданию **ТК4**

1. Какие допущения принимаются при расчетах токов КЗ в ЭУ напряжением до 1 кВ?
2. Как определяется переходное сопротивление?
3. Каковы особенности расчета токов КЗ в ЭУ, получающих питание от системы и от автономных источников питания?
4. Как определить начальный периодический ток, ударный ток в сети до 1 кВ ?
5. Как учитываются асинхронные и синхронные электродвигатели при расчете тока КЗ?
6. Какие схемы замещения применяются при расчете несимметричных режимов?
7. По какому выражению рассчитывается начальный периодический ток от асинхронных электродвигателей в сети до 1 кВ?
8. Какой проводимостью определяется ток при замыкании одной фазы в сети с изолированной нейтралью?
9. Каким выражением можно воспользоваться в практических расчетах при определении тока замыкания в сетях, работающих с изолированной нейтралью?
10. Что рекомендуется учитывать при расчете токов коротких замыканий в сетях напряжением до 1 кВ?

Задача 1.

Требуется выбрать низковольтную коммутационно-защитную аппаратуру для исходной схемы, приведенной на рис. 6.1.

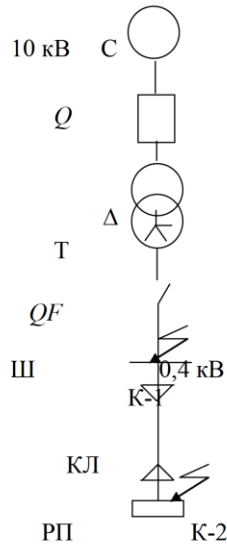


Рис. 6.1. Исследуемая система

Исходные данные:

Система мощность КЗ $S_K = 300 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; $U_{\text{ср вн}} = 10 \text{ кВ}$.

Трансформатор ТМ-1000 Т: мощность $S_{\text{ном}} = 1000 \text{ кВА}$; потери х.х. $\Delta P_{\text{хх}} = 2,3 \text{ кВт}$; потери КЗ $\Delta P_K = 12,2 \text{ кВт}$; напряжение КЗ $U_K = 5,5 \%$, $U_{\text{вн}} = 10 \text{ кВ}$, $U_{\text{нн}} = 0,4 \text{ кВ}$.

Автоматический выключатель ВА-51 QF : $I_{\text{ном}} = 1600 \text{ А}$ $R_{\text{ав}} = 0,14 \text{ мОм}$; $X_{\text{ав}} = 0,08 \text{ мОм}$.

Шинопровод Ш серии ШМА-4-1600: удельные сопротивления активное $R_{\text{ш}} = 0,030 \text{ мОм/м}$; индуктивное $X_{\text{ш}} = 0,014 \text{ мОм/м}$; длина $l_{\text{ш}} = 10 \text{ м}$.

Кабельная линия КЛ: марка АВВГ-3х150, удельные сопротивления линии активное $R_{\text{кл}} = 0,447 \text{ мОм/м}$; индуктивное $X_{\text{кл}} = 0,062 \text{ мОм/м}$; длина $l = 100 \text{ м}$.

Задача 2

Определить периодический ток трехфазного КЗ при подключении к шинам 0,4 кВ подстанции Т асинхронного двигателя М (рис. 7.1 а). Схема замещения представлена на рис. 7.1 б.

Исходные данные для системы, трансформатора, автоматического выключателя такие же как в примере 7.6.

Асинхронный двигатель серии 4АН355S6У3: мощность $P_{\text{ном}} = 200$ кВт, напряжение $U_{\text{ном}} = 380$ В, $n_c = 1000$ об/мин; $n_{\text{ном}} = 985$ об/мин; кратность пускового тока $I_{\text{п}} = 6$; кратность пускового момента $M_{\text{п}} = 1,2$; коэффициент загрузки $K_z = 0,85$, $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0,9$; КПД $\eta_{\text{ном}} = 94$ %.

Кабельная линия: марка ААШв-3х120; длина 60 м.

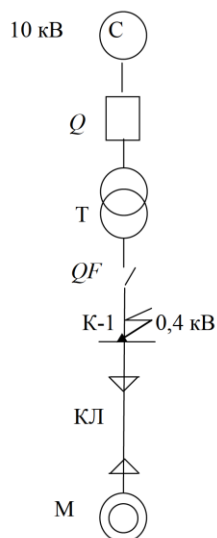


Рис. 7.1. Исходная схема

Задача 3

Для схемы, приведенной в задаче 2 определить ток при двухфазном КЗ в точке К-1.

Данные параметров схемы замещения прямой последовательности из примера 2. Сопротивление нулевого проводника, мОм/м $R_{\text{нп}} = 0,037$, $X_{\text{нп}} = 0,042$. Сопротивление системы $X_c = 0,533$ мОм.

Активное и индуктивное сопротивления трансформаторов $R_{\text{т1}} = 1,95$ мОм; $X_{\text{т1}} = 8,62$ мОм, автоматического выключателя $R_{\text{ав}} = 0,14$ мОм; $X_{\text{ав}} = 0,08$ мОм, шинпровода $R_{\text{ш}} = 0,30$ мОм; $X_{\text{ш}} = 0,14$ мОм.

Активное сопротивление дуги определим по кривым в зависимости от длины кабельной линии и мощности трансформатора, как указано в [1]: $R_{\text{д}} = 5,6$ мОм.

Задача 4

Определить ток при простом металлическом замыкании на землю в сети напряжением 37 кВ, выполненной воздушной линией протяженностью 200 км.

Исходные данные: воздушная линия марки АС-95; расположение проводов по вершинам треугольника с расстоянием $d_{ab} = 4,06$ м, $d_{ac} = 3,5$ м, $d_{bc} = 3,09$ м. Высота подвеса провода $h_a = h_c = 8$ м, $h_b = 11$ м.

Задача 5

Рассчитать значение емкостного тока замыкания на землю распределительной сети и индуктивности дугогасящего реактора для полной компенсации первой гармоники

емкостной составляющей тока замыкания. Сеть напряжением 10 кВ имеет четыре кабельных линии длиной $l_1 = 1,5$ км; $l_2 = 1,8$ км; $l_3 = 2,4$ км и $l_4 = 2,1$ км, удельные емкости кабелей равны $C_{уд1} = C_{уд2} = C_{уд3} = C_{уд4} = 0,37 \cdot 10^{-6}$ Ф/км. Емкость электроприемников не учитываем.

Для промежуточной аттестации:

Задание 1

1. Основные сведения об электромагнитных переходных процессах. Допущения, принимаемые при исследовании переходных процессов. Виды коротких замыканий.
2. Проверка оборудования по термической стойкости.

Задание 2

1. Однофазное короткое замыкание. Основные соотношения между симметричными составляющими. Векторные диаграммы токов и напряжений.
2. Определение параметров режима синхронной машины в координатах d и q . Математическая модель синхронной машины

Задание 3

1. Методы преобразования схем замещения при исследовании переходных процессов. Формулы преобразования. Метод эквивалентирования. Выбор оборудования по электродинамической стойкости.
2. Двухфазное короткое замыкание. Основные соотношения между симметричными составляющими. Векторные диаграммы токов и напряжений

Задание 4

1. Установившийся режим короткого замыкания. Критический ток. Критическая реактивность. Режимы работы генератора с АРВ
2. Двухфазное короткое замыкание на землю. Основные соотношения между симметричными составляющими. Векторные диаграммы токов и напряжений

Задание 5

1. Пуск двигателя. Схема замещения при пуске. Алгоритм расчета пускового тока и остаточного напряжения.
2. Использование метода типовых кривых для расчета тока КЗ в произвольный момент времени t по общему изменению

Задание 6

1. Составление схем замещения при наличии магнитосвязанных цепей в системе относительных единиц. Определение апериодической составляющей тока КЗ.
2. Метод симметричных составляющих. Основные уравнения II-го закона Кирхгофа для симметричных составляющих. Основные выражения для параметров режима в фазных координатах

Задание 7

1. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи. Определение полного тока КЗ. Условия возникновения ударного тока. Ударный коэффициент.

2. Особенности расчета тока короткого замыкания в электроустановках до 1000 В

Задание 8

1. Основные нормативно-технические документы, регламентирующие определение тока короткого замыкания в сетях свыше 1000 В.
2. Уравнения Парка-Горева.

Задание 9

1. Выражения для определения синхронной ЭДС и реактивности генератора. Определение значения синхронной ЭДС E_q и синхронного сопротивления X_d .
2. Практические методы расчета переходных процессов при коротком трехфазном замыкании. Метод типовых кривых по общему изменению

Задание 10

1. Короткое замыкание в ЭУ до 1 кВ. Расчет начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ..
2. Правила координации уровней токов короткого замыкания.