

Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Переходные процессы

(Наименование дисциплины)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль)

«Электроснабжение»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	7
Общее количество часов	252
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	96
– Лекционные (Л)	48
– Практические (ПЗ)	48
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	120
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (36)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	11
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	15
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	17
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	18
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	19

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Переходные процессы» входит в «Часть, формируемая участниками образовательных отношений» подготовки обучающихся по направлению подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение».**

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Дескрипторы универсальной компетенции:

ОПК-3.1 Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма

ОПК-3.2 Применяет методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, освоенные при изучении разделов математики и физики, при решении профессиональных задач

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
– Профессиональный стандарт Специалист по эксплуатации трансформаторных подстанций и распределительных пунктов и управлению режимами работы муниципальных электрических сетей, утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 329н от 25.04.2023	ОПК-3.1 Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма ОПК-3.2 Применяет методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, освоенные при изучении разделов математики и физики, при решении профессиональных задач	Знает: ИД 1 ОПК-3.1 Законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 2 ОПК-3.2 Методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, освоенные при изучении разделов при решении профессиональных задач (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет: ИД 3 ОПК-3.1 Применять законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения задач профессиональной деятельности (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 4 ОПК-3.2 Применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки:

		ИД 5 ОПК-3.1 Использования законов механики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения задач профессиональной деятельности (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 6 ОПК-3.2 Использования методов анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	---

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность
(профиль) «Электроснабжение»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Электрические машины	Эксплуатация систем электроснабжения
2.	Теоретические основы электротехники	Эксплуатация передвижных электроустановок
3.	Электрические и электронные аппараты	

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»**;
- Учебного плана направления подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

**Раздел 2. Тематический план
Очная форма обучения (полный срок)**

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Введение в теорию и электромагнитных электромеханических переходных процессов	27	6	6	15	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
2	Тема 2. Электромагнитные переходные процессы при коротких замыканиях в сетях с глухозаземленной нейтралью	27	6	6	15	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
3	Тема 3. Расчет токов короткого замыкания в сложных сетях	37	6	6	15	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
4	Тема 4. Выбор и проверка оборудования на термическую и электродинамическую стойкость	27	6	6	15	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
5	Тема 5. Электромеханические переходные процессы. Простое качание синхронного генератора	27	6	6	15	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
6	Тема 6. Статическая и динамическая устойчивость электроэнергетической системы.	27	6	6	15	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
7	Тема 7. Переходные процессы при самозапуске и ресинхронизации электродвигателей	27	6	6	15	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
8	Тема 8. Нестационарные режимы работы компенсирующих устройств	27	6	6	15	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)						
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		36				
Итого		252	48	48	120	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в теорию электромагнитных и электромеханических переходных процессов Дисциплина начинается с классификации переходных процессов в электроэнергетических системах (ЭЭС). Проводится разграничение между быстрыми электромагнитными процессами (доли секунды) и более медленными электромеханическими процессами (секунды). Рассматриваются основные допущения, принимаемые при анализе: пренебрежение насыщением магнитных систем, учет только основной гармоники, представление системы схемой симметричных составляющих. Определяются основные задачи курса в контексте обеспечения надежности работы электрических станций и подстанций.

Тема 2. Электромагнитные переходные процессы при коротких замыканиях в сетях с глухозаземленной нейтралью Детально анализируется наиболее частый вид повреждения — однофазное короткое замыкание (КЗ) в сетях 110 кВ и выше. Изучается метод симметричных составляющих как основной инструмент расчета токов КЗ. Рассматриваются параметры прямой, обратной и нулевой последовательностей для различных элементов ЭЭС. Выводятся формулы для расчета начального сверхпереходного и ударного токов КЗ, а также анализируется их изменение во времени с учетом влияния аperiodической составляющей.

Тема 3. Расчет токов короткого замыкания в сложных сетях Тема посвящена практическим методам расчета токов КЗ в разветвленных схемах электрических станций и подстанций. Рассматривается метод эквивалентных ЭДС и метод типовых кривых для определения периодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени. Особое внимание уделяется учету подпитки места КЗ от синхронных и асинхронных двигателей, а также обобщенной нагрузки.

Тема 4. Выбор и проверка оборудования на термическую и электродинамическую стойкость На основе расчетов токов КЗ, выполненных в предыдущих темах, изучаются критерии выбора электрических аппаратов (выключателей, разъединителей, трансформаторов тока) и ошиновки. Рассматриваются условия проверки на электродинамическую стойкость (способность выдержать механические усилия от взаимодействия токов) и на термическую стойкость (способность выдержать нагрев токами КЗ в течение времени их протекания).

Тема 5. Электромеханические переходные процессы. Простое качание синхронного генератора Переход от электромагнитных к электромеханическим процессам. Рассматривается поведение синхронного генератора при работе на шины бесконечной мощности. Анализируется уравнение движения ротора, понятие инерционной постоянной. Изучается явление простого качания — периодического изменения угла вылета ротора относительно напряжения на шинах при малых возмущениях.

Тема 6. Статическая и динамическая устойчивость электроэнергетической системы Центральная тема курса, определяющая способность ЭЭС возвращаться к установившемуся режиму после возмущений. Изучаются критерии статической устойчивости простейшей системы «генератор-шины». Анализируются причины нарушения устойчивости (короткие замыкания, отключение линий) и методы ее повышения, включая применение сильного автоматического регулирования возбуждения (АРВ) с форсировкой.

Тема 7. Переходные процессы при самозапуске и ресинхронизации электродвигателей Рассматриваются переходные процессы в узлах собственных нужд электрических станций и на промышленных предприятиях. Анализируется поведение асинхронных и синхронных двигателей при кратковременных снижениях напряжения (самозапуск). Изучаются условия успешного самозапуска и методы его обеспечения (например, выделение ответственных механизмов на отдельную секцию). Также рассматривается процесс ресинхронизации выпавших из синхронизма двигателей.

Тема 8. Нестационарные режимы работы компенсирующих устройств Завершающая тема посвящена переходным процессам в статических устройствах компенсации реактивной мощности. Анализируется поведение батарей статических конденсаторов (БСК) при коммутациях (включение/отключение), включая броски тока и перенапряжения. Рассматриваются методы

ограничения этих явлений (использование демпфирующих реакторов, тиристорной коммутации) для обеспечения надежности оборудования подстанций.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№ 1	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия 2
ПЗ 1	Тема 1. Введение в теорию электромагнитных и электромеханических переходных процессов
ПЗ 2	Тема 2. Электромагнитные переходные процессы при коротких замыканиях в сетях с глухозаземленной нейтралью
ПЗ 3, 4	Тема 3. Расчет токов короткого замыкания в сложных сетях
ПЗ 5	Тема 4. Выбор и проверка оборудования на термическую и электродинамическую стойкость
ПЗ 6, 7	Тема 5. Электромеханические переходные процессы. Простое качание синхронного генератора
ПЗ 8	Тема 6. Статическая и динамическая устойчивость электроэнергетической системы.

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Введение в теорию электромагнитных и электромеханических переходных процессов	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Электромагнитные переходные процессы при коротких замыканиях в сетях с глухозаземленной нейтралью	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Расчет токов короткого замыкания в сложных сетях	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Выбор и проверка оборудования на термическую и электродинамическую стойкость	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Электромеханические переходные процессы. Простое качание синхронного генератора	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Статическая и динамическая устойчивость электроэнергетической системы.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Переходные процессы при самозапуске и ресинхронизации электродвигателей	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Нестационарные режимы работы компенсирующих устройств	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Введение в теорию электромагнитных и электромеханических переходных процессов	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Электромагнитные переходные процессы при коротких замыканиях в сетях с глухозаземленной нейтралью	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Расчет токов короткого замыкания в сложных сетях	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Выбор и проверка оборудования на термическую и электродинамическую стойкость	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Электромеханические переходные процессы. Простое качание синхронного генератора	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Статическая и динамическая устойчивость электроэнергетической системы.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Переходные процессы при самозапуске и ресинхронизации электродвигателей	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Нестационарные режимы работы компенсирующих устройств	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Что понимают под переходным процессом?
2. Что общего в понятиях «электроэнергетическая система» и «энергосистема»? Чем они отличаются?
3. Что означает понятие «режим работы энергосистемы»?
4. Чем характеризуется переходный процесс?
5. Какова цель расчёта электромагнитного переходного процесса?
6. Что является результатом изучения переходных процессов?
7. Какие наиболее значимые причины возникновения электромагнитного переходного процесса?
8. Что означает понятие «короткое замыкание»?
9. Какие различают короткие замыкания в сетях с заземлёнными и изолированными нейтралью?
10. Какова вероятность возникновения различного вида коротких замыканий?
11. Какие Вы знаете наиболее распространённые электромагнитные переходные процессы, протекающие в электроэнергетических системах?
 1. Какие составляющие имеются в полном токе КЗ?
12. В чём состоит определение периодической составляющей тока в точке КЗ сложной ЭЭС?
13. Что значит приближённый расчёт апериодической составляющей тока КЗ в аварийной ветви?
14. Как определяется эквивалентная постоянная времени T_{Σ} затухания апериодической составляющей КЗ в сложной ЭЭС?
 2. Каков порядок расчёта тока КЗ в аварийной ветви?
 3. Какой алгоритм расчёта ударного тока КЗ?
 4. Как объединяются параллельно работающие источники в один эквивалентный?
15. Каким представляется алгоритм преобразования схемы замещения ЭЭС к простейшему виду?
 5. Что означает приближенный учёт нагрузок?

16. Чему равно относительное установившееся значение тока КЗ по отношению к номинальному току КЗ?
17. Значение каких параметров синхронной машины можно использовать для определения активного сопротивления обмотки статора, если данные об этом сопротивлении отсутствуют?
6. В чём заключается метод типовых кривых?
18. Какой величиной характеризуется удалённость точки КЗ от синхронной машины при расчёте периодической составляющей тока КЗ с использованием метода типовых кривых?
7. Какое КЗ называется близким, а какое удалённым?
19. При каких условиях расчёт действующего значения периодической составляющей тока КЗ следует вести с учётом влияния на ток КЗ асинхронных двигателей?
8. Каков физический смысл постоянной времени T_a ?
9. Что такое действующее значение полного тока КЗ?
10. Каковы особенности переходного режима синхронной машины с АРВ?
11. Что такое режим нормального напряжения и предельного возбуждения?
20. Тема 3. Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи
21. Какими могут быть соотношения между фазными величинами и симметричными составляющими?
1. Как определяются параметры СМ для токов обратной последовательности?
22. Какие существуют схемы нулевой последовательности для 3-х обмоточных трансформаторов и автотрансформаторов.
23. Как определяются параметры нулевой последовательности ЛЭП при различных вариантах их исполнения?
2. Какой порядок составления схем различных последовательностей?
3. Какие существуют комплексные схемы замещения для различных видов несимметрии?
24. Как выглядят векторные диаграммы токов и напряжений для различных видов однократной продольной несимметрии?
25. Достоинства и недостатки метода симметричных составляющих при его применении к расчетам несимметричных режимов ЭЭС?
4. Что означает начало и конец схем замещения различных последовательностей?
1. Какой вид замыкания называется простым замыканием на землю?
2. В чем состоят особенности переходных процессов сетей с изолированной нейтралью?
3. Каковы особенности расчета токов КЗ в сетях до 1000В
4. Что такое тепловой спад тока?
5. Как определяются мин и макс токи КЗ в сетях 1000В?
6. Как учитывается изменение активного сопротивления проводников при КЗ?
7. Как определяется ударный ток КЗ в сетях и установках до 1000В?
26. Как можно повысить точность расчета КЗ в сетях с изолированной нейтралью и установках до 1000В?
1. Закон электромагнитной индукции
2. Что понимается под потокоцеплением или магнитным сцеплением?
3. Какие составляющие магнитных потоков представляются для синхронной машины?
4. Как формируется принцип постоянства потокоцеплений?
5. К какой СМ относятся такие параметры, как «переходная ЭДС» и «реактивность СМ»?
6. Как различаются реактивности СМ по продольной и поперечной осям СМ?
7. Что понимается под линейными преобразованиями?
8. В чем состоит «замена переменных» при выводе уравнений СМ?
9. Как записываются уравнения Горева-Парка?

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролирующих материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Введение в теорию электромагнитных и электромеханических переходных процессов	УО		ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
2	Тема 2. Электромагнитные переходные процессы при коротких замыканиях в сетях с глухозаземленной нейтралью	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
3	Тема 3. Расчет токов короткого замыкания в сложных сетях	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
4	Тема 4. Выбор и проверка оборудования на термическую и электродинамическую стойкость	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
5	Тема 5. Электромеханические переходные процессы. Простое качание синхронного генератора	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
6	Тема 6. Статическая и динамическая устойчивость электроэнергетической системы.	УО		ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
7	Тема 7. Переходные процессы при самозапуске и ресинхронизации электродвигателей	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2

8	Тема 8. Нестационарные режимы работы компенсирующих устройств	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ОПК-3.1 ИД 2 ОПК-3.2 ИД 3 ОПК-3.1 ИД 4 ОПК-3.2 ИД 5 ОПК-3.1 ИД 6 ОПК-3.2
---	---	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

1. Мощность генератора $P_n = 25$ МВт; $\cos \varphi = 0,8$; $U_n = 10,5$ кВ, $x^* = 0,2$ (отнесено к номинальным условиям). Найти сопротивление генератора в Омах.

2. Реактивное сопротивление воздушной линии равно $0,4$ Ом/км, длина линии $l=160$ км, напряжение 115 кВ. Определить сопротивление линии в относительных единицах, приведенное к мощности $S=200$ МВА.

3. Мощность силового трансформатора $S_n = 5,6$ МВА, $U_K\% = 7,5$ %. Потери активной мощности при номинальном режиме $P_{рн} = 75,5$ кВт. Коэффициент трансформации $ит=38/6,3$. Найти реактивное сопротивление трансформатора в Омах, приведенное к напряжению 38 и $6,3$ кВ соответственно.

4. Определить, в каком соотношении находятся выраженные в Омах индуктивные сопротивления генераторов G_1 и G_2 одинаковой мощности, но с номинальными напряжениями соответственно $6,3$ и $10,5$ кВ, если их относительные индуктивные сопротивления при своих номинальных условиях одинаковы. Емкостная проводимость кабельной линии равна $1/Ом-км$, индуктивное сопротивление кабеля $0,08$ Ом/км. Длина линии $l = 3$ км.

5. Для простейшей сети с источником бесконечной мощности изобразить графики зависимости напряжения источника, тока и его составляющих в предшествующем режиме и при КЗ. Графики пояснить.

6. Как определяются углы сдвига между током и напряжением фазы в предшествующем КЗ режиме и в короткозамкнутом контуре, соответственно, ϕ и ϕ_k ? Какой из них обычно больше?

7. Что и почему будет происходить с максимальным мгновенным значением полного тока КЗ, если фаза возникновения КЗ α будет меняться от 0 до 90° ? Принять, что в предшествующем режиме был холостой ход.

8. Каково условие появления наибольшего возможного мгновенного значения тока КЗ (т.е. ударного тока) в заданной точке, если в предшествующем режиме сеть работала на холостом ходу?

9. Каково условие появления наибольшей начальной величины апериодической составляющей тока КЗ в заданной точке, если в предшествующем режиме сеть работала на холостом ходу?

10. Влияет ли на характер переходного процесса при трёхфазном КЗ появление «земли» в точке повреждения? Ответ пояснить.

11. В чём причины, определяющие различие сопротивлений элементов ЭЭС токам обратной и нулевой последовательности по сравнению с прямой последовательностью?

12. Представьте схемы замещения нулевой последовательности двухобмоточных трансформаторов при различных группах соединения обмоток?

13. Представьте схемы замещения нулевой последовательности для трёхобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов?
14. Какие соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для различных видов однократной поперечной несимметрии?
15. Во сколько раз ток повреждённой фазы при различных несимметричных КЗ больше тока прямой последовательности?
16. В каких пределах может изменяться отношение тока двухфазного КЗ к току трёхфазного КЗ при КЗ в одной и той же точке?
17. Во сколько раз ток однофазного КЗ может быть больше тока трёхфазного КЗ при коротком замыкании в одной и той же точке?
18. Представьте эпюры напряжений прямой, обратной и нулевой последовательностей для различных видов несимметричных КЗ, происходящих в простейшей электрической системе?
19. Продемонстрируйте, как выглядит на векторных диаграммах баланс магнитных потоков для случаев: режим холостого хода СМ без учёта и с учётом рассеяния обмотки возбуждения; для нагруженной СМ?
20. Приведите примеры допущений, принимаемые при выводе уравнений электромагнитного потока?
21. Приведите пример системы уравнений, определяющих напряжения на выводах статора и ротора?
21. Поясните закон изменения индуктивностей и взаимоиндуктивностей СМ
22. Поясните уравнения Горева – Парка

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. Статическая устойчивость. Основные понятия и определения
2. Статическая устойчивость простейшей системы.
3. Характер нарушения статической устойчивости.
4. Уравнение движения ротора синхронной машины.
5. Динамическая устойчивость. Основные понятия и определения.
6. Динамическая устойчивость простейшей системы. Критерий устойчивости.
7. Применение метода площадей для анализа динамической устойчивости.
8. Предельный угол отключения КЗ и предельное время отключения КЗ.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Что такое переходный процесс в ЭЭС и почему он возникает?
2. Назовите две основные причины возникновения переходных процессов.
3. Сформулируйте первый закон коммутации для индуктивности.
4. Сформулируйте второй закон коммутации для емкости.
5. Чем отличается свободная составляющая тока от принужденной?
6. Что такое постоянная времени цепи и на что она влияет?
7. Какое допущение принимается при анализе электромагнитных ПС (в отличие от электромеханических)?
8. Что понимают под «сверхпереходным» состоянием машины?
9. Какой вид КЗ считается симметричным?
10. Что такое ударный ток КЗ и когда он достигает максимума?
11. Напишите формулу для определения ударного коэффициента.
12. Из каких составляющих состоит ток при внезапном трехфазном КЗ?
13. Что такое действующее значение полного тока КЗ?
14. Как влияет удаленность точки КЗ на величину апериодической составляющей?
15. Какую роль играет ЭДС за сверхпереходным сопротивлением $\backslash(E'')$ в начальный момент КЗ?
16. Что такое установившийся ток КЗ?

17. Перечислите виды несимметричных КЗ.
18. В чем суть метода симметричных составляющих?
19. Какие последовательности (прямая, обратная, нулевая) возникают при однофазном КЗ?
20. Для каких видов повреждений характерно появление токов нулевой последовательности?

Список вопросов для экзамена

1. Основные понятия об электромагнитных и электромеханических переходных процессах в электрической системе.
2. Основные виды коротких замыканий. Относительная вероятность их возникновения в электрических системах.
3. Какие виды нарушения режима относятся к продольной и поперечной несимметрии.
4. Основные допущения при расчете электромагнитных переходных процессов.
5. Преимущества и недостатки системы относительных единиц по сравнению с системой именованных единиц.
6. Приведение ЭДС и сопротивлений элементов схемы к выбранным базисным условиям.
7. Составление схемы замещения при расчете в относительных единицах. Точное и приближенное приведение.
8. Составление схемы замещения при расчете в именованных единицах. Точное и приближенное приведение.
9. Преобразование схем замещения.
10. Процесс трехфазного КЗ в неразветвленной цепи. Кривые изменения тока и ее слагающие.
11. Условия, определяющие максимальное значение апериодической составляющей тока.
12. Условия возникновения максимума мгновенного значения полного тока. Ударный ток и ударный коэффициент.
13. Определение эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей тока в разветвленной цепи.
14. Действующие значения полных величин и их отдельных слагающих. Основные упрощения.
15. Определение установившегося режима КЗ Основные характеристики и параметры синхронной машины.
16. Схема замещения неявнополусной синхронной машины в установившемся режиме.
17. Векторные диаграммы неявнополусных и явнополусных синхронных машин.
18. Приведение цепи ротора к статору.
19. Как учитывается в расчетах влияние нагрузки на режим КЗ
20. Расчет при отсутствии автоматического регулирования возбуждения (АРВ). Влияние АРВ.

Список вопросов для экзамена

21. Баланс магнитных потоков синхронной машины в нормальном установившемся режиме и в момент возникновения КЗ
22. Переходные ЭДС и сопротивление. Схема замещения СМ без демпферных контуров в начальный момент внезапного нарушения режима. Векторная диаграмма.
23. Сверхпереходные ЭДС и сопротивление. Схема замещения СМ с демпферными обмотками в начальный момент нарушения режима в осях d и q. Векторная диаграмма.
24. Сравнение реактивностей синхронной машины.
25. Характеристика двигателей и нагрузки.
26. Практический расчет начального сверхпереходного и ударного токов при КЗ, несинхронном включении генераторов, пуске двигателей.
27. Внезапное КЗ СМ без демпферных обмоток.
28. Влияние и приближенный учет демпферных обмоток.
29. Влияние АРВ при внезапном КЗ
30. Основные допущения при практических методах расчета КЗ
31. Различия между практическими методами.
32. Метод расчетных и типовых кривых. Порядок расчета по общему изменению.
33. Порядок расчета по индивидуальному изменению. Приближенный учет системы.

34. Учет электродвигателей при расчете токов КЗ
35. Расчет токов КЗ в сетях до 1000 В.
36. Высшие гармоники при несимметричном режиме синхронной машины.
37. Метод симметричных составляющих при расчете токов КЗ
38. Сопротивления элементов схемы для токов обратной и нулевой последовательности.
39. Схемы отдельных последовательностей, определение результирующих ЭДС и сопротивлений.
40. Граничные условия, соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений в месте поперечной несимметрии.
41. Векторные диаграммы токов и напряжений для места несимметрии.
42. Комплексные схемы замещения для различных видов поперечной несимметрии.
43. Правило эквивалентности прямой последовательности для поперечной несимметрии.
44. Сравнение видов короткого замыкания.
45. Применение практических методов к расчету переходного процесса при однократной и поперечной несимметрии.
46. Однократная продольная несимметрия.
47. Граничные условия, соотношения между симметричными составляющими токов при продольной несимметрии.
48. Векторные диаграммы токов в месте разрыва чисто индуктивной цепи, комплексные схемы замещения.
49. Способы и технические средства ограничения токов КЗ
50. Координация уровней токов КЗ

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

Прочитайте вопрос и выберите один правильный ответ.

Вопрос 1.1 Как называется мгновенное максимальное значение полного тока короткого замыкания, обусловленное совпадением ударного тока с апериодической составляющей? а) Установившийся ток КЗ; б) **Ударный ток КЗ**; в) Начальный сверхпереходный ток; г) Действующее значение тока КЗ.

Правильный ответ: б)

Вопрос 1.2 Какое из перечисленных устройств является основным для обеспечения динамической устойчивости генератора при коротком замыкании в сети? а) Автоматический регулятор возбуждения (АРВ) сильного действия; б) Устройство форсировки возбуждения; в) Асинхронный пуск; г) Гаситель поля.

Правильный ответ: б)

Вопрос 1.3 Как называется процесс, при котором синхронный генератор выпадает из синхронизма с остальной частью энергосистемы? а) Самозапуск; б) Реверсирование; в) **Асинхронный режим**; г) Электродинамическое торможение.

Правильный ответ: в)

Вопрос 1.4 Какой вид короткого замыкания является наиболее вероятным в сетях с эффективно заземленной нейтралью (110 кВ и выше)? а) Двухфазное КЗ; б) Двухфазное КЗ на землю; в) Трехфазное КЗ; г) **Однофазное КЗ на землю**.

Правильный ответ: г)

Вопрос 1.5 Какое допущение является основным при расчете токов трехфазного короткого замыкания методом эквивалентных ЭДС? а) Пренебрежение индуктивными сопротивлениями элементов; б) **Замена всех источников питания, находящихся за пределами рассматриваемой схемы, эквивалентным генератором с неизменной ЭДС и сверхпереходным сопротивлением**; в) Учет активных сопротивлений всех элементов как доминирующих; г) Пренебрежение емкостными проводимостями линий электропередачи.

Правильный ответ: б)

Прочитайте вопрос и выберите два правильных ответа.

Вопрос 2.1 Выберите два основных параметра, которые необходимо определить для проверки электрооборудования на термическую стойкость к токам короткого замыкания. а)

Действующее значение периодической составляющей тока КЗ; б) Время протекания тока КЗ до момента отключения; в) Ударный коэффициент; г) Сопротивление системы.

Правильный ответ: а), б)

Вопрос 2.2 Выберите два основных метода, используемых для расчета симметричных составляющих в несимметричных режимах (например, при однофазном КЗ). а) Метод контурных токов; б) Метод симметричных составляющих (метод Фортескью); в) Составление и решение уравнений для схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей; г) Метод узловых потенциалов.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.3 Выберите два основных фактора, от которых зависит величина ударного коэффициента при расчете ударного тока КЗ. а) Номинальная мощность генератора; б) Постоянная времени апериодической составляющей цепи КЗ ($\tau = L/R$); в) Угол сдвига фаз между напряжением и током в начальный момент КЗ (φ_{k0}); г) Коэффициент мощности нагрузки.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.4 Выберите два основных последствия нарушения динамической устойчивости генератора. а) Увеличение потерь в стали статора; б) Возникновение больших колебаний мощности и тока, опасных для механической целостности вала турбоагрегата; в) Необходимость немедленного отключения генератора защитой от потери синхронизма; г) Снижение напряжения на шинах подстанции.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.5 Выберите два основных условия, которые должны быть выполнены для успешного самозапуска группы асинхронных двигателей после кратковременного перерыва питания. а) Обеспечение достаточного остаточного напряжения на зажимах двигателей в момент восстановления питания; б) Обеспечение достаточного избыточного момента на валу для разгона до подсинхронной скорости при пониженном напряжении; в) Наличие на двигателе системы возбуждения; г) Работа двигателей с коэффициентом мощности, близким к единице.

Правильный ответ: а), б)

Установите соответствие между видом короткого замыкания и его симметричными составляющими.

А) Трехфазное короткое замыкание	1) Присутствуют токи прямой, обратной и нулевой последовательностей.
Б) Двухфазное короткое замыкание	2) Присутствуют только токи прямой последовательности.
В) Однофазное короткое замыкание	3) Присутствуют токи прямой и обратной последовательностей, ток нулевой последовательности равен нулю.
Г) Двухфазное короткое замыкание на землю	4) Присутствуют токи прямой и нулевой последовательностей, ток обратной последовательности равен нулю.

Правильный ответ: А – 2, Б – 3, В – 4, Г – 1

4) На установление последовательности (1 вопрос)

Укажите правильную последовательность действий при расчете периодической составляющей тока трехфазного КЗ в сложной сети методом типовых кривых. 1\$ Определение суммарной номинальной мощности всех генераторов, участвующих в питании места КЗ. 2\$ Расчет начального сверхпереходного тока от системы и от местной электростанции. 3\$ Определение удаленности точки КЗ от электростанции (расчетный коэффициент удаленности). 4\$ Использование типовых кривых для определения отношения периодической составляющей в произвольный момент времени к начальному значению для местной составляющей. 5\$ Расчет суммарного периодического тока в заданный момент времени.

Правильный ответ: 1-3-4-2-5

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Ткачёв А.Н. Теоретические основы электротехники. Переходные процессы, цепи с распределёнными параметрами, электромагнитное поле: учебное пособие / Ткачёв А.Н., Епишков Е.Н. — Челябинск: Южно-Уральский технологический университет, 2023. — 88 с. — ISBN 978-5-6048829-3-1. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/127207.html>

2. Ларин, А. М. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учебное пособие / А. М. Ларин, Д. В. Полковниченко, И. Б. Гуляева. — Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. — 268 с. — ISBN 978-5-9729-1065-6. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/124142.html>

7.2. Дополнительная литература

3. Долгов А.П. Переходные режимы и устойчивость электроэнергетических систем: учебник / Долгов А.П. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2022. — 258 с. — ISBN 978-5-7782-4678-2. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/126652.html>

4. Хрущев, Ю. В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / Ю. В. Хрущев, К. И. Заповодников, А. Ю. Юшков. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 153 с. — ISBN 978-5-4497-1279-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/147321.html>

5. Ткачёв А.Н. Теоретические основы электротехники. Переходные процессы, цепи с распределёнными параметрами, электромагнитное поле : учебное пособие / Ткачёв А.Н., Епишков Е.Н.. — Челябинск : Южно-Уральский технологический университет, 2023. — 88 с. — ISBN 978-5-6048829-3-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/127207.html>

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Оборудование:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Пробковая доска
- Моноблок для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся с выходом в интернет
- Виртуальный лабораторный стенд «Электрические цепи» на 20 рабочих мест;
- Виртуальный лабораторный стенд «Электротехника и основы электроники» ТС-ЭТиОЭ2-ЛС на 16 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого реле» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого контроллера» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Цифровая и микропроцессорная техника» на 20 рабочих мест
- Набор учебно-методических материалов к разделу «Электротехника и электроника» (плакаты, презентации).

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Переходные процессы**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Переходные процессы

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)