МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Балахнинский филиал ННГУ

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«26» июня 2019 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Направленность (профиль) образовательной программы
ЭЛЕКТРОРАДИОТЕХНИКА

Квалификация

БАКАЛАВР

Формы обучения
ОЧНО-ЗАОЧНАЯ

Балахна
2019

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Пересмотренная рабочая программа утверждена на заседании учёного совета Балахнинского филиала ННГУ
10 июня 2020 г. Протокол № 6. Председатель учёного совета БФ ННГУ _____А.К. Балдин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры
Прикладной информатики, информационных технологий, радио- и электротехники БФ ННГУ

Протокол от 6 июня 2020 г. № 10
И.о. Зав. кафедрой _____Д.Н. Шуваев

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 2020 г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.01.02), ориентирована на подготовку выпускников к решению проектного типа задач профессиональной деятельности и частичное формирование компетенции ПК-1, определяемое индикатором ПК-1.5, и эксплуатационного типа задач профессиональной деятельности и частичное формирование компетенции ПК-6, определяемое индикатором ПК-6.2.

Формирование компетенции ПК-1 начато в ходе освоения дисциплин Общая энергетика (ПК-1.3), Теория колебаний (ПК-1.1, 1.2), Электродинамика и распространение радиоволн (ПК-1.1, 1.2, 1.3), Электромагнитная совместимость (ПК-1.5), Методы анализа, проектирования и моделирования ЭРТ систем (ПК-1.1, 1.2, 1.4) будет продолжено при изучении дисциплин Теория автоматического управления (ПК-1.2, 1.3), Устройства сверхвысоких частот и антенны (ПК-1.4), Математическое моделирование и численные методы расчёта электрических сетей (ПК-1.1, 1.2, 1.3) и завершено в ходе выполнения Технологической и Преддипломной практик и подготовки Выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы).

Формирование компетенции ПК-6 начато в ходе освоения дисциплин Техника высоких напряжений (ПК-6.2), Электромагнитная совместимость (ПК-6.2) будет продолжено при изучении дисциплин Основы релейной защиты и автоматики (ПК-6.1) и завершено в ходе выполнения Технологической и Преддипломной практик и подготовки Выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы).

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции**		**Наименование оценочного средства**
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	**Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен участвовать в проектировании объектов электротехники и электрорадиотехнических систем	ПК-1.5. Демонстрирует возможности проектирования и реконструкции электрорадиотехники с учётом эффектов переходных процессов и условий электромагнитной совместимости.	Знает и понимает физику переходных процессов, понятия об уравнениях электромагнитного переходного процесса, установившиеся режимы короткого замыкания, а также практические методы расчёта токов короткого замыкания, оптимизацию и координацию уровней токов короткого замыкания. Умеет рассчитывать характеристики рабочих, ремонтных и послеаварийных режимов, выбирать методы защиты от аварийных и ненормальных режимов, рассчитывать требуемые параметры устройств защиты; выбрать электрические аппараты в соответствии с результатами расчёта токов короткого замыкания.	Вопросы к зачёту, Вопросы и задачи к практическим (лабораторным) занятиям, Задания домашней контрольной работы

		Владеет навыками применения практических методов расчёта токов короткого замыкания, а также оптимизации и координации уровней токов короткого замыкания	
ПК-6. Способен использовать требования техники безопасности при работах с объектами электроэнергетики, электротехники и электрорадиотехническими системами	ПК-6.2. Демонстрирует знание и способности практического применения требований техники безопасности.	Знает требования техники безопасности при работах с объектами электроэнергетики, электротехники. Умеет применять методы техники безопасности при работах с объектами электроэнергетики и электротехники. Владеет методами и средствами практического применения требований техники безопасности.	Вопросы к зачёту, Вопросы и задачи к практическим (лабораторным) занятиям, Задания домашней контрольной работы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоёмкость дисциплины

	очно-заочная форма обучения
Общая трудоёмкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа - КСР	33 10 22 1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация – зачёт	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	**Всего (часы)**	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них				**Самостоятельная работа обучающегося, часы**
		Занятия лекционного типа	**Занятия семинарского типа**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная
Введение. Переходный процесс в простейших трехфазных цепях	6	1	1		2	4
Установившийся режим короткого замыкания	6	1	1		2	4
Начальный момент внезапного нарушения режима	6	1	1		2	4

Общие понятия об уравнениях электромагнитного переходного процесса синхронной машины	6	1	1		2	4
Внезапное короткое замыкание синхронной машины и форсировка возбуждения	6	1	1		2	4
Практические методы расчёта токов короткого замыкания	18	1	1	4	6	12
Переходные процессы при нарушении симметрии трёхфазной цепи	18	1	1	2	4	14
Переходные процессы при особых условиях	17	1	1	2	4	13
Замыкания в распределительных сетях и системах электроснабжения	6	1	1		2	4
Оптимизация и координация уровней токов короткого замыкания	18	1	1	4	6	12
КСР	1				1	
Промежуточная аттестация – зачёт						
Итого	108	10	10	12	33	75

1. Введение

Основные задачи курса и его связь со смежными дисциплинами

Основные виды и особенности переходных процессов. Безопасность работ.

Причины возникновения электромагнитных переходных процессов.

Особенности и возможности проектирования и реконструкции электрорадиотехники с учётом эффектов переходных процессов.

2. Переходный процесс в простейших трёхфазных цепях

Основные допущения, применяемые при исследованиях и в практических расчётах переходных процессов. Безопасность работ.

Мощность короткого замыкания.

3. Установившийся режим короткого замыкания

Расчёт установившегося тока короткого замыкания при отсутствии автоматического регулирования возбуждения.

Учёт действия автоматического регулирования возбуждения.

Приближенное вычисление установившегося тока короткого замыкания.

4. Начальный момент внезапного нарушения режима

Переходные ЭДС и реактивности синхронной машины

Расчёт начального сверхпереходного и ударного тока короткого замыкания.

Характеристики и влияние электродвигателей и обобщённой нагрузки на ток короткого замыкания.

5. Общие понятия об уравнениях электромагнитного переходного процесса синхронной машины

Дифференциальные уравнения переходного процесса синхронной машины.

Обобщённый вектор трёхфазной системы.

6. Внезапное короткое замыкание синхронной машины и форсировка возбуждения

Внезапное короткое замыкание синхронной машины без демпферных обмоток.

Влияние автоматического регулирования возбуждения.

Взаимное электромагнитное влияние синхронных машин при переходном процессе.

7. Практические методы расчёта токов короткого замыкания

Расчёт начального сверхпереходного и ударного токов короткого замыкания.

Расчёт для выбора выключателей по отключающей способности. Выбор реакторов.

Метод расчётных кривых.

8. Переходные процессы при нарушении симметрии трёхфазной цепи

Параметры элементов обратной и нулевой последовательности.

Расчёт переходного процесса при нарушении симметрии трёхфазной цепи.

9. Переходные процессы при особых условиях

Сложные виды повреждений.

Короткие замыкания в длинных линиях. Безопасность работ.

Особенности проектирования и реконструкции электрорадиотехники с учётом эффектов переходных процессов при особых условиях.

10. Замыкания в распределительных сетях и системах электроснабжения

Основные положения. Простое замыкание на землю. Учёт изменения параметров проводников сети. Учёт местных источников и нагрузок. Безопасность работ.

Расчёт токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В.

11. Оптимизация и координация уровней токов короткого замыкания

Возможности проектирования и реконструкции электрорадиотехники с учётом эффектов короткого замыкания.

Методы и средства ограничения токов короткого замыкания.

Оптимизация структуры и параметров сети.

Оптимизация режима заземления нейтралей в электрических сетях.

Координация уровней токов короткого замыкания.

Техника безопасности при работах в условиях короткого замыкания.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в форма (зачёт)

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Подготовка к практическим и лекционным занятиям. Выполнение домашней контрольной работы, защита результатов их выполнения. Подготовка к прохождению и прохождение испытаний промежуточной аттестации (зачёт).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора до-	**Шкала оценивания сформированности компетенций**						
	плохо	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
	Не зачтено		**Зачтено**				

стижения компетенций)							
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объёме, превышающем программу подготовки.
Умения	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объёме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочётами, выполнены все задания в полном объёме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме без недочётов
Навыки	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочётами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочётами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочётов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочётов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Вопросы к зачёту

Вопросы	Код формируемой компетенции
1) Основные виды и особенности переходных процессов, характеристики их протекания и влияние на работу электрической системы и её элементов. Безопасность работ.	ПК-1

2) Необходимость и особенности проектирования и реконструкции электрорадиотехники с учётом эффектов переходных процессов и требований техники безопасности	ПК-1
3) Однофазное короткое замыкание в сети с изолированной нейтралью.	ПК-1
4) Причины возникновения электромагнитных переходных процессов.	ПК-1
5) Двухфазное короткое замыкание в электрической системе.	ПК-1
6) Основные допущения, принимаемые при исследованиях и в практических расчётах переходных процессов. Особенности проектирования.	ПК-1
7) Сравнение токов короткого замыкания при различных видах поперечной несимметрии.	ПК-1
8) Работа сети с заземлённой и изолированной нейтралью. Безопасность работ.	ПК-1
9) Расчёт токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В	ПК-1
10) Основные допущения, принимаемые при исследованиях и в практических расчётах переходных процессов. Безопасность работ. Особенности проектирования.	ПК-1
11) Сравнение токов короткого замыкания при различных видах поперечной несимметрии.	ПК-1
12) Схема замещения для расчёта токов короткого замыкания. Преобразование схем замещения. Особенности проектирования.	ПК-1
13) Правило эквивалентности для прямой последовательности.	ПК-1
14) Расчётные условия при коротких замыканиях. Расчётная схема замещения.	ПК-1
15) Однофазное короткое замыкания в сети с заземлённой нейтралью.	ПК-1
16) Трёхфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи.	ПК-1
17) Режим нормального напряжения и предельного возбуждения синхронных машин при коротком замыкании	ПК-1
18) Система относительных единиц. Примеры вычисления основных параметров.	ПК-1
19) Особенности исследования несимметричных переходных процессов. Особенности проектирования.	ПК-1
20) Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент. Безопасность работ.	ПК-1
21) Граничные условия при возникновении продольной несимметрии	ПК-1
22) Расчёт установившегося тока короткого замыкания при отсутствии автоматического регулирования возбуждения.	ПК-1
23) Параметры синхронных и асинхронных машин, обобщённой нагрузки, воздушных и кабельных линий для токов обратной и нулевой последовательностей.	ПК-1
24) Характеристики и параметры установившегося режима короткого замыкания.	ПК-1
25) Применение метода симметричных составляющих для расчёта несимметричных переходных процессов	ПК-1

26) Влияние и учёт действия автоматического регулятора возбуждения на установившийся ток короткого замыкания. Особенности проектирования.	ПК-1
27) Параметры трансформаторов и автотрансформаторов для токов обратной и нулевой последовательностей.	ПК-1
28) Учёт нагрузки и её влияния на ток короткого замыкания.	ПК-1
29) Использование отключающей способности выключателя для расчёта сопротивления системы.	ПК-1
30) Приближенные вычисления тока короткого замыкания.	ПК-1
31) Учёт автоматического регулятора возбуждения при внезапном коротком замыкании синхронной машины.	ПК-1
32) Начальное значение тока короткого замыкания.	ПК-1
33) Применение метода симметричных составляющих для расчёта несимметричных переходных процессов.	ПК-1
34) Сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронной машины.	ПК-1
35) Метод типовых кривых.	ПК-1
36) Расчёт начального сверхпереходного и ударного токов короткого замыкания.	ПК-1
37) Практические методы расчётов токов короткого замыкания. Особенности проектирования.	ПК-1
38) Дифференциальные уравнения переходного процесса синхронной машины.	ПК-1
39) Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент.	ПК-1
40) Характеристики и влияние электродвигателей и обобщённой нагрузки на ток в месте короткого замыкания.	ПК-1
41) Двухфазное короткое замыкание на землю. Безопасность работ.	ПК-1
42) Обобщённый вектор трёхфазной системы.	ПК-1
43) Метод расчётных кривых при вычислении тока короткого замыкания.	ПК-1
44) Уравнения Парка-Горева.	ПК-1
45) Особенности составления схем замещения нулевой последовательности.	ПК-1
46) Токи короткого замыкания в дальних электропередачах высокого и сверхвысокого напряжения. Безопасность работ.	ПК-1
47) Двухфазное короткое замыкание на землю.	ПК-1
48) Особенности учета сопротивлений при расчётах токов короткого замыкания в системах напряжением до 1000 В. Особенности проектирования.	ПК-1
49) Влияние качаний синхронных машин на ток короткого замыкания.	ПК-1
50) Техника безопасности при работах с коротким замыканием. Особенности проектирования.	ПК-1
51) Основные виды и особенности переходных процессов, характеристики их протекания и влияние на работу электрической системы и её элементов. Безопасность работ.	ПК-6
52) Однофазное короткое замыкание в сети с изолированной нейтралью.	ПК-6
53) Работа сети с заземлённой и изолированной нейтралью. Безопасность работ.	ПК-6
54) Основные допущения, принимаемые при исследованиях и в практиче-	ПК-6

ских расчётах переходных процессов. Безопасность работ.	
55) Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент. Безопасность работ.	ПК-6
56) Начальное значение тока короткого замыкания.	ПК-6
57) Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент.	ПК-6
58) Двухфазное короткое замыкание на землю. Безопасность работ.	ПК-6
59) Токи короткого замыкания в дальних электропередачах высокого и сверхвысокого напряжения. Безопасность работ.	ПК-6
60) Техника безопасности при работах с коротким замыканием. Особенности проектирования.	ПК-6

5.2.2. Вопросы и задачи к практическим (лабораторным) занятиям

Решение задач как и защита этого решения осуществляется в компьютерном классе с использованием доступного программного обеспечения, позволяющего моделировать работу и проводить необходимые расчёты и вычисления.

1. Основные виды и особенности переходных процессов, характеристики их протекания и влияние на работу электрической системы и ее элементов.
2. Сравнение токов короткого замыкания при различных видах поперечной несимметрии.
3. Работа сети с заземленной и изолированной нейтралью
4. Сравнение токов короткого замыкания при различных видах поперечной несимметрии
5. Схема замещения для расчета токов короткого замыкания. Преобразование схем замещения.
6. Однофазное короткое замыкания в сети с заземленной нейтралью.
7. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи.
8. Система относительных единиц.
9. Примеры вычисления основных параметров.
10. Особенности исследования несимметричных переходных процессов.
11. Ударный ток короткого замыкания.
12. Ударный коэффициент.
13. Параметры синхронных и асинхронных машин, обобщенной нагрузки, воздушных и кабельных линий для токов обратной и нулевой последовательностей.
14. Характеристики и параметры установившегося режима короткого замыкания.
15. Параметры трансформаторов и автотрансформаторов для токов обратной и нулевой последовательностей.
16. Учет нагрузки и ее влияния на ток короткого замыкания.
17. Учет автоматического регулятора возбуждения при внезапном коротком замыкании синхронной машины.
18. Метод типовых кривых
19. Особенности учета сопротивлений при расчетах токов короткого замыкания в системах напряжением до 1000 В.

На схеме приведён участок электрической системы, с который входят: система С бесконечной мощности с параметрами: Uс = 520 кВ; генератор G с параметрами: S_G = 200 МВ·А, Uн = 15,75 кВ, x''_d = 0,22; автотрансформатор Т1 с параметрами: ST1 = 160 МВ·А, Uв / Uс / Uн = 525 / 220 / 11 кВ, $uк_{ВС}$ = 18%, $uк_{ВН}$ = 26%, $uк_{СН}$ = 10%; автотрансформатор Т2 с параметрами: S_{T2} = 250 МВ·А, Uв / Uс / Uн = 242 / 169 / 15,75 кВ, $uк_{ВС}$ = 12,7%, $uк_{ВН}$ = 11,8%, $uк_{СН}$ = 17,75%

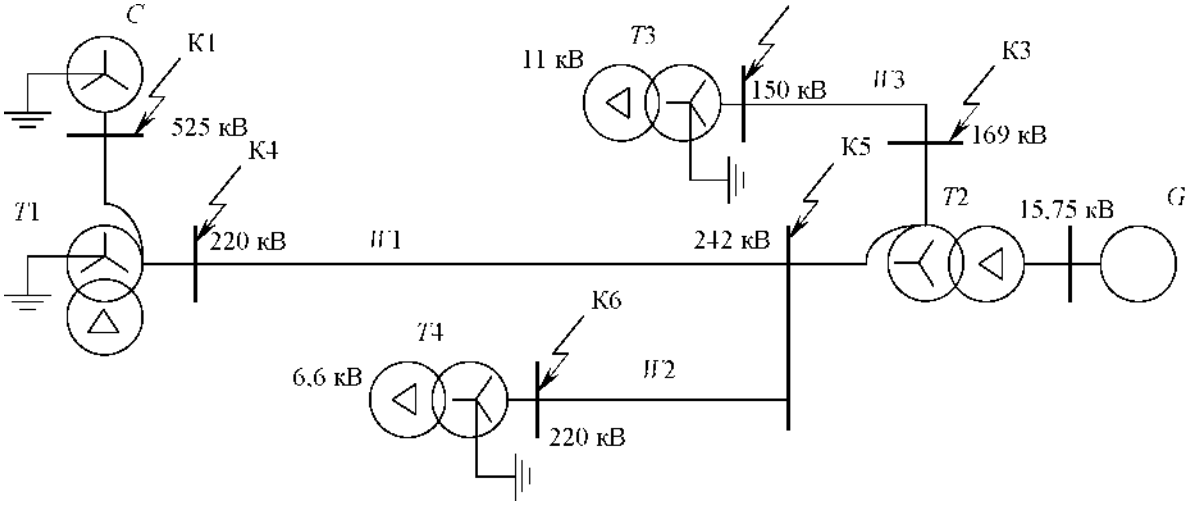


Схема для зачета Параметры остальных элементов приведены ниже

Таблица 1. Исходные данные

№ варианта	*T3*			Т4			*W1*			*W2*			*W3*			Точка КЗ
	$S_{т3}$, МВ·А	$U_в/U_н$, кВ	$u_к$, %	$S_{т4}$, МВ·А	$U_в/U_н$, кВ	$u_к$, %	l, км	x_{10}, Ом/км	x_{00}, Ом/км	l, км	x_{10}, Ом/км	x_{00}, Ом/км	l, км	x_{1U}, Ом/км	x_{00}, Ом/км	
1				32			130	0,42	1,32	95	0,42	1,32	70	0,40	1,40	1
2	16		11	63			150	0,43	1,35	100	0,40	1,32	70	0,41	1,35	2
3				160			210	0,42	1,40	60	0,43	1,38	200	0,44	1,30	3
4				32			95	0,42	1,32	130	0,42	1,32	70	0,40	1,40	4
5	32		10,5	63			100	0,40	1,32	150	0,43	1,35	70	0,41	1,35	5
6				160			60	0,43	1,38	210	0,42	1,40	200	0,44	1,30	6
7				32			70	0,40	1,40	130	0,42	1,32	95	0,42	1,32	1
8	63		10,5	63			70	0,41	1,35	150	0,43	1,35	100	0,40	1,32	2
9				160			200	0,44	1,30	210	0,42	1,40	60	0,43	1,38	3
10				32			130	0,42	1,32	70	0,40	1,40	95	0,42	1,32	4
11	16		11	63		12	150	0,43	1,35	70	0,41	1,35	100	0,40	1,32	5
12				160			210	0,42	1,40	200	0,44	1,30	60	0,43	1,38	6
13				32			95	0,42	1,32	70	0,40	1,40	130	0,42	1,32	1
14	32		10,5	63			100	0,40	1,32	70	0,41	1,35	150	0,43	1,35	2
15				160			60	0,43	1,38	200	0,44	1,30	210	0,42	1,40	3
16				32			70	0,40	1,40	95	0,42	1,32	130	0,42	1,32	4
17	63		10,5	63			70	0,41	1,35	100	0,40	1,32	150	0,43	1,35	5
18				160			200	0,44	1,30	60	0,43	1,38	210	0,42	1,40	6
19		156/10,5		32	230/6,6		210	0,42	1,40	60	0,43	1,38	200	0,44	1,30	1
20	16		11	63			130	0,42	1,32	95	0,42	1,32	70	0,40	1,40	2
21				160			150	0,43	1,35	100	0,40	1,32	70	0,41	1,35	3

Необходимо:

· составить схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей сети;
· рассчитать установившийся ток;
· рассчитать начальный сверхпереходный ток К.З.;
· рассчитать ударный ток К.З.;
· вычислить значение апериодической составляющей тока К.З.;
· рассчитать тепловой импульс тока короткого замыкания;
· рассчитать ток несимметричного К.З.

- Расчет параметров схемы замещения ЛЭП.

Выразить в относительных единицах индуктивное сопротивление ЛЭП, длина которой *l*и удельное электрическое сопротивление x_0, приняв за базисные условия базисную мощность $S_б$и напряжение $U_б$.Исходные данные приведены ниже (таблица 2)

Таблица 2 - Исходные данные для практической работы «Расчет параметров схемы замещения ЛЭП»

№ варианта	*l*,км	x_0, Ом/км	$S_б$, МВ·А	$U_б$, кВ
1	100	0,40	100	115
2	120	0,38	200	230
3	140	0,41	300	38,5
4	160	0,39	120	115
5	180	0,42	150	230
6	200	0,40	170	38,5
7	220	0,38	130	115
8	240	0,41	110	230
9	260	0,39	210	38,5
10	280	0,42	250	115
11	290	0,40	345	230
12	270	0,38	265	38,5
13	250	0,41	175	115
14	230	0,39	105	230
15	210	0,42	155	38,5
16	190	0,40	245	115
17	170	0,38	320	230
18	150	0,41	340	38,5
19	130	0,39	220	115
20	110	0,42	115	230

- Расчет параметров схемы замещения двухобмоточного трансформатора.

Определить сопротивление трехфазного двухобмоточного трансформатора с параметрами: номимальная мощность Sнт, номинальное высшее напряжение Uв, номинальное низшее напряжение Uн, напряжение короткого замыкания Uк. Исходные данные приведены ниже (таблица 3).

Таблица 3 - Исходные данные для практической работы «Расчет параметров схемы замещения двухобмоточного трансформатора»

№ варианта	$S_{нт}$, МВ·А	$U_в$, кВ	$U_н$, кВ	$U_к$, %	Задание[1]
1	10	115	6,6	10,5	1

2					2
3					3
4	10	115	10,5	10,5	1
5					2
6					3
7	10	115	11,0	10,5	1
8					2
9					3
10	16	115	6,3	10,5	1
11					2
12					3
13	16	115	6,6	10,5	1
14					2
15					3
16	16	115	11,0	10,5	1
17					2
18					3
19	16	115	34,5	10,5	1
20					2
21					3

5.2.3 Задания домашней контрольной работы «Переходные процессы в электрических сетях» по вариантам (для оценки формирования компетенций ПК-1 и ПК-6).

Исходными данными для домашней контрольной работы являются:

- план электросетевого района;
- расчетные длины ЛЭП электросетевого района;
- указание точки в которой необходимо произвести расчет тока короткого замыкания;
- напряжение на шинах ОЭС;
- мощность короткого замыкания на шинах системы;
- тип автотрансформаторов связи с ОЭС;
- тип синхронных генераторов в генерирующем узле;
- значения нагрузок в узлах схемы.

Перечень вопросов, подлежащих разработке:

- выбрать оборудование для заданной вариантом схемы;
- составить схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей сети;
- рассчитать установившийся ток и установившуюся мощность К.З на шинах ВН, СН, НН подстанции;
- рассчитать начальный сверхпереходный ток и мощность при трёхфазном К.З на шинах ВН, СН, НН подстанции;
- рассчитать ударный ток К.З.;
- вычислить значение апериодической составляющей тока К.З.;
- определить остаточное напряжение на шинах;
- рассчитать ток несимметричного К.З.

Оценка формирования компетенции ПК-1.

- выбрать оборудование для заданной вариантом схемы;
- составить схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей сети;
- рассчитать установившийся ток и установившуюся мощность К.З на шинах ВН, СН, НН подстанции;

– рассчитать начальный сверхпереходный ток и мощность при трёхфазном К.З на шинах ВН, СН, НН подстанции;
– рассчитать ударный ток К.З.;
– вычислить значение апериодической составляющей тока К.З.;
– определить остаточное напряжение на шинах;
– рассчитать ток несимметричного К.З.

Оценка формирования компетенции ПК-6.

– Безопасность работ. Основные виды и особенности переходных процессов, характеристики их протекания и влияние на работу электрической системы и её элементов.
– Безопасность работ при однофазном коротком замыкании в сети с изолированной нейтралью.
– Работа сети с заземлённой и изолированной нейтралью. Безопасность работ.
– Основные допущения, принимаемые при исследованиях и в практических расчётах переходных процессов. Учёт безопасности работ.
– Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент. Безопасность работ.
– Безопасность работ. Учёт начального значения тока короткого замыкания.
– Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент.
– Безопасность работ при двухфазном коротком замыкании на землю.
– Токи короткого замыкания в дальних электропередачах высокого и сверхвысокого напряжения. Безопасность работ.
– Техника безопасности при работах с коротким замыканием. Особенности проектирования.

Дополнительные вопросы ко всем вариантам заданий (оценка формирования компетенции ПК-6).

– Основные виды и особенности переходных процессов, характеристики их протекания и влияние на работу электрической системы и её элементов. Безопасность работ.
– Однофазное короткое замыкание в сети с изолированной нейтралью.
– Основные допущения, принимаемые при исследованиях и в практических расчётах переходных процессов. Безопасность работ.
– Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент. Безопасность работ.
– Двухфазное короткое замыкание на землю. Безопасность работ.
– Токи короткого замыкания в дальних электропередачах высокого и сверхвысокого напряжения. Безопасность работ.
– Техника безопасности при работах с коротким замыканием. Особенности проектирования.

Теоретические вопросы ко всем вариантам заданий работы (оценка формирования компетенции ПК-6).

– Основные виды и особенности переходных процессов, характеристики их протекания и влияние на работу электрической системы и её элементов. Безопасность работ.
– Однофазное короткое замыкание в сети с изолированной нейтралью.
– Основные допущения, принимаемые при исследованиях и в практических расчётах переходных процессов. Безопасность работ.
– Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент. Безопасность работ.
– Двухфазное короткое замыкание на землю. Безопасность работ.
– Токи короткого замыкания в дальних электропередачах высокого и сверхвысокого напряжения. Безопасность работ.
– Техника безопасности при работах с коротким замыканием. Особенности проектиро-

вания.

Задания работы (оценка формирования компетенции ПК-1).

ЗАДАНИЕ 1

- **Приведение сопротивления к генераторному напряжению.**

Пересчитать на генераторное напряжение UG сопротивление z, находящееся за тремя каскадно включёнными трансформаторами с соотношениями напряжений обмоток: Т1: U1в / U1н; Т2: U2в / U2н; Т3: U3в / U3н. Исходные данные приведены ниже (таблица 11).

Таблица 11. - Исходные данные для практической работы «Приведение сопротивление к генераторному напряжению»

№ варианта	U_G,кВ	z, Ом	T_1		T_2		T_3	
			$U_{1в}$, кВ	$U_{1н}$, кВ	$U_{2в}$, кВ	$U_{2н}$, кВ	$U_{3в}$, кВ	$U_{3н}$, кВ
1	11,0	10	10,5	38,5	35	6,6	6	0,4
2	6,6	10	6,3	38,5	35	11	10,5	0,4
3	11,0	10	10,5	38,5	35	10,5	10	0,4
4	6,6	10	6,3	38,5	35	6,6	6	0,4
5	11,0	10	10,5	115	110	6,6	6	0,4
6	6,6	10	6,3	115	110	11	10,5	0,4
7	11,0	10	10,5	115	110	11	10,5	0,4
8	6,6	10	6,3	115	110	6,6	6	0,4
9	11,0	10	10,5	230	220	6,6	6	0,4
10	6,6	10	6,3	230	220	11	10,5	0,4
11	11,0	10	10,5	230	220	11	10,5	0,4
12	6,6	10	6,3	230	220	6,6	6	0,4
13	11,0	10	10,5	230	220	115	110	10,5
14	6,6	10	6,3	230	220	115	110	10,5
15	11,0	10	10,5	230	220	115	110	6,3
16	6,6	10	6,3	230	220	115	110	6,3
17	11,0	10	10,5	230	220	36,75	38,5	10,5
18	6,6	10	6,3	230	220	36,75	38,5	10,5
19	11,0	10	10,5	230	220	36,75	38,5	6,3
20	6,6	10	6,3	230	220	36,75	38,5	6,3

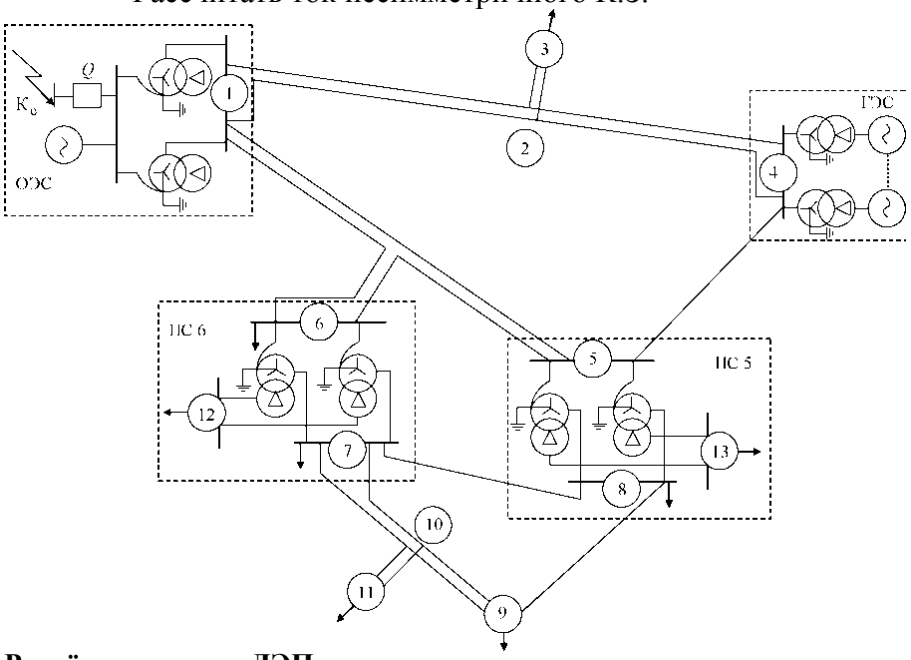
ЗАДАНИЕ 2

- Точка К.З. в узле № 9, сети 110 кВ.
- Напряжение на шинах ОЭС - 500 кВ.
- Мощность К.З. на шинах системы рассчитывается по отключающей способности выключателя Q.
- Автотрансформаторы связи с ОЭС 2х(3хАОДЦТН-167000/500/220).
- Синхронные генераторы ТЭЦ: 2 х СВ-835/180-36.
- Значения нагрузок в узлах схемы:

Номер ПС		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Активная мощность в узле, МВт	220кВ	Б	-		-200	-	30				-			
	110кВ			40				20	22					
	35кВ											25		
	6-10кВ			30						40		30	12	10

Перечень вопросов, подлежащих разработке:

- Выбрать оборудование для заданной вариантом схемы.
- Составить схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей сети.
- Рассчитать установившийся ток и установившуюся мощность К.З на шинах ВН, СН, НН подстанции.
- Рассчитать начальный сверхпереходный ток и мощность при трёхфазном К.З на шинах ВН, СН, НН подстанции.
- Рассчитать ударный ток К.З.
- Вычислить значение апериодической составляющей тока К.З.
- Определить остаточное напряжение на шинах.
- Рассчитать ток несимметричного К.З.



Расчётные длины ЛЭП

Наименование ЛЭП	1-2	2-3	2-4	4-5	1-5	1-6	6-5	7-8	7-10	10-9	10-11	8-9
Длина ЛЭП, км	60	25	50	80	125	80	75	70	35	35	20	70

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Петренко Ю.В. Теоретические основы электротехники. Переходные процессы в линейных электрических цепях [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 84 с. - ISBN 978-57782-2812-2 –

Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228122.html [25.09.2019]

2. Армеев Д.В., Гусев Е.П. Переходные процессы в электрических системах: сборник задач. Новосибирск: НГТУ, 2014. – 332 с. (Доступно в ЭБС «Консультант-студент»)

Режим доступа:
http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778224988.html?SSr=590133efb8074889fb1b534
[25.09.2019]

б)Дополнительная литература

1. Долин П.А. Электробезопасность. Теория и практика [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / П.А. Долин, В.Т. Медведев, В.В. Корочков, А.Ф. Монахов; под ред. В.Т. Медведева. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. - 280 с. - ISBN 978-5-383-00629-0 –

Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383006290.html [25.09.2019]

2. Авдеева Т.В. Журнал к лабораторной работе № 5 "Исследование переходных процессов в линейных электрических цепях" по курсу "Электротехника и электроника" [Электронный ресурс] / Т.В. Авдеева, В.И. Волченсков, Т.О. Князькова. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 16 с. - ISBN 978-5-7038-3849-5 –

Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703838495.html [25.09.2019]

в) Программное обеспечение лицензионное и свободно распространяемое

- Операционная система Microsoft Windows
- Пакет прикладных программ Microsoft Office
- Правовая система «Консультант плюс»
- Браузер Google Chrome

г) Интернет-ресурсы

- Федеральный портал. Российское образование: http://www.edu.ru/;
- Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: http://www.gost. ru/.
- http://elektromehanika.org/
- Правовая система «Гарант»
- Сайт Министерства энергетики РФ. - www.minenergo.gov.ru
- Известия вузов «Электромеханика», http://electromeh.npi-tu.ru/ru/archive/
- http://novostienergetiki.ru
- ЭБС «Юрайт». Режим доступа: http://biblio-online.ru
- ЭБС «Консультант студента». Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Лань». Режим доступа: http://e.lanbook.com/
- ЭБС «Znanium.com». Режим доступа: www.znanium.com

д) Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Информационный проект для работников энергетических служб и студентов электротехнических вузов http://electrichelp.ru
- Электрика и электроэнергетика https://pomegerim.ru
- Электричество и электроснабжение http://enginer-electric.ru
- «Техэксперт» – профессиональные справочные системы http://техэксперт.рус/ [26.10.19]
- База данных «Электрик» http://www.electrik.org/ [26.10.19]
- ИС «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». Разделы:
  - Энергетика http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.27 [26.10.19]
  - Электротехника http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.30 [26.10.19]
- Онлайн электрик: база данных https://online-electric.ru/dbase.php [26.10.19]
- База данных Energy & Power Source для профессионалов в области энергетики и исследователей - http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple [26.10.19]
- Банк изобретений, технологий и научных открытий:http://www.ntpo.com [26.10.19]
- Научная электронная библиотека www.elibrary.ru [26.10.19]

– База данных рецензируемой литературы Scopus https://www.scopus.com [26.10.19]
– База данных Web of Science https://apps.webofknowledge.com [26.10.19]
– ГАРАНТ. Информационно-правовой-портал http://www.garant.ru/
– Правовая система «Консультант плюс»

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения, используемые при реализации дисциплины, представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий.

Лекционные и практические занятия проводятся в специализированной лаборатории электронной техники, микропроцессоров и микропроцессорных систем, электрических измерений, оснащённой комплектами лабораторного оборудования, лабораторными стендами, измерительным оборудованием, техническим оборудованием, обеспечивающим проведение занятий.

Помещения (аудитории) для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключённой к сети «Интернет» и обеспеченной доступом в электронную информационно-образовательную среду вуза.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Автор: ведущий инженер ООО «СТАНДАРТ», к.т.н. В.В. Лебедев

Рецензент:
д.т.н., начальник отдела АО "Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения им. И. И. Африкантова" В.А. Панов

Программа утверждена на заседании объединённой методической комиссии Института открытого образования и филиалов университета, протокол № 13 от 29.04.2019 г.