

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Апатенко Алексей Сергеевич

Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 27.11.2023 12:07:03

Уникальный программный код:

966df42f20792acade08f7f81984d664010981da



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

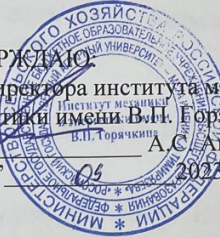
Институт Механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра Электроснабжение и электротехника имени академика И.А. Будзко

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики и  
энергетики имени В.П. Горячкина

В.П. Горячкин А.С. Апатенко

“ 4 ” 04 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.01.01 «ТОКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ»**  
для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Направленность: Распределительные электрические сети

Курс 3

Семестр 5

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2023

Москва, 2023

Разработчик: Стушкина Н.А., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Стушкина Н.А.  
«07» 06 2023 г.

Рецензент Сторчевой В.Ф., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Сторчевой В.Ф.  
(подпись)  
«07» 06 2023 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры ЭС и ЭТ им. акад. И.А. Будзко  
протокол № 14 от «07» 06 2023 г.

И.о. зав. кафедрой ЭС и ЭТ им. акад. И.А. Будзко Стушкина Н.А., к.т.н., доцент

Стушкина Н.А.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«07» 06 2023 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической  
комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина,  
Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

протокол № 15 от «28» 06 2023 г.

«28» 06 2023 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой ЭС и ЭТ им. акад. И.А. Будзко Стушкина Н.А.,

к.т.н., доцент  
Стушкина Н.А.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«07» 06 2023 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

Еримова И.И.  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ</b> .....	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>5</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ</b> .....	<b>6</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b> .....	<b>6</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>8</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ..... В СЕМЕСТРЕ .....	8
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	11
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	<b>15</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>16</b>
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности .....	17
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания .....	20
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>21</b>
7.1 Основная литература .....	21
7.2 Дополнительная литература .....	21
7.3 Нормативные правовые акты .....	22
7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	22
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕР- НЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>22</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИ- СТЕМ</b> .....	<b>22</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕ- НИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	<b>23</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b> ..	<b>24</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	24
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	<b>24</b>



## Аннотация

Рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.01.01 «Токи короткого замыкания» для подготовки бакалавра по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Распределительные электрические сети

**Цель освоения дисциплины:** освоение студентами основных сведений о процессах, происходящих в электрических системах при коротких замыканиях (к.з.) обрывах фаз и других повреждениях ВЛ, основ расчетов токов и напряжений в аварийных режимах, а также расчетов токов короткого замыкания, нужных при выборе электрооборудования. Дисциплина «Токи короткого замыкания» является в своей основе теоретической и способствует развитию у студентов логического и абстрактного мышления с практической реализацией ее содержания, развитие способности:

- к самоорганизации и самообразованию;
- применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.
- готовность к участию в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования;
- обучение принципам и методам разработки, создания, распространения и использования цифровых технологий в электроэнергетике; получение базовых знаний о современных цифровых технологиях, используемых в профессиональной деятельности и практические навыки их использования.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): ПК<sub>ос</sub>-2 (ПК<sub>ос</sub>-2.1).

**Краткое содержание дисциплины:**

### **Раздел 1. Переходные процессы в простейших трехфазных цепях**

**Тема 1.** Общие сведения об электромагнитных процессах в системах электроснабжения.

### **Раздел 2. Начальный момент внезапного нарушения режима**

**Тема 1.** Переходный электромагнитный процесс при симметричном к.з. в трехфазной цепи, подключенной к источнику неограниченной мощности.

### **Раздел 3. Установившийся режим трехфазного к.з.**

**Тема 1.** Переходный процесс при трехфазном к.з. за силовым трансформатором.

### **Раздел 4. Уравнение электромагнитного переходного процесса синхронной машины. Внезапное к.з. синхронной машины.**

**Тема 1.** Переходный процесс при трехфазном к.з. на зажимах синхронного генератора.

**Тема 2.** Влияние АРВ на переходный процесс трехфазного к.з.

### **Раздел 5. Практические методы расчета тока трехфазного к.з.**

**Тема 1.** Выбор расчетных условий. Системы единиц.

**Тема 2.** Аналитический метод расчета начального и ударного токов трехфазного к.з.

### **Раздел 6. Особенности и методика расчета несимметричных переходных процессов.**

**Тема 1.** Нарушение симметрии трехфазной цепи.

**Тема 2.** Использование метода симметричных составляющих при расчетах несимметричных режимов.

## **Раздел 7. Расчет несимметричных к.з.**

**Тема 1.** Расчет несимметричных к.з. в системах с заземленной и изолированной нейтралью.

## **Раздел 8. Переходные процессы при особых условиях.**

**Тема 1.** Расчет токов к.з. в установках напряжением до 1000 В.

**Тема 2.** Применение цифровых технологий при расчете токов короткого замыкания.

## **Раздел 9. Термическое и электродинамическое действие токов к.з.**

**Тема 1.** Термическое и электродинамическое действие токов к.з.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 6 зач. единиц (216 часов) / в т.ч. практическая подготовка 4 ч.

**Промежуточный контроль:** экзамен, курсовая работа.

### **1. Цели освоения дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Токи короткого замыкания» является освоение студентами основных сведений о процессах, происходящих в электрических системах при коротких замыканиях (к.з.) обрывах фаз и других повреждениях ВЛ. Приобретение умений и навыков для расчетов токов и напряжений в аварийных режимах, а также расчетов токов короткого замыкания, нужных при выборе электрооборудования. В результате изучения данной дисциплины студенты должны знать:

- методику расчета токов и напряжений в аварийных режимах;
- методы расчета величины токов к.з., нужные при выборе электрооборудования и расчета релейной защиты;
- основы выполнения расчета токов к.з. в сетях напряжением до 1 кВ;
- основы проверки защитного электрооборудования по термической и динамической стойкости;
- компьютерные программы для расчета токов к.з.

### **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Токи короткого замыкания» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений учебного плана.

Изучение данной дисциплины позволяет специалистам, подготавливаемым по разным специальностям в рамках направления «Электроэнергетика и электротехника» получить основные сведения о процессах, происходящих в электрических системах при коротких замыканиях, обрывах фаз и других повреждениях ВЛ, позволяет понять сущность взаимодействия элементов электроэнергетической системы в различных режимах ее работы и получить навыки анализа этих режимов.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Токи короткого замыкания» являются «Математика», «Физика», «Информатика», «Теоретические основы электротехники», «Электромеханика». График изучения указанных дисциплин приведен в рабочем учебном плане.

Дисциплина знакомит студентов с методами расчета токов к.з. в разных режимах. Знание этих вопросов необходимо всем специалистам-электроэнергетикам. Поэтому данная дисциплина является базовой для изучения всех специальных дисциплин направления «Электроэнергетика и электротехника».

Дисциплина «Токи короткого замыкания» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Электрические станции и подстанции» в электроэнергетических системах и для выполнения выпускной квалификационной работы.

Особенностью дисциплины является наличие в её содержании физики, математики, информатики, теоретических основ электротехники, инженерных знаний и средств вычислительной техники.

Рабочая программа дисциплины «Токи короткого замыкания» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Процесс преподавания дисциплины направлен на формирование у студентов следующих профессиональных (ПКос) компетенций (индикаторы достижения компетенций), представленных в таблице 1.

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1	ПК <sub>ос</sub> -2	Способен выполнять работы по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве	ПК <sub>ос</sub> -2.1 Демонстрирует знания режимов, методов и средств повышения эффективности работы основного энергетического и электротехнического оборудования	Режимы работы, методы и средства повышения эффективности работы основного энергетического и электротехнического оборудования; основные цифровые инструменты при решении профессиональных задач (Mathcad, Matlab, Maple, Mathematica, MS Office: Word, Excel и др.)	использовать методы и средства повышения эффективности работы основного энергетического и электротехнического оборудования; применять соответствующий физико-математический аппарат для анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с использованием специализированных инженерных расчетных программ.	навыками расчета режимов работы основного энергетического и электротехнического оборудования; способностью систематизировать, анализировать и представлять результаты инженерных расчетов с использованием современных цифровых технологий (Excel, PowerPoint, Zoom, Miro и др.).

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач.ед. (216 часов), их распределение по видам работ в семестре представлено в таблице 2.

Таблица 2

##### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость
	семестр № 5 всего/*
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>216/4</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>62,4/4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>62,4/4</b>
<i>в том числе:</i>	
<i>лекции (Л)</i>	26
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	16
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	16/4
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2
<i>консультации перед экзаменом</i>	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>153,6</b>
<i>Курсовая работа (КР)(подготовка)</i>	36
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)</i>	84
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	33,6
Вид промежуточного контроля:	Экзамен

\* в том числе практическая подготовка



## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнено)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР всего /*	ПКР	
<b>Раздел 1.</b> Переходные процессы в простейших трехфазных цепях.	10	2				8
<b>Раздел 2.</b> Начальный момент внезапного нарушения режима.	20	2	2	8		8
<b>Раздел 3.</b> Установившийся режим трехфазного к.з.	16	4	4			8
<b>Раздел 4.</b> Уравнение электромагнитного переходного процесса синхронной машины. Внезапное к.з. синхронной машины.	12	4				8
<b>Раздел 5.</b> Практические методы расчета тока трехфазного к.з.	16	2	2			12
<b>Раздел 6.</b> Особенности и методика расчета несимметричных переходных процессов.	16	4	2			10
<b>Раздел 7.</b> Расчет несимметричных к.з.	30/4	4	6	8/4		12
<b>Раздел 8.</b> Переходные процессы при особых условиях.	10	2				8
<b>Раздел 9.</b> Термическое и электродинамическое действие токов к.з.	12	2				10
<b>Курсовая работа (КР) (консультация, защита)</b>	2				2	
<b>Консультации перед экзаменом</b>	2				2	
<b>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</b>	0,4				0,4	
<b>Курсовая работа (КР) (подготовка)</b>	36					36
<b>Всего за 6-й семестр</b>	182,4	26	16	16/4	4,4	120
<b>Экзамен</b>	33,6					33,6
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>216/4</b>	<b>26</b>	<b>16</b>	<b>16/4</b>	<b>4,4</b>	<b>153,6</b>

\* в том числе практическая подготовка

### Раздел 1. Переходные процессы в простейших трехфазных цепях

**Тема 1.** Общие сведения об электромагнитных процессах в системах электроснабжения.

Рассматриваемые вопросы.

Общие сведения об электромагнитных переходных процессах. Виды к.з. Основные причины возникновения к.з. Основные допущения.

### Раздел 2. Начальный момент внезапного нарушения режима

**Тема 1.** Переходный электромагнитный процесс при симметричном к.з. в трехфазной цепи, подключенной к источнику неограниченной мощности.

Рассматриваемые вопросы

Режим работы простейшей цепи в предшествующем режиме. Нарушение симметрии трехфазной цепи. Ударный ток.

### **Раздел 3. Установившийся режим трехфазного к.з.**

**Тема 1.** Переходный процесс при трехфазном к.з. за силовым трансформатором.

Рассматриваемые вопросы

Трехфазное к.з. за силовым трансформатором. Переходный процесс при включении силового трансформатора под напряжение.

### **Раздел 4. Уравнение электромагнитного переходного процесса синхронной машины.**

**Внезапное к.з. синхронной машины.**

**Тема 1.** Переходный процесс при трехфазном к.з. на зажимах синхронного генератора.

Рассматриваемые вопросы

Баланс магнитных потоков. Векторная диаграмма неявнополюсного генератора.

**Тема 2.** Влияние АРВ на переходный процесс трехфазного к.з.

Рассматриваемые вопросы

Определение установившегося тока к.з. генератора с АРВ.

### **Раздел 5. Практические методы расчета тока трехфазного к.з.**

**Тема 1.** Выбор расчетных условий. Системы единиц.

Рассматриваемые вопросы

Составление схем замещения. Эквивалентные преобразования схем замещения.

**Тема 2.** Аналитический метод расчета начального и ударного токов трехфазного к.з.

Рассматриваемые вопросы

Расчет токов к.з. в начальный момент переходного процесса. Расчет токов к.з. для любого момента времени переходного процесса.

### **Раздел 6. Особенности и методика расчета несимметричных переходных процессов.**

**Тема 1.** Нарушение симметрии трехфазной цепи.

Рассматриваемые вопросы

Основные положения метода симметричных составляющих.

**Тема 2.** Использование метода симметричных составляющих при расчетах несимметричных режимов.

Рассматриваемые вопросы

Однократная поперечная несимметрия.

### **Раздел 7. Расчет несимметричных к.з.**

**Тема 1.** Расчет несимметричных к.з. в системах с заземленной и изолированной нейтралью.

Рассматриваемые вопросы

Двухфазное к.з. Однофазное к.з. Двухфазное к.з. на землю. Трансформация симметричных составляющих токов и напряжений. Однофазные замыкания на землю. Двойные замыкания на землю.

### **Раздел 8. Переходные процессы при особых условиях.**

**Тема 1.** Расчет токов к.з. в установках напряжением до 1000 В.

Рассматриваемые вопросы

Особенности расчета токов к.з. в сельских сетях.

**Тема 2.** Применение цифровых технологий при расчете токов короткого замыкания.

Рассматриваемые вопросы

Компьютерные программы для расчета токов к.з.

## Раздел 9. Термическое и электродинамическое действие токов к.з.

### Тема 1. Термическое и электродинамическое действие токов к.з.

Рассматриваемые вопросы

Термическое и электродинамическое действие токов к.з. Проверка электрических аппаратов и проводников на термическую стойкость. Проверка шинных конструкций и электрических аппаратов на электродинамическую стойкость при к.з.

### 4.3 Лекции/лабораторные/практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Номер и наименование разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов из них практическая подготовка
1.	<b>Раздел 1. Переходные процессы в простейших трехфазных цепях</b>				<b>2</b>
	<b>Тема 1.</b> Общие сведения об электромагнитных процессах в системах электроснабжения.	Лекция №1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах. Виды к.з. Основные причины возникновения к.з. Основные допущения.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		2
2.	<b>Раздел 2. Начальный момент внезапного нарушения режима</b>				12
	<b>Тема 1.</b> Переходный электромагнитный процесс при симметричном к.з. в трехфазной цепи, подключенной к источнику неограниченной мощности.	Лекция №2. Переходный процесс при трехфазном КЗ в простейшей цепи, питаемой от источника неограниченной мощности.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		2
		Практическая работа №1. Системы единиц при расчете токов КЗ	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)	Дискуссия Устный опрос	2
		Лабораторная работа №1. Определение начального значения тока трехфазного к.з. Расчет ударного тока	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)	Защита лабораторной работы	8
3.	<b>Раздел 3. Установившийся режим трехфазного к.з.</b>				<b>8</b>
	<b>Тема 1.</b> Переходный процесс при	Лекция №3. Переходный процесс при трехфазном КЗ в простейшей цепи, питаемой	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		4

№ п/п	Номер и наименование разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов из них практическая подготовка
	трехфазном к.з. за силовым трансформатором	от источника неограниченной мощности			
		Практическая работа № 2. Расчет начального значения периодической составляющей тока трехфазного КЗ.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)	Дискуссия Устный опрос Решение задач	4
4.	<b>Раздел 4. Уравнение электромагнитного переходного процесса синхронной машины. Внезапное к.з. синхронной машины.</b>				<b>4</b>
	<b>Тема 1.</b> Переходный процесс при трехфазном к.з. на зажимах синхронного генератора.	Лекция №4. Переходный процесс при трехфазном КЗ на зажимах синхронного генератора	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		2
	<b>Тема 2.</b> Влияние АРВ на переходный процесс трехфазного к.з.	Лекция №5. Влияние АРВ на переходный процесс трехфазного короткого замыкания	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		2
5.	<b>Раздел 5. Практические методы расчета тока трехфазного к.з.</b>				<b>4</b>
	<b>Тема 1.</b> Выбор расчетных условий. Системы единиц.	Лекция №6. Составление схем замещения для расчета тока трехфазного КЗ.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		2
	<b>Тема 2.</b> Аналитический метод расчета начального и ударного токов трехфазного к.з.	Практическая работа № 3. Расчет начального и ударного тока трехфазного КЗ с учетом влияния нагрузки.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)	Дискуссия Устный опрос Решение задач	2
6.	<b>Раздел 6. Особенности и методика расчета несимметричных переходных процессов.</b>				<b>6</b>
	<b>Тема 1.</b> Нарушение симметрии	Лекция №7. Переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		4

№ п/п	Номер и наименование разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов из них практическая подготовка
	трехфазной цепи.				
	<b>Тема 2.</b> Использование метода симметричных составляющих при расчетах несимметричных режимов.	Практическая работа № 4. Расчет несимметричных КЗ.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)	Дискуссия Устный опрос Решение задач	2
<b>7.</b>	<b>Раздел 7. Расчет несимметричных к.з.</b>				<b>18/4</b>
	<b>Тема 1.</b> Расчет несимметричных к.з. в системах с заземленной и изолированной нейтралью.	Лекция №8. Двухфазное КЗ, однофазное КЗ, двухфазное КЗ на землю. Трансформация симметричных составляющих. Однофазное замыкание на землю. Двойное замыкание на землю.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		4
		Практическая работа № 5. Определение токов при несимметричных КЗ в произвольный момент времени	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)	Дискуссия Устный опрос Решение задач	6
		Лабораторная работа №2. Расчет токов при несимметричных КЗ: двухфазное КЗ	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)	Защита лабораторной работы	4/2
		Лабораторная работа №3. Расчет токов при несимметричных КЗ: однофазное КЗ	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)	Защита лабораторной работы	4/2
<b>8.</b>	<b>Раздел 8. Переходные процессы при особых условиях.</b>				<b>2</b>
	<b>Тема 1.</b> Расчет токов к.з. в установках напряжением до 1000 В.	Лекция №9. Расчет токов КЗ в сельских сетях напряжением до 1 кВ.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		1
	<b>Тема 2.</b> Применение цифровых технологий при расчете	Лекция №9. Компьютерные программы для расчета токов к.з.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		1

№ п/п	Номер и наименование разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов из них практическая подготовка
	токов короткого замыкания.				
9.	<b>Раздел 9. Термическое и электродинамическое действие токов к.з.</b>				<b>2</b>
	<b>Тема 1.</b> Термическое и электродинамическое действие токов к.з.	Лекция №10. Термическое действие токов КЗ. Электродинамическое действие токов КЗ.	ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)		2



#### 4.4 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5

##### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Переходные процессы в простейших трехфазных цепях</b>		
1.	Тема 1. Общие сведения об электромагнитных процессах в системах электроснабжения.	Основная терминология. Последствия к.з. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)
<b>Раздел 2. Начальный момент внезапного нарушения режима</b>		
2.	Тема 1. Переходный электромагнитный процесс при симметричном к.з. в трехфазной цепи, подключенной к источнику неограниченной мощности.	Простейшая трехфазная цепь. Работа простейшей цепи в предшествующем режиме, в режиме к.з. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)
<b>Раздел 3. Установившийся режим трехфазного к.з.</b>		
3.	Тема 1. Переходный процесс при трехфазном к.з. за силовым трансформатором.	Схема замещения силового трансформатора. Определение параметров схемы замещения. Поведение и учет нагрузки в начальный момент к.з. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)
<b>Раздел 4. Уравнение электромагнитного переходного процесса синхронной машины. Внезапное к.з. синхронной машины.</b>		
4.	Тема 1. Переходный процесс при трехфазном к.з. на зажимах синхронного генератора.	Магнитные потоки в синхронном генераторе ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)
5.	Тема 2. Влияние АРВ на переходный процесс трехфазного к.з.	Кривые изменения токов в генераторе при трехфазном к.з. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)
<b>Раздел 5. Практические методы расчета тока трехфазного к.з.</b>		
6.	Тема 1. Выбор расчетных условий. Системы единиц.	Составление схем замещения для расчета тока трехфазного к.з. в начальный момент. Параметры элементов расчетной схемы. Преобразование схем замещения. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)
7.	Тема 2. Аналитический метод расчета начального и ударного токов трехфазного к.з.	Решение в именованных единицах. Решение в относительных базисных единицах. Расчет тока трехфазного к.з. для любого момента времени переходного процесса. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)
<b>Раздел 6. Особенности и методика расчета несимметричных переходных процессов.</b>		
8.	Тема 1. Нарушение симметрии трехфазной цепи.	Правило эквивалентности прямой последовательности. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 7. Расчет несимметричных к.з.</b>		
10.	Тема 1. Расчет несимметричных к.з. в системах с заземленной и изолированной нейтралью.	Определение токов при несимметричных к.з. в произвольный момент времени. Распределение напряжений отдельных последовательностей в системе при несимметричных к.з. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)
<b>Раздел 8. Переходные процессы при особых условиях.</b>		
11	Тема 1. Расчет токов к.з. в установках напряжением до 1000 В.	Основные факторы, влияющие на переходный процесс при к.з. Параметры элементов электроустановки переменного тока напряжением до 1000 В. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)
	<b>Тема 2.</b> Применение цифровых технологий при расчете токов короткого замыкания.	Компьютерные программы для расчета токов к.з. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)
<b>Раздел 9. Термическое и электродинамическое действие токов к.з.</b>		
12	Тема 1. Термическое и электродинамическое действие токов к.з.	Расчет электродинамического действия токов к.з. Расчет термического действия токов к.з. ПК <sub>ос</sub> -2(ПК <sub>ос</sub> -2.1)

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Токи короткого замыкания» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются элементы инновационных технологий.

Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) и инновационным технологиям:

- основные формы теоретического обучения: лекции, консультации, экзамен;
- основные формы практического обучения: практические занятия, лабораторные работы;
- дополнительные формы организации обучения: курсовая работа и самостоятельные работы студентов.

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средств обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям. Соотнесенность тем в структуре содержания дисциплины, применяемых для их изучения технологий и соответствующих им форм и методов (и средств) обучения представлены ниже (в таблице 6).

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Современный Л	Выездное занятие на объект ПАО «Россети», АО

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	пульт диспетчерского управления.		ОЭК.
2.	Подстанция 220/10 кВ	Л	Выездное занятие на объект ПАО «Россети», АО ОЭК.

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме – дискуссии, решение типовых задач, совместная работа студентов в группе при проведении практических занятий и выполнения лабораторных работ, междисциплинарное обучение – подготовка студенческих докладов, разбор конкретных ситуаций.

## 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

При изучении разделов дисциплины «Токи короткого замыкания» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

**Текущий контроль** знаний предполагает посещение лекций, устные ответы студентов на вопросы на практических занятиях, защита лабораторных работ, решение типовых задач, проведение дискуссий.

**Промежуточный контроль знаний:** защита курсовой работы, экзамен.

Для допуска к экзамену по курсу необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, выполнить и защитить лабораторные работы, выполнить и защитить курсовую работу.

### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

1). При изучении дисциплины «Токи короткого замыкания» предусмотрено выполнение курсовой работы.

Задачей курсовой работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы. Для выполнения курсовой работы студенту следует изучить теоретический материал по литературе и с целью оценки степени усвоения ответить на контрольные вопросы.

Курсовая работа выполняется студентом во внеурочное время с использованием любых информационных и программных материалов, носит расчетный характер и обязательно выполняется в электронных таблицах Microsoft Excel, математическом пакете Mathcad. Оформляется работа в текстовом редакторе Microsoft Word.

В конце курсовой работы необходимо дать перечень использованной литературы. Курсовая работа по дисциплине выполняется согласно номеру варианта индивидуального задания выданного преподавателем. Примерная тема курсовой работы: «Определить токи короткого замыкания в заданных точках расчетной схемы при симметричных и несимметричных к.з.» в соответствии с вариантом.

2). Пример дискуссии для текущего контроля знаний обучающихся:

#### Темы дискуссий по разделу 1. Переходные процессы в простейших трехфазных цепях.

Вопросы дискуссии по теме 1. Общие сведения об электромагнитных процессах в системах электроснабжения.

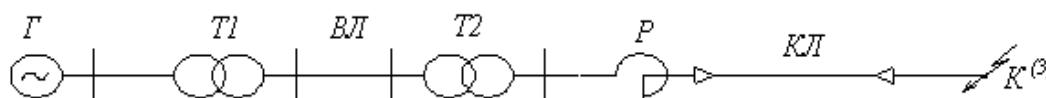
1. Основные понятия и определения: система электроснабжения; электроустановка; электрическая система; электроэнергетическая система.

2. Что называют режимом системы? Чем он характеризуется?
3. Что такое короткое замыкание (к.з.)?
4. Какие виды коротких замыканий бывают?
5. Причины возникновения к.з.
6. Последствия к.з.
7. Назначение и методы расчетов токов к.з.
8. Допущения при расчетах токов к.з.

3). Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся:

### Типовые задачи по разделу 3. Расчет начального значения периодической составляющей тока трехфазного к.з.

1. В точке «К» заданной расчетной схемы произошло трехфазное КЗ. Определить начальный, ударный и наибольший действующий ток в генераторе и в месте короткого замыкания.



4). Пример заданий и вопросов при защите лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся.

**Лабораторные работы (ЛР)** направлены на практическое закрепление теоретического материала дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах», в результате чего студент должен знать принцип расчета токов короткого замыкания в симметричных и несимметричных режимах; владеть навыками выполнения исследований, обработки и анализа их результатов, с помощью программных продуктов MSExcel, Mathcad, SMath-Studio, Scilab и д.р.

Лабораторные работы по разделу 2. Начальный момент внезапного нарушения режима.

#### 1. Лабораторная работа № 1.

##### «Определение начального значения тока трехфазного к.з. Расчет ударного тока».

На защите лабораторной работы студент должен предъявить преподавателю отчет по лабораторной работе, содержащий:

1. Фамилию, имя, отчество студента и номер его группы.
2. Название лабораторной работы, краткое описание установки, используемой в работе, эскиз ее конструкции, электрическую схему.
3. Результаты исследования в виде таблиц и графиков.

Выводы по полученным результатам

Задания и контрольные вопросы при защите лабораторной работы.

- 1). Чем отличается режим трехфазного короткого замыкания (к.з.) от нормального режима работы системы?
- 2). Какими параметрами вводятся в схему замещения начального момента к.з. генераторы?
- 3). Каково влияние нагрузки на ток к.з. в начальный момент времени?
- 4). Как учитывается нагрузка в расчетах?
- 5). Перечислите виды нагрузок в системе. Как влияет удаленность точки к.з. от шин нагрузки на режим ее работы?
- 6). Как определить сверхпереходные ЭДС генератора и нагрузки по параметрам предшествующего режима?
- 7). Какой ток называют ударным? Условия возникновения ударного тока.
- 8). Что такое ударный коэффициент? Его физический смысл?

9). Как определить величину ударного коэффициента?

5). Примерный перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен):

1. Короткое замыкание, виды, причины и последствия к.з. Назначение и методы расчетов токов к.з.
2. Составление и преобразование схем замещения при расчете трехфазного к.з. Определение коэффициентов распределения и взаимных сопротивлений.
3. Переходный процесс в простейшей цепи, питаемой от системы. Осциллограмма тока.
4. Переходный процесс при включении силового трансформатора под напряжение.
5. Условные стадии переходного процесса при трехфазном к.з. на зажимах синхронного генератора.
6. Поведение и учет нагрузки при различных видах к.з.
7. Приближенный метод расчета действующего значения периодической составляющей тока трехфазного к.з. в произвольный момент времени.
8. Приведение ЭДС и сопротивлений к одной ступени напряжения при расчете тока к.з. в именованных единицах. Шкала средних номинальных напряжений.
9. Расчетные выражения параметров элементов схемы в относительных базисных единицах.
10. Переходный процесс при трехфазном к.з. за силовым трансформатором.
11. Кривые изменения действующего значения тока трехфазного к.з. генератора с АРВ.
12. Баланс магнитных потоков в генераторе. Определение переходной ЭДС.
13. Влияние АРВ генераторов на переходный процесс трехфазного к.з.
14. Определение установившегося тока трехфазного к.з. генератора с АРВ.
15. Режимы работы генератора с АРВ в зависимости от удаленности точки к.з. Определение установившегося тока к.з. в этих режимах.
16. Порядок расчета тока трехфазного к.з. в произвольный момент времени с использованием расчетных кривых.
17. Упрощенная векторная диаграмма генератора до к.з., и определение его параметров для определения начального тока трехфазного к.з.
18. Определение эквивалентной постоянной времени и ударного коэффициента в расчетных схемах. Выражение для ударного тока к.з.
19. Расчет начального значения периодической составляющей и ударного тока трехфазного к.з. (порядок расчета, расчетные выражения и практические рекомендации).
20. Приближенный учет сопротивления системы при расчетах токов к.з.
21. Основные положения метода симметричных составляющих. Использование метода при расчетах несимметричных режимов.
22. Правило эквивалентности прямой последовательности и его использование.
23. Порядок расчета токов при несимметричных к.з.
24. Двухфазное к.з. Симметричные составляющие. Выражения для полных токов и напряжений. Векторная диаграмма.
25. Однофазное к.з. Симметричные составляющие. Выражения для полных токов и напряжений. Векторная диаграмма.
26. Двухфазное к.з. на землю. Симметричные составляющие. Выражения для полных токов и напряжений. Векторная диаграмма.
27. Учет переходного сопротивления в месте повреждения при несимметричных к.з. Векторная диаграмма двухфазного к.з. с учетом сопротивления электрической дуги.
28. Определение токов при несимметричных к.з. в произвольный момент времени.
29. Сопротивление элементов системы для токов обратной и нулевой последовательностей. Составление схемы замещения нулевой последовательности.
30. Распределение напряжений отдельных последовательностей в системе при несимметричных к.з.
31. Однофазное замыкание на землю. Соотношения между токами и напряжениями.
32. Комплексные схемы замещения при расчете несимметричных к.з.

33. Однофазное замыкание на землю в системе с резонансно-заземленной нейтралью. Режимы компенсации.
34. Двойное замыкание на землю.
35. Однофазное замыкание на землю через переходное сопротивление.
36. Сравнение токов по величине при различных видах к.з.
37. Особенности расчета токов к.з. в сельских сетях напряжением до 1000 В. Расчет тока трехфазного к.з. на шинах низшего напряжения ТП 10/0,4 кВ.
38. Назначение и особенности расчетов токов к.з. в сельских сетях напряжением до 1000 В. Расчет тока однофазного к.з. в конце линии 0,38 кВ, отходящей от подстанции ТП 10/ 0,4 кВ.
39. Трансформация симметричных составляющих токов и напряжений.
40. Проверка электрических аппаратов и шинных конструкций на электродинамическую стойкость.
41. Электродинамическое действие токов к.з.
42. Термическое действие токов к.з. Определение теплового импульса.
43. Практическая проверка термической стойкости проводников и электрических аппаратов.

Отчет по лабораторной работе представляется с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом (при необходимости), выводами по работе и вывешены на интерактивной доске Miro.

**Пример экзаменационного билета для промежуточного контроля знаний обучающихся (экзамена):**



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**  
**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**  
**(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)**

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
 Кафедра «Электроснабжение и электротехника им. академика И.А. Будзко»  
 Дисциплина «Токи короткого замыкания»  
 Курс 3 Семестр – 5, экзамен  
 Направление: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
 (академический бакалавриат)  
 Направленность: «Электроснабжение»

**БИЛЕТ № 1**

1. Приближенный учет сопротивления системы при расчете токов к.з.
2. Переходный процесс при трехфазном к.з. в простейшей цепи, питаемой от системы. Осциллограмма тока.
3. Задача

Лектор курса, доцент \_\_\_\_\_ Н.А. Стушкина

Утверждаю:  
 заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Стушкина

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.



## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для допуска к экзамену по дисциплине «Токи короткого замыкания» необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, лабораторных работ, выполнение и защиту курсовой работы.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Токи короткого замыкания» применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Знания оцениваются по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 7

### Критерии оценки курсовой работы:

Оценка	Критерии оценки
«отлично»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены точно и верно. Студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки отсутствуют. Оформление курсовой работы соответствует предъявляемым требованиям. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован высокий уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент отвечает на вопросы.
«хорошо»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены с неточностями. Имеются замечания к оформлению курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован средний уровень развития профессиональных компетенций, наличие теоретических знаний и достаточных практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент владеет материалом, но отвечает не на все поставленные вопросы.
«удовлетворительно»	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены с ошибками. Студентом не сделаны собственные выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы; слабое владение специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки. При защите курсовой работы, испытывал затруднения при ответах на вопросы.
«неудовлетворительно»	курсовая работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса; допустил грубые ошибки в расчетах, таблицах, графиках и схемах. Студентом не сделаны выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы. На защите курсовой работы студент

	показал поверхностные знания по теме, неправильно отвечал на вопросы.
--	---

Таблица 8

**Критерии оценивания результатов обучения**

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно. Студент, выполнивший и защитивший курсовую работу на высоком качественном уровне; не затрудняется с ответом при видоизменении задания; справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими видами применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент, выполнивший и защитивший курсовую работу; усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; обладающий основными профессиональными компетенциями; в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; выполнивший и защитивший курсовую работу; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий. Студент, выполнивший и защитивший курсовую работу; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Крючков, И.П. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник для вузов/ И.П. Крючков, В.А. Старшинов, Ю.П. Гусев, М.В. Пираторов; под ред. И.П. Крючкова.- М.: Изд. дом МЭИ, 2008.- 416 с.
2. Бышов, Д. Н. Моделирование переходных процессов в системах электроснабжения агропромышленных объектов : учебное пособие / Д. Н. Бышов, Ю. А. Юдаев. — Рязань : РГА-ТУ, 2020. — 146 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/144281>

### 7.2 Дополнительная литература

1. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования/ Под ред. Б.Н. Неклепаева. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.-152 с.
2. Короткие замыкания и несимметричные режимы электроустановок [Текст]. - М. : Издательский дом МЭИ, 2008. - 471 с.
3. Лосев, С. Б. Расчет электромагнитных переходных процессов для релейной защиты на линиях большой протяженности [Текст] / С. Б. Лосев, Чернин А. Б. - М. : Энергия, 1972. - 145 с.
4. Рюденберг, Р. Переходные процессы в электроэнергетических системах [Текст] / Р. Рюденберг ; ред. В.Ю. Ломоносов - [Б. м.] : Изд. иностр. лит., 1955. - 715 с.
5. Ульянов, С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учебник для вузов / С.А. Ульянов.- М.: Энергия, 1970.-520 с.
6. Сукманов, В.И.. Переходные процессы в системах электроснабжения [Текст] / В. И. Сукманов, Н. А. Стушкина. - М. : МГАУ, 2003. - 29 с.

### 7.3 Нормативные правовые акты

1. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ)/ Главгосэнергонадзор России. М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007. 610 с.
2. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р. 2. ГОСТ 32144 2013.

### 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Токи короткого замыкания» являются лекции, лабораторные и практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции проводятся на потоке, практические занятия в группах, лабораторные занятия в подгруппах. По курсу предусмотрено выполнение курсовой работы. На лекциях излагается теоретический материал, лабораторные и практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Программы: Microsoft Office (Word, Excel, Power Point), Интернет, электронные ресурсы технических библиотек.

- a) Каталоги электрооборудования и трансформаторов, изготавливаемых заводами России, etc. (интернет-ресурс) (открытый доступ).
- b) Информационные центры России.

- с) Всероссийский институт научной и технической информации РАН (ВИНИТИ РАН) (интернет-ресурс) (открытый доступ).
- д) Всероссийский научно-технический информационный центр (ВНТИ-Центр) (интернет-ресурс) (открытый доступ).
- е) Защита интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) (интернет-ресурс) (открытый доступ).
- ф) Российский научно-технический центр по стандартизации (СТАНДАРТИНФОРМ) (интернет-ресурс) (открытый доступ).
- г) <https://cyberleninka.ru> научная электронная библиотека «КиберЛенинка»
- h) Математическая программа с графическим редактором SMath Studio <https://ru.smath.com/>

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Таблица 8

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 5. «Практические методы расчета тока трехфазного к.з.»	MS Word MS Power Point MS Excel Zoom Microsoft Teams Mirapolis Virtual Room Miro Jamboard	Оформительская Презентация Расчетная Программный продукт для математических расчетов Виртуальная доска	Microsoft Miro Google	2010
2.	Раздел 6. «Особенности и методика расчета несимметричных переходных процессов.»	MS Word MS Power Point MS Excel Zoom Microsoft Teams Mirapolis Virtual Room Miro Jamboard	Оформительская Презентация Расчетная Программный продукт для математических расчетов Виртуальная доска	Microsoft Miro Google	2010
3.	Раздел 7. «Расчет несимметричных к.з.»	MS Word MS Power Point MS Excel Zoom Microsoft Teams Mirapolis Virtual Room Miro Jamboard	Оформительская Презентация Расчетная Программный продукт для математических расчетов Виртуальная доска	Microsoft Miro Google	2010

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 9

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
24 корпус, аудитория № 102 учебная аудитория для проведения: занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы	1. Парты 26 шт. 2. Стулья 52 шт. 3. Доска меловая 2 шт. 4. Экран (Инв. № 410138000002640) 5. Проектор (Инв. № 410138000002634)
24 корпус, аудитория № 106 учебная лаборатория для проведения занятий семинарского, лабораторно-практического типа, компьютерный класс с интерактивной доской	Инв. № 410124000602952 на весь компьютерный класс 1. Интерактивная доска 1 шт. 2. Системный блок 16 шт. 3. Монитор – 16 шт. 4 Парты – 18 шт. 5. Стулья – 32 шт. 6. Лабораторный стенд «Теория электрических цепей» (Инв. № 410124000603063) 7. Доска меловая – 1 шт.
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет – доступом.	
Общежития № 4, № 5 и № 11. Комнаты для самоподготовки	

## 11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Учебный курс «Токи короткого замыкания» является основополагающим для студентов, обучающихся по направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность «Распределительные электрические сети». В этом курсе студент получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при расчете электромагнитных переходных процессов. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы на производстве по выбранному направлению.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Токи короткого замыкания» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на лекциях. Самостоятельно производить расчеты при обработке экспериментальных данных и осуществлять их графическую интерпретацию с использованием интерактивных программных сред.

2. На лабораторных и практических занятиях обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты. Защищать лабораторную работу в день её выполнения или ближайшее время.
3. Максимально использовать возможности практик на предприятии для изучения всего электрооборудования, имеющегося на предприятии, стремиться принять участие в ремонте электрических машин и трансформаторов.
4. Регулярно посещать тематические выставки, например, международный форум «Электрические сети», «Золотая осень» и др.

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

лабораторные работы

индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;

самостоятельная работа обучающихся;

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью

**Самостоятельная работа студентов** предполагает проработку лекционного материала, подготовку к самостоятельным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение домашнего задания (КР).

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия.

**КР** рекомендуется выполнять последовательно и систематически по мере изучения соответствующего раздела дисциплины. При возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лекцию, обязан самостоятельно проработать материал и отчитаться в устной форме, ответив на вопросы лектора по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие, обязан получить у преподавателя индивидуальное задание, выполнить его в письменном виде и сдать.

Студент, пропустивший лабораторную работу, обязан ее отработать.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Формы организации учебного процесса по дисциплине «Токи короткого замыкания» являются лекции, лабораторные занятия, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов.

Преподавание дисциплины «Токи короткого замыкания» требует особых методических подходов вследствие специфики общей подготовки студентов.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий. Они должны дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых вопросах.



Объем читаемых лекций определяется графиком изучения дисциплины. Каждая лекция должна делиться на три части: введение, основная часть (учебные вопросы) и заключение.

Лекции должны иметь логическую связь с ранее изученным материалом и быть ориентированы на последующее применение излагаемого материала.

Для этой цели во введении к лекции преподаватель формулирует тему, учебные вопросы, отражающие содержание лекции и четко определяет цель данной лекции. Начиная изложение рассматриваемого материала, преподаватель устанавливает логическую связь данной лекции с предыдущим материалом и изучаемыми ранее дисциплинами. Введение должно занимать не более 10 минут, но должно полностью подготовить студента к восприятию излагаемого далее основного содержания.

Поскольку объем лекций ограничен, то планируемый в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируясь плакатами и другими техническими средствами обучения. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на те вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе.

В заключительной части лекций преподаватель должен подвести итог и сформулировать общие выводы, вытекающие из содержания основной части лекции, и еще раз обратить внимание на тот объем материала, который подлежит самостоятельному изучению.

**Самостоятельная работа студентов** включает проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным работам, выполнение курсовой работы, изучение дополнительной литературы, подготовку к сообщению на практических занятиях и конференциях.

Изучение курса сопровождается постоянным контролем самостоятельной работы студентов, разбором и обсуждением выполненных домашних заданий, с последующей корректировкой принятых ошибочных решений. Контроль выполнения индивидуальных домашних заданий осуществляет ведущий дисциплину преподаватель.

Преподавание дисциплины основано на максимальном использовании активных форм обучения и самостоятельной работы студентов. Под руководством преподавателя студенты должны самостоятельно осуществлять поиск необходимой информации и принимать обоснованные решения по конкретным ситуациям.

### **Программу разработал:**

Стушкина Н.А., к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_  
(подпись)