

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Профиль подготовки «Электроэнергетические системы и сети»  
РПД Б1.В.ДВ.5.2 Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах



## Приложение 3 РПД Б1.В.ДВ.5.2

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**



### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

**Уровень высшего образования: бакалавриат**

**Профиль подготовки: Электроэнергетические системы и сети**

**Срок обучения: 4 года**

**Форма обучения: очная**

**Смоленск – 2016 г.**

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

**Целью освоения дисциплины** является подготовка обучающихся к производственно-технологической деятельности по направлению подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачами дисциплины** является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на формирование следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

ОПК-3 способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей

ПК-6 способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности

В результате изучения дисциплины студент должен:

- ОПК-3 **Знать:** методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических цепей.  
**Уметь:** осуществлять расчет электрических цепей постоянного и переменного тока.  
**Владеть:** навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ для расчета электрических цепей постоянного и переменного тока.
- ПК-6 **Знать:** режимы работы электроэнергетических установок.  
**Уметь:** определять состав оборудования электроэнергетических объектов и его параметры.  
**Владеть:** навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета режимов работы электроэнергетических установок.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б1 плана подготовки бакалавров по профилям «Электроэнергетические системы и сети» и «Электроснабжение» направления «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом изучения дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.9 Теоретические основы электротехники

Б1.В.ОД.1 Прикладные математические задачи

Б1.В.ДВ.2.1 Статистика в задачах электроэнергетике

Б1.В.ДВ.2.2 Моделирование в задачах электроэнергетике

Б1.В. ДВ.7.1 Электрическое освещение

Б1.В. ДВ.7.2 Электромагнитная совместимость систем управления

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой освоения следующих дисциплин:

Б1.В.ОД.12 Электроэнергетические системы и сети

Б1.В.ОД.5 Энергоснабжение

Б1.В.ОД.13 Электроснабжение

Б1.В.ДВ.3.1 Электрическая часть ТЭЦ и подстанций систем электроснабжения

Б1.В.ДВ.3.1 Электрическая часть электростанций и подстанций

Б1.В.ДВ.4.1 Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах

Б1.В.ДВ.4.2 Аварийные режимы в электроэнергетических системах

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

**Аудиторная работа**

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	Вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ДВ.5.2	
Часов (всего) по учебному плану:	252	6 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	7	6 семестр
Лекции ( часов)	30	6 семестр
Практические занятия ( часов)	30	6 семестр
Лабораторные работы ( часов)	30	6 семестр
Курсовая работа	16	6 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану ( часов всего)	101	6 семестр
Экзамен	45	6 семестр

**Самостоятельная работа студентов**

Вид работ	Трудоёмкость, час
Изучение материалов лекций (лк)	15
Подготовка к практическим занятиям (пз)	15
Подготовка к защите лабораторной работы (лаб)	15
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-
Выполнение курсового проекта (работы)	30
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	20
Подготовка к контрольным работам	6
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего (в соответствии с УП):	101
Подготовка к экзамену	45

#### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебной занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах) (в соответствии с УП)					
			лк	пр	лаб	КР,КП	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах и методах их расчета.	30	4	4	4	3	15	2
2	Тема 2. Электромагнитные переходные процессы и расчет токов к.з. при сохранении симметрии трехфазной цепи.	83	12	12	12	7	40	8
3	Тема 3. Электромагнитные переходные процессы и расчет токов к.з. при нарушении симметрии трехфазной цепи.	76	10	10	10	6	40	8
4	Тема 4. Электромагнитные переходные процессы в особых условиях.	18	4	4	4	-	6	2
<b>всего по видам учебных занятий с учетом экзамена 45 часов</b>		<b>252</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>101</b>	<b>20</b>

##### Содержание по видам учебных занятий

**Тема 1.** Общие сведения об электромагнитных переходных процессах и методах их расчета.

**Лекция 1** Понятие об электроэнергетической системе и её параметрах и режимах. Виды переходных процессов в электроэнергетических системах. Причины возникновения и последствия. Назначения и методы расчета. Основные допущения. Расчетные условия. Система относительных единиц. Составление и преобразование схем замещения.

**Лекция 2.** Переходный процесс в простейших трехфазных цепях. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи. Действующее значение тока к.з. и его отдельных слагающих. Начальный и ударный ток к.з.

**Практическое занятие 1:** Система относительных единиц.

**Практическое занятие 2:** Расчет начального тока к.з..

**Лабораторная работа 1, 2:** Система относительных единиц. Расчет параметров схемы замещения.

**Самостоятельная работа 1.** Размерности электрических величин и параметров ЭЭС.

**2.** Графическое построение токов к.з. Выполнение курсовой работы.

**Текущий контроль:** опрос по теме.

**Тема 2.** Электромагнитные переходные процессы и расчет токов к.з. при сохранении симметрии трехфазной цепи.

**Лекция 3.** Начальный момент внезапного нарушения режима. Переходные и сверхпереходные ЭДС и реактивности синхронной машины. Векторные диаграммы. Сравнение реактивностей синхронной машины. Характеристики двигателей и нагрузки в начальный момент к.з. Практический расчет начального и ударного токов трехфазного к.з.

**Лекция 4.** Начальный момент к.з. Сверхпереходные ЭДС и реактивности синхронной машины. Схемы замещения. Векторные диаграммы.

**Лекция 5.** Установившийся режим короткого замыкания. Основные характеристики и параметры. Влияние и учет нагрузки. Расчет при отсутствии и наличии автоматического регулирования возбуждения.

**Лекция 6.** Качественная характеристика переходного процесса в синхронных генераторах при трехфазном к.з. Графики изменения составляющих токов в статоре и роторе и постоянные времени их затухание при отсутствии и наличии демпферных обмоток и внешнего сопротивления к.з. Влияние АВР. Решение уравнения Парка-Горева.

**Лекция 7.** Практические методы расчета тока к.з. Типовые кривые изменения периодической составляющей тока к.з.

**Лекция 8.** Практические методы оценки тока к.з в заданный момент времени. Метод спрямленных характеристик.

**Практическое занятие 3:** Расчет ударного тока к.з.

**Практическое занятие 4:** Влияние и учет нагрузки в начальный момент времени. Решение задач.

**Практическое занятие 5:** Решение контрольных задач.

**Практическое занятие 6:** Установившейся ток к.з. Решение задач.

**Практическое занятие 7:** Расчет установившегося тока к.з. в сложных схемах с несколькими генераторами. Решение задач.

**Практическое занятие 8:** Практические методы расчета тока к.з. Метод типовых кривых. Решение задач.

**Лабораторная работа 3,4:** Начальный и ударные токи к.з.

**Лабораторная работа 5,6:** Исследование влияния нагрузочных ветвей на токи к.з.

**Лабораторная работа 7,8:** Знакомство с типовыми программами расчета токов к.з.

**Самостоятельная работа**

**3.** Построение векторных диаграмм. Выполнение курсовой работы.

**4.** Подготовка к практическому занятию 4 и лабораторной работе 2. Выполнение курсовой работы.

**5.** Подготовка к контрольной работе по расчету начального и ударного токов к.з. и лабораторной работы 3.

**6.** Подготовка к практическому занятию 5 и лабораторной работе 3.

**7.** Подготовка к практическому занятию 7 и лабораторной работе 4. Выполнение курсовой работы.

**8.** Подготовка к практическому занятию 8. Выполнение курсовой работы.

**Текущий контроль:** опрос по теме, контрольная работа по теме – начальные и ударные токи к.з. Оценка выполнения студентами учебного графика по защитам лабораторных работ и выполнение курсовой работы.

**Тема 3.** Электромагнитные переходные процессы и расчет токов к.з. при нарушении симметрии трехфазной цепи.

**Лекция 9.** Методы расчета несимметричных к.з. Общие положения. Метод симметричных составляющих (МСС). Особенности МСС, расчетные уравнения. Двухфазное к.з. Схемы замещения. Основные соотношения. Векторные диаграммы токов и напряжений.

**Лекция 10.** Однофазное к.з. Схемы замещения. Основные соотношения. Векторные диаграммы токов и напряжений.

**Лекция 11.** Двухфазное к.з. на землю. Схемы замещения. Основные соотношения. Векторные диаграммы токов и напряжений. Правило эквивалентности прямой последовательности. Основные соотношения и обобщения по видам к.з. Сравнение видов к.з..

**Лекция 12.** Комплексные схемы замещения. Алгоритм и примеры построения схем прямой, обратной и нулевой последовательности. Комплексная схема замещения 2-х фазного и однофазного и двухфазного к.з. на землю. Векторные диаграммы.

**Лекция 13.** Параметры элементов электрических систем прямой, обратной и нулевой последовательности: общие правила. Оценка параметров синхронных генераторов и двигателей, асинхронных двигателей, трансформаторов и реакторов. Сопротивления воздушных и кабельных линий. Предельные соотношения токов к.з. Трансформация токов и напряжений различных последовательностей.

**Практическое занятие 9:** Применение типовых кривых для сложных схем. Решение контрольных задач.

**Практическое занятие 10:** Метод симметричных составляющих. Решение задач. Расчет токов несимметричных коротких замыканий. Решение задач.

**Практическое занятие 11:** Построение комплексных схем замещения несимметричных к.з. Задачи.

**Практическое занятие 12:** Расчет токов несимметричных к.з. в произвольный момент времени.

**Практическое занятие 13:** Построение векторных диаграмм токов и напряжений для несимметричных к.з.

**Лабораторная работа 9,10:** Расчет токов к.з. в сложных схемах с использованием типовых программ.

**Лабораторная работа 11:** Построение типовых кривых и спрямленных характеристик.

**Лабораторная работа 12:** Расчет токов к.з. в произвольный момент времени с использованием типовых программ.

**Лабораторная работа 13:** Расчет токов несимметричных к.з. Построение векторных диаграмм.

**Самостоятельная работа** Подготовка к практическим занятиям 9-13 и лабораторным работам 9-13. Выполнение курсовой работы.

**Текущий контроль:** опрос по теме, защита лабораторных работ. Контроль и анализ выполнения курсовой работы.

**Тема 4.** Электромагнитные переходные процессы в особых условиях.

**Лекция 14.** Однократная продольная несимметрия. Общие положения. Методика расчета. Расчет токов и напряжений при разрыве одной и двух фаз. Комплексные схемы замещения. Эпюры напряжения. Примеры расчета.

**Лекция 15.** Методика расчета сложных повреждений. Общие положения. Алгоритм расчета. Простое замыкание на землю. Схемы замещения и результаты расчета. Заключение по курсу.

**Практическое занятие 14.** Решение контрольных задач.

**Практическое занятие 15:** Обзорное занятие. Решение задач.

**Лабораторная работа 14, 15:** Расчет токов при несимметричных режимах с использованием типовых программ.

**Самостоятельная работа.** Подготовка к практическому занятию 14,15 и лабораторной работе 14,15 и защите курсовой работы.

**Текущий контроль:** защита лабораторных работ и курсовой работы.

**Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен**

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны: демонстрационные слайды лекций,



Описание практических занятий, методические указания лабораторных работ и курсовой работы.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции:

Дисциплина направлена на формирование следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

ОПК-3 способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей

ПК-6 способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные и практические занятия, самостоятельная работа).

2. Приобретение практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы).

3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях.

### **6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания**

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;

- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;

- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ОПК-3 способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей** преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям, расчетному заданию, контрольным работам. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – контрольных опросах, заданий по практическим занятиям.

Принимается во внимание, что студент должен:

**Знать:** требования, предъявляемые стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами к проектам электроэнергетических и электротехнических систем.

**Уметь:** осуществлять сбор и анализ исходных данных для проектирования, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных расчетов.

**Владеть:** навыками использования стандартных средств автоматизированного проектирования электроэнергетических и электротехнических систем и их компонентов.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения и защиты (практических занятий, расчетного задания, контрольных работ).

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ОПК-3 способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей** в процессе защиты лабораторных работ, как формы текущего контроля. На защите соответствующих лабораторных работ задается 4 вопроса по теме занятия. Примерный перечень тем:

1. Расчет токов к.з. в начальный момент к.з.
2. Влияние и учет нагрузок в начальный момент к.з.
3. Электромагнитные переходные процессы в простейших трехфазных цепях.
4. Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины без ДО. Схема замещения.
5. Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины с демпферными обмотками. Схема замещения.
6. Установившийся режим трехфазного к.з. Основные параметры и соотношения.
7. Влияние и учет нагрузок в установившемся режиме к.з.
8. Расчет установившегося режима к.з. для генераторов с АРВ.
9. Ударный ток к.з.
10. Качественная характеристика переходного процесса при трехфазном к.з.
11. Переходная реактивность и ЭДС синхронной машины, схема замещения и векторная диаграмма.
12. Практические методы расчета токов к.з. Основные допущения. Метод типовых кривых.
13. Установившийся режим к.з. Критический режим работы синхронного генератора.
14. Практические методы расчета токов к.з.: метод типовых кривых.
15. Качественная характеристика переходного процесса синхронной машины с демпферными обмотками (без АРВ).

Полный ответ на два вопроса соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на три вопроса – продвинутому уровню; при полном ответе на четыре вопроса – эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ОПК-3 способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей** в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента при устных опросах в процессе выполнения заданий к каждому практическому занятию.

Способность называть при устном ответе основные способы моделирования электрических цепей соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, в дополнение к пороговому знать математическое описание модели – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому умение обосновывать принятое техническое решение – соответствует эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ОПК-3 способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей** в результате выполнения контрольной работы. Оценивается полнота и правильность выполнения 2-х заданий. Одно выполненное задание соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, два выполненных задания – продвинутому уровню; два выполненных задания с использованием дополнительной справочной информации и нормативных правовых актов – эталонному уровню.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-6 способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности** преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в ответах студента по практическим занятиям, расчетному заданию, контрольным работам. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – контрольных опросах, заданий по практическим занятиям.

Принимается во внимание, что студент должен:



**Знать:** режимы работы электроэнергетических установок.

**Уметь:** определять состав оборудования электроэнергетических объектов и его параметры.

**Владеть:** навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета режимов работы электроэнергетических установок.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения и защиты (практических занятий, расчетного задания, контрольных работ).

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-6 способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности** в процессе защиты лабораторных работ, как формы текущего контроля. На защите соответствующих лабораторных работ задается 4 вопроса по тематике лабораторной работы. Примеры тем:

16. Учет генераторов и нагрузок в схемах замещения при расчете токов к.з.:  $t=0$ ;  $t=t_i$ ;  $t \rightarrow \infty$ .
17. Короткое замыкание в простейшей трехфазной цепи.
18. Метод спрямленных характеристик.
19. Однофазное к.з. Векторные диаграммы в месте к.з.
20. Векторная диаграмма синхронной машины с демпферными обмотками в начальный момент времени. Оценка ЭДС.
21. Двухфазное к.з. Векторные диаграммы в месте к.з.
22. Двухфазное к.з. на землю. Векторные диаграммы в месте к.з.
23. Однократная продольная несимметрия при обрыве двух фаз. Эпюра напряжений.
24. Комплексные схемы замещения для различных видов несимметричных к.з.
25. Предельные соотношения токов при различных видах к.з.
26. Сопротивления различных последовательностей воздушных линий.

Полный ответ на два вопроса соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на три вопроса – продвинутому уровню; при полном ответе на четыре вопроса – эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-6 способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности** в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента при устных опросах в процессе выполнения заданий к каждому практическому занятию.

Способность называть при устном ответе методы расчета переходных режимов электроэнергетической системы соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, в дополнение к пороговому самостоятельно проводить расчет переходного режима произвольной системы – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому знать конструктивные характеристики элементов энергосистем – соответствует эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-6 способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности** в результате выполнения контрольной работы.

Оценивается полнота и правильность выполнения 2-х заданий. Одно выполненное задание соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, два выполненных задания – продвинутому уровню; два выполненных задания с использованием дополнительной справочной информации и нормативных правовых актов – эталонному уровню.

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Экзамен проводится в устной форме.

Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практические задание

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомы с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент: после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка экзамена по дисциплине за 6 семестр.

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями к экзамену

Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине:

27. Причины возникновения электромагнитных переходных процессов и их последствия.  
Основные допущения в расчетах.
28. Расчет токов к.з. в начальный момент к.з.
29. Влияние и учет нагрузок в начальный момент к.з.
30. Электромагнитные переходные процессы в простейших трехфазных цепях.

31. Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины без ДО. Схема замещения.
32. Начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины с демпферными обмотками. Схема замещения.
33. Установившийся режим трехфазного к.з. Основные параметры и соотношения.
34. Влияние и учет нагрузок в установившемся режиме к.з.
35. Расчет установившегося режима к.з. для генераторов с АРВ.
36. Ударный ток к.з.
37. Качественная характеристика переходного процесса при трехфазном к.з.
38. Переходная реактивность и ЭДС синхронной машины, схема замещения и векторная диаграмма.
39. Практические методы расчета токов к.з. Основные допущения. Метод типовых кривых.
40. Установившийся режим к.з. Критический режим работы синхронного генератора.
41. Практические методы расчета токов к.з.: метод типовых кривых.
42. Качественная характеристика переходного процесса синхронной машины с демпферными обмотками (без АРВ).
43. Постоянные времени затухания слагающих токов к.з. Синхронная машина без демпферных обмоток. Понятие о сверхпроводящем контуре.
44. Расчет установившегося режима к.з. для генераторов с АРВ в сложных схемах.
45. Метод спрямленных характеристик. Оценка режима работы генератора.
46. Учет генераторов и нагрузок при оценке токов к.з. в различные моменты времени:  $t=0$ ;  $t=t_i$ ;  $t \rightarrow \infty$ .
47. Сравнительная характеристик методов расчета токов к.з.
48. Учет генераторов и нагрузок в схемах замещения при расчете токов к.з.:  $t=0$ ;  $t=t_i$ ;  $t \rightarrow \infty$ .
49. Короткое замыкание в простейшей трехфазной цепи.
50. Метод спрямленных характеристик.
51. Однофазное к.з. Векторные диаграммы в месте к.з.
52. Векторная диаграмма синхронной машины с демпферными обмотками в начальный момент времени. Оценка ЭДС.
53. Двухфазное к.з. Векторные диаграммы в месте к.з.
54. Двухфазное к.з. на землю. Векторные диаграммы в месте к.з.
55. Однократная продольная несимметрия при обрыве двух фаз. Эпюра напряжений.
56. Комплексные схемы замещения для различных видов несимметричных к.з.
57. Предельные соотношения токов при различных видах к.з.
58. Сопротивления различных последовательностей воздушных линий.
59. Сопротивление нулевой последовательности одноцепной трехфазной воздушной линии электропередачи. Влияние грозозащитного троса.
60. Сопротивления различных последовательностей трансформаторов при расчете к.з.
61. Практические методы расчета несимметричных к.з.
62. Применение метода симметричных составляющих к несимметричным процессам.
63. Правило эквивалентности прямой последовательности при расчете несимметричных к.з.
64. Расчет начального значения тока к.з. при несимметричных к.з.
65. Параметры обратной и нулевой последовательности элементов электрических систем. Общие правила. Примеры.
66. Правило эквивалентности прямой последовательности однократной продольной несимметрии.
67. Однократная продольная несимметрия при обрыве одной фазы. Эпюра напряжений.
68. Сверхпереходная реактивность и ЭДС синхронного генератора. Схема замещения и векторная диаграмма.
69. Комплексные схемы замещения при однократной продольной несимметрии.
70. Алгоритм расчета несимметричных к.з. методом спрямленных характеристик.
71. Короткие замыкания в установках до 1 кВ.
72. Сравнительная характеристика методов расчета токов к.з.
73. Трансформация симметричных составляющих токов и напряжений.
74. Простое замыкание на землю.

75. особенности расчета токов к.з. в системах электроснабжения.
76. Методика расчета сложных повреждений.

Иные материалы: вопросы для выполнения и защиты лабораторных работ и курсовой работы представлены в методических указаниях к лабораторным работам и курсовой работе.

**Тема курсовой работы: Расчет токов короткого замыкания для заданного варианта электрической сети**

#### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по выполнению и защите лабораторных работ, выполнению расчетных заданий и заданий на самостоятельную работу, подготовке и проведению экзамена.

#### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

##### **а) основная литература**

1. Масленникова, С.И. Расчет переходных процессов в электрических цепях во временной области [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2006. — 36 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=61984](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=61984)
2. Крючков И.П. и др. Переходные процессы в электроэнергетических системах. М.: Изд. Дом МЭИ, 2008 г.-416 с, ил.

##### **б) дополнительная литература**

1. Короткие замыкания и выбор электрооборудования. Под.ред. И.П. Крючкова и В.Л.Старшинова.-М. Издательский дом МЭИ, 2012 г., -566с.
2. Методические указания к лабораторным работам по курсу “Переходные процессы в электроэнергетических системах“ / Кавченков В.П., Каминский А.В. – Смоленск, 2009.
3. Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах». /В.П. Кавченков, А.В. Каминский, Смоленск, 2014 г., 20с.
4. Крючков И.П., Старшинов В.А., Гусев Ю.П. и др. Короткие замыкания и выбор электрооборудования. Электронное учебное пособие. МЭИ. 2012г.
5. Электротехнический справочник ТЗ Под ред. В.А. Строева (электронная версия) МЭИ. 2009 г.
6. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Куликов Ю.А. Изд.. Омега-Л. 2013. 384 с. ISBN-978-5-370-02938-7, 7,7 Мб.

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

- 1 Форум по различным отраслям науки <http://www.proektant.org/>
- 2 Переходные процессы в электрических системах <http://belyaev.spb.ru/>

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции (2ч), практические занятия каждую неделю и лабораторные работы (2 ч) в две недели, курсовая работа (2ч) каждую неделю. Изучение курса завершается экзаменом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях и лабораторных работах, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

**Практические занятия** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание практических занятий фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объём профессионально значимых знаний, умений, навыков;

позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;

прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;

способствуют свободному оперированию терминологией;

предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе (в программе MS Word или любом другом текстовом редакторе). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.). Примерный образец оформления отчета имеется у преподавателя (либо прилагается к настоящей программе).

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объём выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.



Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

**Лабораторные работы** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и их объемы, определяются рабочими учебными планами.

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия РПД (ПП) и включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

цель работы;

предмет и содержание работы;

оборудование, технические средства, инструмент;

порядок (последовательность) выполнения работы;

правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости);

общие правила к оформлению работы;

контрольные вопросы и задания;

список литературы (по необходимости).

Содержание лабораторных работ фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения **лабораторных работ** в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.



При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

**Самостоятельная работа студентов (СРС)** по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

При проведении **лекционных** занятий предусматривается использование систем мультимедиа, компьютерных учебников, моделирования.

При проведении **лабораторных работ** предусматривается использование компьютерных учебников, учебных баз данных, моделирования, тестовых и контролирующих программ, гипертекстовых систем, программ деловых игр и т.п.

Перечень лицензионного программного обеспечения (указывается только то ПО, которое есть в ФГОС ВО по соответствующему направлению, либо необходимое для освоения дисциплины **из перечня имеющегося лицензионного ПО филиала МЭИ в г. Смоленске**).

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

##### **Лекционные занятия:**

Проводятся в лекционных аудиториях

**Практические занятия** по данной дисциплине проводятся в обычной учебной аудитории.

**Лабораторные работы** по данной дисциплине проводятся в специализированных компьютерных классах.

Автор: д.т.н., профессор

В.П.Кавченков

И.о.зав. кафедрой ЭЭС,  
канд. технич. наук

Р.В. Солопов

Программа одобрена на заседании кафедры ЭЭС протокол №1 от 08.09.2016 года.

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- не- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- ме- нен- ных	заме- ме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10