

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"


Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)

О.Я. Солёная

 (инициалы, фамилия)

(подпись)

«18» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Переходные процессы в электрических системах»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.04.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности/ специализации	Цифровая энергетика
Форма обучения	очная
Год приема	2026

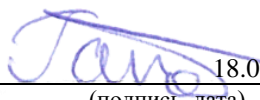
Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к. т. н.

(должность, уч. степень, звание)



18.02.2026

(подпись, дата)

Ю.А. Ганьшин

(инициалы, фамилия)

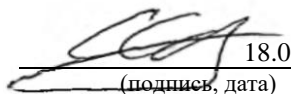
Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«18» февраля 2026 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



18.02.2026

(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



18.02.2026

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Переходные процессы в электрических системах» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности/специализации «Цифровая энергетика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «способен разрабатывать и обосновывать проектные решения в области профессиональной деятельности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с освоением студентами математических моделей различных элементов электроэнергетической системы - синхронных генераторов, асинхронных электродвигателей, трансформаторов и др. - отражающих особенности переходных процессов в этих элементах, методов исследования переходных процессов, практических методов расчета токов короткого замыкания, особенностей расчетов токов и напряжений при несимметричных коротких замыканиях и обрывах фаз.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, лабораторные работы, курсовая работа, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (2 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Цель дисциплины состоит в том, чтобы дать будущим специалистам в области электроэнергетики теоретические знания и привить практические навыки анализа различных переходных процессов как в энергетической системе в целом, так и в отдельных ее элементах.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-2 способен разрабатывать и обосновывать проектные решения в области профессиональной деятельности	ПК-2.Д.2 выбирает электрооборудование и методы расчета его параметров и характеристик при проектировании объектов профессиональной деятельности

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Математические методы и модели в научных исследованиях;
- Электрические системы и сети.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Интеллектуальные системы электроснабжения;
- Производственная проектная практика.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№2
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	51	51
Аудиторные занятия, всего час.	68	68
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17

практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	17	17
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа , всего (час)	40	40
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз., Курс. Раб.	Экз., Курс. Раб.

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 2					
Раздел 1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах. Составление схем замещения. Тема 1.1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах. Тема 1.2. Составление схем замещения. Тема 1.3. Основные понятия. Тема 1.4. Причины возникновения переходных процессов. Тема 1.5. Требования к расчетам переходных процессов. Тема 1.6. Основные допущения, принимаемые при расчетах. Тема 1.7. Составление схем замещения. Тема 1.8. Использование системы относительных единиц. Тема 1.9. Схемы замещения многообмоточных трансформаторов и сдвоенных реакторов.	3	4	3		-
Раздел 2. Переходные процессы в трехфазных цепях, подключенных к источнику синусоидального напряжения Тема 2.1. Переходные процессы в трехфазных цепях, подключенных к источнику синусоидального напряжения. Тема 2.2. Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании (КЗ) в цепи без трансформаторов. Тема 2.3. Ударный ток КЗ. Тема 2.4. Методы определения ударного коэффициента. Тема 2.5. Особенности переходного процесса при КЗ в разветвленной цепи. Тема 2.6. Переходный процесс при включении в сеть трансформатора с разомкнутой	4	7	6		10

вторичной обмоткой. Тема 2.7. Переходный процесс при КЗ за трансформатором					
Раздел 3. Электромагнитные переходные процессы в электрических машинах Тема 3.1. Электромагнитные переходные процессы в электрических машинах. Тема 3.2. Математическая модель синхронной машины, отражающая основные закономерности электромагнитных переходных процессов в машине. Тема 3.3. Линейные преобразования дифференциальных уравнений переходного процесса. Тема 3.4. Переходные процессы в синхронной машине без учета влияния демпферных контуров. Тема 3.5. Характеристическое уравнение и его корни. Тема 3.6. Постоянные времени затухания свободных составляющих токов. Тема 3.7. Изменение тока якоря при трехфазном КЗ. Тема 3.8. Влияние системы возбуждения на переходный процесс	3		4		10
Раздел 4. Методы расчета тока трехфазного короткого замыкания в начальный и произвольный моменты времени Тема 4.1. Методы расчета тока трехфазного короткого замыкания в начальный и произвольный моменты времени. Тема 4.2. Расчет начального значения периодической составляющей тока КЗ от синхронной машины без учета и с учетом влияния демпферных контуров. Тема 4.3. Влияние асинхронных электродвигателей и комплексных нагрузок в начальный момент КЗ. Тема 4.4. Расчет периодической составляющей тока при удаленных КЗ. Тема 4.5. Расчет периодической составляющей тока трехфазного КЗ в произвольный момент времени методом типовых кривых и методом спрямленных характеристик. Тема 4.6. Особенности расчетов токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В	4	3	4		10
Раздел 5. Переходные процессы при несимметричных коротких замыканиях и обрывах фаз	3	3			10

<p>Тема 5.1. Переходные процессы при несимметричных коротких замыканиях и обрывах фаз.</p> <p>Тема 5.2. Условия, при которых допустимо применение метода симметричных составляющих для анализа несимметричных режимов в трехфазных цепях, содержащих синхронные машины.</p> <p>Тема 5.3. Параметры электрических машин, трансформаторов (автотрансформаторов), обобщенных нагрузок, воздушных линий электропередач и кабелей по отношению к токам разных последовательностей.</p> <p>Тема 5.4. Граничные условия и основные соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений при несимметричных КЗ и обрывах фаз.</p> <p>Тема 5.5. Векторные диаграммы напряжений и токов при несимметриях разного вида.</p> <p>Тема 5.6. Учет группы соединения трансформаторов (автотрансформаторов) при определении токов в разных ветвях и напряжений в произвольных точках расчетной схемы.</p> <p>Тема 5.7. Правило эквивалентности тока прямой последовательности при несимметричных режимах и его использование.</p> <p>Тема 5.8. Комплексные схемы замещения.</p> <p>Тема 5.9. Сравнение токов при несимметричных КЗ разного вида</p>					
Итого в семестре:	17	17	17		40
Итого	17	17	17	0	40

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах.</p> <p>Составление схем замещения.</p> <p>Тема 1.1. Общие сведения об электромагнитных переходных процессах.</p> <p>Тема 1.2. Составление схем замещения.</p> <p>Тема 1.3. Основные понятия.</p> <p>Тема 1.4. Причины возникновения переходных процессов.</p> <p>Тема 1.5. Требования к расчетам переходных процессов.</p>

	<p>Тема 1.6. Основные допущения, принимаемые при расчетах.</p> <p>Тема 1.7. Составление схем замещения.</p> <p>Тема 1.8. Использование системы относительных единиц.</p> <p>Тема 1.9. Схемы замещения многообмоточных трансформаторов и сдвоенных реакторов.</p>
2	<p>Раздел 2. Переходные процессы в трехфазных цепях, подключенных к источнику синусоидального напряжения</p> <p>Тема 2.1. Переходные процессы в трехфазных цепях, подключенных к источнику синусоидального напряжения.</p> <p>Тема 2.2. Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании (КЗ) в цепи без трансформаторов.</p> <p>Тема 2.3. Ударный ток КЗ.</p> <p>Тема 2.4. Методы определения ударного коэффициента.</p> <p>Тема 2.5. Особенности переходного процесса при КЗ в разветвленной цепи.</p> <p>Тема 2.6. Переходный процесс при включении в сеть трансформатора с разомкнутой вторичной обмоткой.</p> <p>Тема 2.7. Переходный процесс при КЗ за трансформатором</p>
3	<p>Раздел 3. Электромагнитные переходные процессы в электрических машинах</p> <p>Тема 3.1. Электромагнитные переходные процессы в электрических машинах.</p> <p>Тема 3.2. Математическая модель синхронной машины, отражающая основные закономерности электромагнитных переходных процессов в машине.</p> <p>Тема 3.3. Линейные преобразования дифференциальных уравнений переходного процесса.</p> <p>Тема 3.4. Переходные процессы в синхронной машине без учета влияния демпферных контуров.</p> <p>Тема 3.5. Характеристическое уравнение и его корни.</p> <p>Тема 3.6. Постоянные времени затухания свободных составляющих токов.</p> <p>Тема 3.7. Изменение тока якоря при трехфазном КЗ.</p> <p>Тема 3.8. Влияние системы возбуждения на переходный процесс</p>
4	<p>Раздел 4. Методы расчета тока трехфазного короткого замыкания в начальный и произвольный моменты времени</p> <p>Тема 4.1. Методы расчета тока трехфазного короткого замыкания в начальный и произвольный моменты времени.</p> <p>Тема 4.2. Расчет начального значения периодической составляющей тока КЗ от синхронной машины без учета и с учетом влияния демпферных контуров.</p> <p>Тема 4.3. Влияние асинхронных электродвигателей и комплексных нагрузок в начальный момент КЗ.</p> <p>Тема 4.4. Расчет периодической составляющей тока при удаленных КЗ.</p> <p>Тема 4.5. Расчет периодической составляющей тока трехфазного КЗ в произвольный момент времени методом типовых кривых и методом спрямленных характеристик.</p> <p>Тема 4.6. Особенности расчетов токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В</p>
5	<p>Раздел 5. Переходные процессы при несимметричных коротких</p>

	<p>замыканиях и обрывах фаз</p> <p>Тема 5.1. Переходные процессы при несимметричных коротких замыканиях и обрывах фаз.</p> <p>Тема 5.2. Условия, при которых допустимо применение метода симметричных составляющих для анализа несимметричных режимов в трехфазных цепях, содержащих синхронные машины.</p> <p>Тема 5.3. Параметры электрических машин, трансформаторов (автотрансформаторов), обобщенных нагрузок, воздушных линий электропередач и кабелей по отношению к токам разных последовательностей.</p> <p>Тема 5.4. Граничные условия и основные соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений при несимметричных КЗ и обрывах фаз.</p> <p>Тема 5.5. Векторные диаграммы напряжений и токов при несимметриях разного вида.</p> <p>Тема 5.6. Учет группы соединения трансформаторов (автотрансформаторов) при определении токов в разных ветвях и напряжений в произвольных точках расчетной схемы.</p> <p>Тема 5.7. Правило эквивалентности тока прямой последовательности при несимметричных режимах и его использование.</p> <p>Тема 5.8. Комплексные схемы замещения.</p> <p>Тема 5.9. Сравнение токов при несимметричных КЗ разного вида</p>
--	--

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 2					
1	Начальные условия при расчете переходных процессов.	Интерактивная	4	4	1
2	Установившиеся характеристики переходных процессов.	Интерактивная	4	4	2
3	Анализ основных характеристик переходных процессов. Расчет ударного тока короткого замыкания.	Интерактивная	3	3	2
4	Система относительных единиц. Схемы замещения и их параметры.	Интерактивная	3	3	4
6	Расчет периодической составляющей тока для заданного случая при несимметричных к.з. Расчет токов несимметричных к.з.	Интерактивная	3	3	5

Всего			17	17

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 2				
1	Исследование переходных процессов в сети с источником бесконечной мощности. Влияние нагрузки на ток к.з. Пуск установки как короткое замыкание.	3	3	1
2	Исследование переходных процессов в сети с источником бесконечной мощности. Начальные условия при анализе переходных процессов.	3	3	2
3	Исследование Установившихся характеристик переходных процессов. Расчет ударного тока короткого замыкания.	3	3	2
4	Исследование Системы относительных единиц. Схемы замещения и их параметры. Способы преобразования схем замещения. Выбор параметров токоограничивающих реакторов.	4	4	3
5	Исследование Граничных условий и векторные диаграммы при симметричных к.з. Анализ токов симметричных к.з.	4	4	4
Всего		17	17	

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Цель курсовой работы: приобретение практических навыков расчета переходных процессов в системах электроснабжения. Во время работы студенты должны научиться проводить расчеты токов и напряжений при симметричных и несимметричных коротких замыканиях в высоковольтной сети системы электроснабжения, токов замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью, а также определять токи КЗ в низковольтных сетях. Кроме того, студенты должны усвоить методику построения векторных диаграмм

Часов практической подготовки: 17

Примерные темы заданий на курсовую работу приведены в разделе 10 РПД.

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 2, час
1	2	3

Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	15	15
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)	8	8
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	8	8
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	9	9
Всего:	40	40

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.3 А 86	Переходные процессы линейной электрической цепи со сосредоточенными параметрами. Нелинейные цепи : учебное пособие / Б. А. Артемьев, Н. В. Решетникова, Д. В. Шишляков ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2019. - 130 с. : рис. - Библиогр.: с. 128 (6 назв.). - ISBN 978-5-8088-1376-2	5
621.314 С32	Электрические машины: Трансформаторы : учебное пособие / Б. Н. Сергеев, В. М. Киселев, Н. А. Акимов; ред. И. П. Копылов. - М. : Высш. шк., 1989. - 352 с. : рис., табл., схем. - Библиогр.: с. 346 - 348 (30 назв.) - Предм. указ. : с. 348 - 349. - ISBN 5-06-000450-3	5

7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине размещены внутри

	ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»
http://www.electro-gid.ru/	Портал Electro-Gid.ru - Электроника и электротехника.
http://www.elecab.ru/	"Элекаб" - Справочный портал по электрике, энергетике и инженерии. Справочник электрика, справочник энергетика, нормативная документация в свободном доступе, каталог предприятий, доска объявлений, тендеры, своя банерная сеть.

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» (https://pro.guap.ru/) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке https://guap.ru/it/system/iso
2	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» (https://guap.ru/), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
3	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий (https://lib.guap.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП
2	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	ЭБС Znanium (https://znanium.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования (Интерактивный мультисенсорный дисплей на перекатной стойке FocusTouch Диагональ 70" – 1 шт., ПЭВМ – 1 шт.); Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	21-21 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
2	Учебная аудитория для лекционных, практических и лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации аудитории; лабораторное оборудование по изучению Интеллектуальных систем электроснабжения, переходных процессов в электроэнергетических системах, интеллектуальной релейной защиты и автоматики, электрических сетей и систем. Лабораторное оборудование по изучению показателей качества электрической энергии, монтажа и наладки электрооборудования, цифровой релейной защиты, возобновляемых источников энергии и изучению параметров осветительных приборов. 5 ПЭВМ для выполнения лабораторных работ и составления отчетов.	31-03 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
3	Лаборатория компьютерного моделирования: – специализированная мебель; – технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; ПЭВМ - Дисплей интерактивный НТС- 1 шт. Лабораторное оборудование: ПЭВМ – «Место рабочее автоматизированное» – 18 шт. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
4	Учебная аудитория для практических и лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации аудитории; лабораторное оборудование по изучению полупроводниковых преобразователей и промышленной электроники.	51-06-01 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.
Выполнение курсовой работы	Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсовой работы по дисциплине.

Примечание: *экзаменационные билеты формируются на основе вопросов и задач таблицы 15.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
1	Основные понятия об электромагнитных и электромеханических переходных процессах в электрической системе	ПК-2.Д.2
2	Основные виды коротких замыканий. Относительная вероятность их возникновения в электрических системах	ПК-2.Д.2
3	Какие виды нарушения режима относятся к продольной и поперечной несимметрии	ПК-2.Д.2
4	Основные допущения при расчете электромагнитных переходных процессов	ПК-2.Д.2
5	Преимущества и недостатки системы относительных единиц по сравнению с системой именованных единиц	ПК-2.Д.2
6	Приведение ЭДС и сопротивлений элементов схемы к выбранным базисным условиям	ПК-2.Д.2
7	Составление схемы замещения при расчете в относительных единицах. Точное и приближенное приведение	ПК-2.Д.2
8	Составление схемы замещения при расчете в именованных единицах. Точное и приближенное приведение	ПК-2.Д.2
9	Преобразование схем замещения	ПК-2.Д.2
10	Процесс трехфазного к.з. в неразветвленной цепи. Кривые изменения тока и ее слагающие	ПК-2.Д.2
11	Условия, определяющие максимальное значение апериодической составляющей тока	ПК-2.Д.2
12	Условия возникновения максимума мгновенного значения полного тока. Ударный ток и ударный коэффициент	ПК-2.Д.2
13	Определение эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей тока в разветвленной цепи.	ПК-2.Д.2
14	Действующие значения полных величин и их отдельных слагающих. Основные упрощения.	ПК-2.Д.2
15	Определение установившегося режима к.з. Основные характеристики и параметры синхронной машины.	ПК-2.Д.2
16	Схема замещения неявнополусной синхронной машины в установившемся режиме.	ПК-2.Д.2
17	Векторные диаграммы неявнополусных и явнополусных синхронных машин.	ПК-2.Д.2
18	Приведение цепи ротора к статору.	ПК-2.Д.2
19	Как учитывается в расчетах влияние нагрузки на режим к.з.	ПК-2.Д.2
20	Расчет при отсутствии автоматического регулирования возбуждения (АРВ). Влияние АРВ.	ПК-2.Д.2
21	Баланс магнитных потоков синхронной машины в нормальном установившемся режиме и в момент возникновения к.з.	ПК-2.Д.2
22	Переходные ЭДС и сопротивление. Схема замещения СМ без демпферных контуров в начальный момент внезапного	ПК-2.Д.2

	нарушения режима. Векторная диаграмма.	
23	Сверхпереходные ЭДС и сопротивление. Схема замещения СМ с демпферными обмотками в начальный момент нарушения режима в осях b и \wedge . Векторная диаграмма.	ПК-2.Д.2
24	Сравнение реактивностей синхронной машины.	ПК-2.Д.2
25	Характеристика двигателей и нагрузки.	ПК-2.Д.2
26	Практический расчет начального сверхпереходного и ударного токов при к.з., несинхронном включении генераторов, пуске двигателей.	ПК-2.Д.2
27	Внезапное к.з. СМ без демпферных обмоток.	ПК-2.Д.2
28	Влияние и приближенный учет демпферных обмоток.	ПК-2.Д.2
29	Влияние АРВ при внезапном к.з.	ПК-2.Д.2
30	Основные допущения при практических методах расчета к.з.	ПК-2.Д.2
31	Различия между практическими методами.	ПК-2.Д.2
32	Метод расчетных и типовых кривых. Порядок расчета по общему изменению.	ПК-2.Д.2
33	Порядок расчета по индивидуальному изменению. Приближенный учет системы.	ПК-2.Д.2
34	Учет электродвигателей при расчете токов к.з.	ПК-2.Д.2
35	Расчет токов к.з. в сетях до 1000 В.	ПК-2.Д.2
36	Высшие гармоники при несимметричном режиме синхронной машины.	ПК-2.Д.2
37	Метод симметричных составляющих при расчете токов к.з.	ПК-2.Д.2
38	Сопротивления элементов схемы для токов обратной и нулевой последовательности.	ПК-2.Д.2
39	Схемы отдельных последовательностей, определение результирующих ЭДС и сопротивлений.	ПК-2.Д.2
40	Граничные условия, соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений в месте поперечной несимметрии.	ПК-2.Д.2
41	Векторные диаграммы токов и напряжений для места несимметрии.	ПК-2.Д.2
42	Комплексные схемы замещения для различных видов поперечной несимметрии.	ПК-2.Д.2
43	Правило эквивалентности прямой последовательности для поперечной несимметрии.	ПК-2.Д.2
44	Сравнение видов короткого замыкания.	ПК-2.Д.2
45	Применение практических методов к расчету переходного процесса при однократной поперечной несимметрии.	ПК-2.Д.2
46	Однократная продольная несимметрия.	ПК-2.Д.2
47	Граничные условия, соотношения между симметричными составляющими токов.	ПК-2.Д.2
48	Векторные диаграммы токов в месте разрыва чисто индуктивной цепи, комплексные схемы замещения.	ПК-2.Д.2
49	Способы и технические средства ограничения токов к.з.	ПК-2.Д.2
50	Координация уровней токов к.з.	ПК-2.Д.2

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код
-------	---	-----

		индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
1	Расчёт токов короткого замыкания в электрической системе

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Разветвленная электрическая цепь представляет из себя три параллельные ветви. На первой расположены последовательно соединенные идеальный источник постоянного ЭДС напряжением E и резистор сопротивлением R . На второй - резистор сопротивлением R и ключ. На третьей – идеальный емкостной элемент емкость C . Допустим, в результате коммутации ключа последний оказался разомкнутым. Выберите верное значение в буквенном виде напряжения на третьей ветви после завершения переходного процесса.	ПК-2.Д.2
2	На единственной ветви в неразветвленной электрической цепи расположены идеальный источник постоянного тока с током J , два резистора сопротивлением R , ключ, идеальный индуктивный элемент индуктивностью L . Допустим, в результате коммутации ключа последний оказался замкнутым. Выберите верное утверждение для параметров идеального индуктивного элемента после завершения переходного процесса в цепи. Ответ обоснуйте.	ПК-2.Д.2
3	Установите соответствие между видом переходного процесса в цепи с источником постоянного ЭДС и типом зависимости рассматриваемого параметра от времени процесса	ПК-2.Д.2
4	Установите последовательность действий при расчёте переходного процесса второго порядка классическим методом.	ПК-2.Д.2
5	Вам требуется описать физический смысл параметра синхронной, а именно, электрической машины индуктивного сопротивления прямой последовательности по продольной оси.	ПК-2.Д.2
6	Во время эксперимента разветвленная электрическая цепь представляет из себя три параллельные ветви. На первой расположены последовательно соединенные идеальный источник постоянного ЭДС напряжением E и резистор сопротивлением R . На второй - резистор сопротивлением R и ключ. На третьей – идеальный емкостной элемент емкость C . Допустим, в результате коммутации ключа последний оказался разомкнутым. Выберите верное значение в буквенном виде тока на третьей ветви после завершения переходного процесса.	ПК-2.Д.2
7	Условия рассматриваемого эксперимента следующие. Ротор четырехобмоточной синхронной электрической машины приводится во вращение с отличной от синхронной скоростью. К обмотке возбуждения ротора при этом подключен источник постоянного	ПК-2.Д.2

	ЭДС. Токи и напряжения фазы а статора измеряются соответственно амперметром и вольтметром. При синхронизации графиков измерений получается, что при максимуме измеренного тока наблюдается минимум измеренного напряжения, а при минимуме измеренного тока – максимум измеренного напряжения. Какие сопротивления синхронной электрической машины можно рассчитать при использовании указанных величин. Ответ обоснуйте.	
8	Установите соответствие между режимом работы заданной синхронной электрической машины и переходным параметром, который возможно определить в этом режиме.	ПК-2.Д.2
9	Установите последовательность действий при анализе колебательного переходного процесса второго порядка классическим методом.	ПК-2.Д.2
10	Вам требуется описать условия эксперимента для определения параметра синхронной электрической машины, а именно, синхронного сопротивления прямой последовательности по продольной оси.	ПК-2.Д.2

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету «Электротехника» и самостоятельного творческого мышления.
- появление мотиваций, необходимых для самостоятельной работы;

- получение знаний о современном уровне развития науки и техники в области электротехники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Структура предоставления лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах.

Учебным планом не предусмотрено.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий .

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

На практических занятиях предусматривается проведение расчетов по тематикам дисциплины, обсуждение вариантов решения рассматриваемой проблемы и задачи, оценка рациональности использования выбранного решения.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач у обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Подробные методические указания по прохождению лабораторных работ приведены в:

1. Теоретические основы электротехники : лабораторный практикум / С. И. Бардинский, В. Д. Косулин ; ред. А. А. Ефимов ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2015. - 182 с.

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/ курсовой работы

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы

- 1 Выбор основного электротехнического оборудования системы электроснабжения.
- 2 Расчет симметричных режимов коротких замыканий.
 - 2.1 Составление схемы замещения и расчет параметров ее элементов.
 - 2.2 Преобразование схемы замещения к простейшему виду относительно места повреждения.
 - 2.3 Определение начального значения периодической составляющей тока КЗ от источников.
 - 2.4 Определение ударного тока короткого замыкания.
 - 2.5 Определение периодической и апериодической составляющих тока КЗ в заданный момент времени.
 - 2.6 Расчет тока при трехфазном КЗ на шинах 0,4 кВ.
- 3 Расчет несимметричных коротких замыканий.
 - 3.1 Составление и преобразование к простейшему виду схем замещения отдельных последовательностей.
 - 3.2 Определение начальных значений симметричных составляющих токов и напряжений при несимметричном КЗ.
 - 3.3 Построение векторных диаграмм токов и напряжений.
- 4 Определение тока замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.

Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

Результаты выполнения курсового проекта оформляются в виде пояснительной записки. Она должна состоять из следующих элементов:

- титульный лист;
- заполненный бланк задания на курсовую работу, подписанный студентом и преподавателем;

- реферат;
- содержание;
- основная часть;
- перечень ссылок.

Основная часть включает в себя введение, разделы работы, отражающие содержание и результаты выполнения работы и выводы.

Реферат должен включать в себя: количество страниц, рисунков, таблиц, приложений курсового проекта, а также количество использованных источников (по перечню ссылок) основной текст реферата, отображающий объект разработки, цель работы, методы расчетов, полученные результаты и область их использования; перечень ключевых слов, раскрывающих суть работы.

Во введении нужно кратко отметить роль электроэнергетики и в частности систем электроснабжения для страны, цель курсового проекта и ее связь с другими дисциплинами.

В разделах работы приводятся результаты расчетов и схемы замещения системы электроснабжения (исходная схема, этапы преобразования, вид схемы замещения) с обязательным указанием нумерации сопротивлений и их величин.

Графические обозначения и буквенный код элементов на схемах должны соответствовать требованиям ЕСКД. Расчетные формулы нужно оформлять в таком виде: сначала общий вид, затем подстановка числовых и конечный результат с указанием размерностей величин. Все расчеты нужно сопровождать краткими пояснениями.

Нумерация страниц сквозная, начиная с титульного листа. Номера страниц проставляют арабскими цифрами в верхнем правом углу страницы без точки. На титульном листе номер страницы не проставляется.

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающихся формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются учебно-методический материал по дисциплине.

В течение курса обучающийся должен самостоятельно более глубоко изучить теоретический материал дисциплины с использованием основной и дополнительной литературы. А также самостоятельно подготовиться к прохождению промежуточной аттестации по дисциплине в форме экзамена.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

При текущем контроле успеваемости преподаватель контролирует своевременность и правильность представления отчетов по лабораторным работам и домашним расчетным заданиям, а также оценивает знания по представляемому материалу. При оценке текущей успеваемости студентов на «хорошо» и «отлично» они при 100% посещаемости лекций могут получить соответствующую оценку своих знаний,

показанных при текущем контроле успеваемости, при проведении промежуточной аттестации.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

- выполнение курсового проекта с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости. В случае, если студент по уважительной причине не выполнил требования текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать задолженности по пропущенным темам. Форма проведения промежуточной аттестации – письменная.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой