

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»

ФАКУЛЬТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета энергетики,  
  
Доцент АА. Шевченко  
«14» апреля 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.1.ДВ.01.01 «ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»**

Направление подготовки

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Направленность подготовки

Электроснабжение

Уровень высшего образования

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» разработана на основе ФГОС ВО 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 28.02.2018 г. протокол № 144.

Автор:

канд. техн. наук, доцент



Н.А. Гранкина

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению решением кафедры Применения электрической энергии от 16.03.2020 г., протокол № 25.

Заведующий кафедрой

канд. техн. наук, доцент



А.Г. Кудряков

Рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии факультета энергетики, от 24 апреля 2020г., протокол № 9

Председатель

методической комиссии

док. техн. наук, профессор



И.Г.Стрижков

Руководитель

основной профессиональной  
образовательной программы

канд. техн. наук, доцент



А.Г.Кудряков

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

**Целью** освоения дисциплины Б1.В.1.ДВ.01.01 «Переходные процессы в электроэнергетических системах» является получение знаний о специфике электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах (ЭЭС) и их основных элементах, изучение методов расчёта различных переходных процессов, особенно при симметричных и несимметричных коротких замыканиях в электроустановках.

### **Задачи**

- сформировать готовность определения параметров оборудования объектов электросетевого хозяйства;
- сформировать готовность проводить мониторинг технического состояния объектов электросетевого хозяйства;
- сформировать готовность к участию в организации технического обслуживания электрооборудования объектов электросетевого хозяйства.

## **2 Перечень планируемых результатов по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

В результате изучения дисциплины Б1.В.1.ДВ.01.01 «Переходные процессы в электроэнергетических системах» обучающийся должен получить знания и навыки для успешного освоения следующих трудовых функций и выполнения следующих трудовых действий:

Профессиональный стандарт - 40844 «Работник по обслуживанию оборудования подстанций электрических сетей» - I/01.5 «Мониторинг технического состояния оборудования подстанций»; I/02.5 «Обоснование планов и программ технического обслуживания и ремонта оборудования подстанций»; I/03.5 «Разработка нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций».

Профессиональный стандарт - 51469 «Работник по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи» - G/01.5 «Мониторинг технического состояния воздушных линий электропередачи»; - G/02.5 «Обоснование планов и программ деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи»; G/03.5 «Разработка нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи»; H/01.6 «Формирование планов и программ деятельности по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи».

Профессиональный стандарт - 40861 «Работник по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи» - I/01.5 «Оценка технического состояния кабельных линий электропередачи»; I/02.5 «Обоснование планов и программ деятельности по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи»; I/03.5 «Разработка нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередачи»; J/01.6 «Формирование планов и программ

деятельности по техническому обслуживанию кабельных линий электропередачи»; J/02.6 «Техническое ведение проектов работ в зоне обслуживания кабельных линий электропередачи».

Профессиональный стандарт - 51489 «Специалист в области проектирования систем электроснабжения объектов капитального строительства» - В/01.6 «Предпроектное обследование объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения»; В/02.6 «Разработка проектной и рабочей документации отдельных разделов проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства», С/01.7 «Разработка концепции системы электроснабжения объекта капитального строительства».

**В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:**

ПКС-2 - Способен участвовать в организации технического обслуживания электрооборудования объектов электросетевого хозяйства;

### 3. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина Б1.В.1.ДВ.01.01 «Переходные процессы в электроэнергетических системах» является вариативной дисциплиной части ОПОП ВО подготовки обучающихся по направлению 13.03.02 «Электротехника и электротехника», направленность «Электроснабжение».

#### 4 Объем дисциплины (252 часов, 7 зачетных единиц)

Вид учебной работы	Объем, часов	
	очное	заочное
<b>Контактная работа</b>	116	
в том числе:		-
- аудиторные по видам учебных занятия	94	
лекции	40	-
консультации	-	-
практические занятия	54	-
лабораторные работы	18	-
- внеаудиторная	4	-
зачет	1	-
защита курсовых работ (проектов)	-	
экзамен	3	-
<b>Самостоятельная работа</b>	136	-
в том числе:		
— курсовая работа (проект)	-	-
— прочие виды самостоятельной работы	136	-
<b>Всего по дисциплине</b>	<b>252 / 7з.е.</b>	<b>-</b>

## 5 Содержание дисциплины

По итогам изучаемого курса студенты сдают экзамен и зачет с оценкой. Дисциплина изучается на 3 курсе, в 5 и 6 семестрах.

### Содержание и структура дисциплины по очной форме обучения

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	(лабораторные занятия)	Самостоятельная работа
1	<b>Общие сведения об электромагнитных переходных процессах</b> Основные понятия, причины и последствия переходных процессов (ПП). Допущения, принимаемые при исследованиях электромагнитных переходных процессов (ЭМПП). Переходные процессы при коротких замыканиях (КЗ).	ПКС-2	5	2	-	-	8
2	<b>Переходный процесс при трёхфазном коротком замыкании</b> Исходное дифференциальное уравнение ПП и его решение. Понятие об ударном токе КЗ. Ударный коэффициент и способы его определения. Особенности ПП при КЗ в разветвлённой цепи.	ПКС-2	5	2	4	-	8
3	<b>Расчёт начального действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания</b> Определение начального действующего значения периодиче-	ПКС-2	5	2	4	-	6

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче- ские заня- тия	( лабора- торные занятия)	Самосто- ятельная работа
	ской составляющей (ПС) тока КЗ от СМ без учёта и с учётом влияния демпферных контуров. Влияние электродвигателей и нагрузок в начальный момент КЗ.						
4	<b>Изменение во времени действующего значения тока короткого замыкания</b> Изменение во времени действующего значения тока КЗ от синхронных машин (СМ) без учёта влияния демпферных контуров. Влияние форсировки возбуждения на ПП. Влияние демпферных контуров на ПП.	ПКС-2	5	2	4	-	6
5	<b>Практические методы расчёта периодической составляющей тока короткого замыкания</b> Определение удалённости точки КЗ от источника питания. Расчет ПС тока при удалённых КЗ. Расчёт с использованием метода типовых кривых. Расчёт с помощью спрямлённых характеристик.	ПКС-2	5	2	4	-	6
6	<b>Особенности расчётов несимметричных коротких замыканий</b> Метод симметричных составляющих. Определение параметров	ПКС-2	5	2	4	-	6

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче- ские заня- тия	( лабора- торные занятия)	Самосто- ятельная работа
	обратной последовательности. Определение параметров нулевой последовательности трансформаторов, автотрансформаторов и воздушных линий электропередачи (ЛЭП). Влияние грозозащитных тросов и параллельных цепей на сопротивление нулевой последовательности ЛЭП.						
7	<b>Несимметричные короткие замыкания</b> Исходные уравнения. Двухфазное КЗ. Однофазное КЗ. Двухфазное КЗ на землю. Соотношение токов КЗ разных видов при замыканиях в одной и той же точке.	ПКС-2	5	2	4	-	6
8	<b>Расчёты несимметричных коротких замыканий</b> Решение исходных уравнений. Определение значений двухфазного и однофазного КЗ в различных точках схемы системы электроснабжения. Расчёт ПП при несимметричных КЗ разными методами. Анализ соотношения ТКЗ и значений полной мощности КЗ разных видов при замыканиях в одной и той же точке схемы.	ПКС-2	5	2	4	-	6
9	<b>Особенности однофазных замыканий в</b>	ПКС-2	5	2	4	-	6

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче- ские заня- тия	( лабора- торные занятия)	Самосто- ятельная работа
	<b>электрических сетях напряжением 6-10-35 кВ.</b> Однофазные замыкания на землю в сетях напряжением 6–35 кВ. Параметры сети при однофазном замыкании на землю. Определение тока замыкания на землю. Компенсация токов замыкания на землю.						
10	<b>Короткие замыкания в электроустановках напряжением до 1 кВ</b> Особенности расчётов токов КЗ в установках до 1 кВ. Основные факторы, влияющие на ток КЗ. Параметры элементов электрической цепи, необходимые для расчёта тока КЗ.	ПКС-2	5	2	4	-	8
11	<b>Математическое описание различных переходных процессов и задачи управления ими.</b> Статическая и динамическая устойчивость ЭЭС	ПКС-2	6	2	-	-	6
12	<b>Статическая устойчивость электроэнергетических систем</b> Характеристика мощности простейшей системы электропередачи. Физический смысл угла $\delta$ . Понятие о статической устойчиво-	ПКС-2	6	2	2	2	6



№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче- ские заня- тия	( лабора- торные занятия)	Самосто- ятельная работа
	сти системы. Харак- теристика мощности при сложной связи синхронной машины с энергосистемой. Вли- яние параметров схе- мы на характеристики мощности. Характе- ристики мощности генераторов с автома- тическими регулято- рами возбуждения. Действительный пре- дел мощности. Век- торные диаграммы и основные уравнения простейшей системы. Упрощенное пред- ставление генераторов в расчетах статиче- ской устойчивости.						
13	<b>Переходные процес- сы в узлах нагрузки электроэнергетиче- ских систем</b> Общая характери- стика узлов нагрузки. Характеристики син- хронных двигателей. Характеристики асин- хронных двигателей. Оценка статической устойчивости асин- хронных и синхрон- ных двигателей. Вто- ричные критерии устойчивости нагруз- ки. Влияние конден- саторных батарей на устойчивость нагруз- ки. Лавина напряже- ния в узле нагрузки. Влияние больших возмущений на режим	ПКС-2	6	2	2	2	6

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче- ские заня- тия	( лабора- торные занятия)	Самосто- ятельная работа
	работы нагрузки. Динамическая устойчивость двигателей при изменении напряжения. Наброс нагрузки на двигатели. Самозапуск двигателей.						
14	<b>Асинхронные режимы электроэнергетических систем</b> Возникновение и общая характеристика асинхронных режимов. Параметры основных элементов электроэнергетических систем при асинхронных режимах. Нарушение синхронизма и переход в асинхронный режим. Изменение режимных параметров системы при асинхронном ходе. Последствия асинхронных режимов. Ресинхронизация и результирующая устойчивость.	ПКС-2	6	2	2	2	4
15	<b>Оценка электромеханических процессов в сложных энергетических системах</b> Общий подход к анализу устойчивости. Метод малых колебаний для оценки статической устойчивости электроэнергетической системы. Анализ статической устойчивости системы с учетом демпфирования. Самораскачивание и самовозбуждение в	ПКС-2	6	2	2	2	8

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче- ские заня- тия	( лабора- торные занятия)	Самосто- ятельная работа
	электроэнергетиче- ской системе.						
16	<b>Методы оценки электромеханиче- ских процессов в сложных энергети- ческих системах</b> Критерий Гурвица для оценки статической устойчивости. Крите- рий устойчивости Ра- уса. Критерий устой- чивости Михайлова. Метод D-разбиения. Оценка статической устойчивости системы при автоматическом регулировании воз- буждения генерато- ров. Второй метод Ляпунова для оценки устойчивости систе- мы. Нормативные требования устойчи- вости энергосистем	ПКС-2	6	2	2	2	8
17	<b>Мероприятия по по- вышению устойчи- вости электроэнер- гетических систем</b> Классификация меро- приятий повышаю- щих устойчивость электроэнергетиче- ских систем Умень- шение индуктивных сопротивлений элек- трических машин. Увеличение постоян- ной механической инерции электриче- ских машин. Приме- нение асинхронизиро- ванных и синхронных машин с продольно- поперечным возбуж-	ПКС-2	6	2	2	2	8

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче- ские заня- тия	( лабора- торные занятия)	Самосто- ятельная работа
	дением.						
18	<b>Изменение параметров</b> трансформаторов и режима их нейтралей. Изменение параметров линий электропередачи. Применение линий и вставок постоянного тока. Быстродействующие выключатели и защита.	ПКС-2	6	2	2	2	8
19	<b>Продольная емкостная компенсация.</b> Переключательные пункты на линиях электропередачи. Установка синхронных компенсаторов и управляемых источников реактивной мощности на промежуточных подстанциях. Применение шунтирующих и токоограничивающих реакторов.	ПКС-2	6	2	2	2	8
20	<b>Мероприятия по повышению устойчивости на электрических станциях и в системах электроснабжения</b> Электрическое торможение генераторов. Автоматическое регулирование возбуждения синхронных машин. Форсировка возбуждения синхронных машин. Аварийное управление мощностью турбин электростанций. Отключение части синхронных	ПКС-2	6	2	2	2	8

№ п/п	Наименование темы с указанием основных вопросов	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практиче- ские заня- тия	( лабора- торные занятия)	Самосто- ятельная работа
	машин в аварийном режиме. Регулирование режима реактивной мощности синхронных машин. Мероприятия, связанные с установкой систем автоматического управления.						
Итого				Итого лекцион- ных часов	Итого практиче- ских	Итого лабора- торных заня- тий	Итого самосто- ятельной работы
				40	54	18	136

## 6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Переходные процессы в системах агропромышленного электроснабжения. Книга 1. Симметричные и несимметричные короткие замыкания: Учебное пособие В.Г. Сазыкин, А.Г. Кудряков. – Кубанский государственный агроуниверситет, Краснодар. – 2010. – 112 с. — Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/05\\_CHast\\_1\\_1.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/124/05_CHast_1_1.pdf)
2. Кудряков А.Г., Сазыкин В.Г. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие /. – 2-е изд., исправ. и доп. Краснодар: КубГАУ, 2017. – 255 с. — Режим доступа: <https://kubsau.ru/upload/iblock/ecd/ecda39b02422ef8717abc7a997a8299a.pdf>
3. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: методические указания для проведения практических занятий / В. Г. Сазыкин, А. Г. Кудряков, Н. А. Гранкина, А. В. Масенко. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 59 с. — Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/EHMPP\\_k\\_prakt\\_zan\\_-\\_kopija.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/124/EHMPP_k_prakt_zan_-_kopija.pdf).
4. В.Г. Сазыкин, А.Г. Кудряков. Электромагнитные переходные процессы: учебник для вузов. – Краснодар: КубГАУ. – 2014. – 250 с— Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Uchebnik\\_EHmPP\\_2014.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/124/Uchebник_EHmPP_2014.pdf)

## 7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра*	Этапы формирования и проверки уровня сформированности компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОП
Шифр и наименование компетенции ПКС-2 - Способен участвовать в организации технического обслуживания электрооборудования объектов электросетевого хозяйства;	
Указываются номер семестра по возрастанию	Указываются последовательно дисциплины, практики
4	Современные технологии монтажа в электроэнергетике
4	Монтаж средств автоматизации
5	Основное и вспомогательное оборудование нетрадиционной и возобновляемой энергетики
5	Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики
5	Организационно-распорядительные документы в электроэнергетике
5, 6	Электрические станции и подстанции
5, 6	<b>Переходные процессы в электроэнергетических системах</b>
6	Эксплуатация систем электроснабжения
6	Энерготехнологическое использование нетрадиционной и возобновляемой энергетики
6, 7	Электроснабжение
7	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
7	Системы контроля и учета электрической энергии
7	Организация работ под наведенным напряжением
7, 8	Электрические сети
8	Производственная практика
8	Преддипломная практика
8	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

## 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетвори- тельно (минимальный)	удовлетвори- тельно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
Указывается шифр и наименование компетенции: ПКС-2 - Способен участвовать в организации технического обслуживания электрообо- рудования объектов электросетевого хозяйства;					
Знать: организацию техническо- го обслужи- вания и ре-	На экзамене студент до- пускает зна- чительные ошибки и	Уровень студента не- достаточно высок. До- пускаются	Студент от- носительно полно ори- ентируется в материале и	На экзамене студент сво- бодно ори- ентируется в материале и	Экзамен.

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетвори- тельно (минимальный)	удовлетвори- тельно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
монта объектов электросетевого хозяйства;  <b>Уметь:</b> применяет методы и технические средства испытаний и диагностики объектов электросетевого хозяйства;  <b>Владеть:</b> способностью понимать задачи эксплуатации объектов электросетевого хозяйства.	обнаруживает лишь начальную степень ориентации в материале.	ошибки и затруднения при изложении материала.	отвечает без затруднений при контроле знаний. Допускает незначительное количество ошибок. Способен к выполнению сложных заданий.	отвечает без затруднений. Способен к выполнению сложных заданий, постановке целей и выборе путей их реализации.	
	От 40 до 0 %. Необходима значительная дальнейшая работа для успешного прохождения теста	От 60 до 40 %. Выполнение теста удовлетворяет минимальным критериям	От 80 до 60 %. В целом правильная работа с определённым количеством ошибок	От 100 до 80 %. Отличное выполнение теста с незначительным количеством ошибок	<i>Тесты</i>
	Тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы или реферат не представлен вовсе.	Имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата; отсутствуют выводы.	Основные требования к реферату выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении.	Выполнены все требования к написанию реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность; сделан анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция; сформулированы выводы, тема раскрыта	<i>Реферат.</i>

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетвори- тельно (минимальный)	удовлетвори- тельно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
				полностью, выдержан объём; со- блюдены требования к внешнему оформле- нию.	
	В ходе рабо- ты и в отчете обнаружи- лись в сово- купности все недостатки, отмеченные в требовани- ях к оценке «удовлетво- рительно», а также: 1) ра- бота выпол- нена не пол- ностью, 2) отчёт вы- полнен небрежно, 3) имеются грубые ошибки не позволяю- щие сделать правильные выводы.	Работа пол- ностью вы- полнена с допустимы- ми погреш- ностями: 1) более чем на 2 вопроса получены не верные отве- ты, 2) полу- чены резуль- таты с большой по- грешностью, но позволя- ющие сде- лать пра- вильные вы- воды, 3) в отчете было допущено не более 2 ошибок (в записи еди- ниц измере- ния, в вы- числениях, графиках, таблицах, схемах, ана- лизе по- грешностей и т.д.).	Студент рас- терялся и не ответил на 2 вопроса при защите. Не- дочеты, описки и не- грубые ошибки в содержании при без- упречном ответе на все вопросы также оце- ниваются в четыре бал- ла.	Работа вы- полнена полностью без погреш- ностей и за- мечаний.	<i>Задания лабо- раторных и практических работ; защи- та отчётов</i>



Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетвори- тельно (минимальный)	удовлетвори- тельно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
	На зачете студент допускает значительные ошибки и обнаруживает лишь начальную степень ориентации в материале.	Уровень студента не достаточно высок. Допускаются ошибки и затруднения при изложении материала.	Студент относительно полно ориентируется в материале и отвечает без затруднений при контроле знаний. Допускает незначительное количество ошибок. Способен к выполнению сложных заданий.	На зачете студент свободно ориентируется в материале и отвечает без затруднений. Способен к выполнению сложных заданий, постановке целей и выборе путей их реализации.	<i>Зачет</i>

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

#### **Пример задания лабораторной работы.**

##### **Лабораторная работа №1**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОДНОМАШИННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

Цель работы: Изучить влияние параметров внешней электрической сети и промежуточной нагрузки на статическую устойчивость одномашиной энергосистемы.

**1. Выразить исходные данные в системе относительных единиц. Для этого выполнить следующие действия:**

- обозначить римскими цифрами номера ступеней трансформации: I – ступень энергосистемы; II – ступень присоединения нагрузки; III – ступень генератора Г;
- считая, что энергосистема, приемные шины которой принимаются в качестве шин бесконечной мощности, обладает бесконечным регулирующим эф-

фактом нагрузки, что приводит к неизменности напряжения на шинах, задаться на первой ступени

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}, \quad U_{6I} = U_C = 118 \text{ кВ};$$

– рассчитать базисные напряжения на остальных ступенях, используя коэффициенты трансформации трансформаторов Т1 и Т2:

$$U_{6II} = U_{6I} \cdot \frac{U_{НВ(Т2)}}{U_{НН(Т2)}}, \quad U_{6III} = U_{6II} \cdot \frac{U_{НН(Т1)}}{U_{НВ(Т1)}};$$

– определить переходную ЭДС и напряжение энергосистемы

$$E'_{oe} = \frac{E'}{U_{6III}}, \quad U_{Coe} = \frac{U_C}{U_{6I}} = 1;$$

– определить сопротивления элементов эквивалентной схемы замещения: генератора Г

$$x'_{oe} = x'_d \cdot \frac{S_6 U_{НОМГ}^2}{5 S_{НОМГ} U_{6III}^2}; \quad R_{Гoe} = R_{Г} \cdot \frac{S_6 U_{НОМГ}^2}{5 S_{НОМГ} U_{6III}^2},$$

$$S_{НОМГ} = \frac{P_{НОМГ}}{\cos \varphi_{НОМГ}};$$

трансформаторов Т1 и Т2

$$x_{Т1oe} = x_{Т1} \cdot \frac{S_6}{5 U_{6II}^2}; \quad R_{Т1oe} = R_{Т1} \cdot \frac{S_6}{5 U_{6II}^2};$$

$$x_{Т2oe} = x_{Т2} \cdot \frac{S_6}{5 U_{6II}^2}; \quad R_{Т2oe} = R_{Т2} \cdot \frac{S_6}{5 U_{6II}^2};$$

линий ВЛ1 и ВЛ2

$$x_{1oe} = \frac{x_{01} \cdot L_1 \cdot S_6}{U_{6II}^2}; \quad R_{1oe} = \frac{R_{01} \cdot L_1 \cdot S_6}{U_{6II}^2};$$

$$x_{2oe} = \frac{x_{02} \cdot L_2 \cdot S_6}{U_{6II}^2}; \quad R_{2oe} = \frac{R_{02} \cdot L_2 \cdot S_6}{U_{6II}^2};$$

– выразить значения мощностей нагрузки в системе относительных единиц

$$P_{ное} = \frac{P_n}{S_6}; \quad Q_{рое} = \frac{Q_p}{S_6}; \quad Q_{к6ое} = \frac{Q_{к6}}{S_6}.$$

## 2. Выполнить следующие вычислительные эксперименты:

1. Провести расчеты угловых характеристик мощности со стороны генератора и со стороны концентрированной энергосистемы (ШБМ) для идеализированной модели энергосистемы без промежуточной нагрузки:

$P_H = 0$ ;  $Q_H = 0$ ;  $R = 0$  для всех элементов схемы замещения.

Для этого рассчитать:

а) сопротивления:

$$\underline{Z}_1 = jx'_{oe} + jx_{1oe} + jx_{r1oe}, \quad \underline{Z}_2 = jx_{r2oe} + jx_{2oe} \text{ и } \underline{Z} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 = Ze^{j\psi};$$

б) угол  $\alpha = 90^\circ - \psi$  или в среде MathCAD:  $\alpha = 90^\circ \deg - \arg(Z)$ ;

в) значения собственных мощностей и максимума взаимной мощности:

$$P_{11} = \frac{|\dot{E}'_{oe}|^2 \cdot \sin(\alpha)}{|\underline{Z}|}; \quad P_{22} = \frac{U_{coe}^2 \cdot \sin(\alpha)}{|\underline{Z}|}; \quad P_{12M} = \frac{|\dot{E}'_{oe}| \cdot U_{coe}}{|\underline{Z}|};$$

г) угловые характеристики со сторон генератора  $P_1(\delta)$  и ШБМ  $P_2(\delta)$ , изменяя угол  $\delta$  от 0 до 180 градусов, по следующим зависимостям:

$$P_1(\delta) = P_{11} + P_{12M} \sin(\delta - \alpha); \quad P_2(\delta) = -P_{22} + P_{12M} \sin(\delta + \alpha).$$

2. Провести расчеты угловых характеристик со сторон генератора и ШБМ для идеализированной модели энергосистемы при подключении реактора:  $\dot{S}_H = jQ_p; R = 0$

Для этого рассчитать:

а) комплексное сопротивление индуктивной нагрузки

$$\underline{Z}_3 = \underline{Z}_H = \frac{U_H^2}{(P_H^2 + Q_H^2)} \cdot (P_H + jQ_H) = \frac{U_{hoe}^2}{Q_{poe}^2} \cdot (jQ_{poe}),$$

$$U_{hoe} = \frac{U_{HB(T1)}}{U_{6II}}$$

б) собственные и взаимное сопротивления по формулам (3-5), при этом использовать значения сопротивлений  $Z_1, Z_2$  из пункта 1,а;

в) дополняющие углы по формулам (7);

г) угловые характеристики со сторон генератора  $P_1(\delta)$  и ШБМ  $P_2(\delta)$  по формулам (1-2), изменяя угол  $\delta$  от 0 до 180 градусов.

3. Провести расчеты, аналогичные п. 2, при подключении конденсаторной батареи:  $\dot{S}_H = -jQ_{KB}; R = 0$ .

4. На одном графике построить угловые характеристики со сторон генератора  $P_1(\delta)$  и ШБМ  $P_2(\delta)$ , рассчитанные в пунктах 1-3.

5. Провести расчеты, аналогичные п.2, при подключении активной нагрузки:  $\dot{S}_H = P_H; R = 0$ . На одном графике построить угловые характеристики со сторон генератора  $P_1(\delta)$  и ШБМ  $P_2(\delta)$ , рассчитанные в пунктах 1 и 5.

6. Провести расчеты угловых характеристик энергосистемы и генератора для уточненной модели энергосистемы без промежуточной нагрузки:  $P_H = 0; Q_H = 0; R \neq 0$  для всех элементов схемы замещения.

Для этого рассчитать:

а) сопротивления:

$$\underline{Z}_1 = R_{Г\text{о\text{е}}} + jx'_{\text{о\text{е}}} + R_{\tau 1\text{о\text{е}}} + jx_{\tau 1\text{о\text{е}}} + R_{1\text{о\text{е}}} + jx_{1\text{о\text{е}}};$$

$$\underline{Z}_2 = R_{\tau 2\text{о\text{е}}} + jx_{\tau 2\text{о\text{е}}} + R_{2\text{о\text{е}}} + jx_{2\text{о\text{е}}} \quad \text{и} \quad \underline{Z} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 = Ze^{j\psi};$$

б) угловые характеристики, используя формулы пункта 1 (б, в, г).

7. На одном графике построить угловые характеристики со стороны генератора  $P_1(\delta)$  и ШБМ  $P_2(\delta)$ , рассчитанные в пунктах 1 и 6.

8. Самостоятельно выбрать формулы и провести расчеты угловых характеристик со сторон генератора и ШБМ для уточненной модели при подключении активно-индуктивной нагрузки с параметрами, принятыми из пунктов 2 и 5:  $\dot{S}_H = P_H + jQ_p; R \neq 0$ . Рассчитанные характеристики и характеристики из пункта 2 построить на одном графике.

9. Самостоятельно выбрать формулы и провести расчеты угловых характеристик энергосистемы и генератора для уточненной модели при подключении активно-емкостной нагрузки с параметрами, принятыми из пунктов 3 и 5:  $\dot{S}_H = P_H - jQ_{KB}; R \neq 0$ . Рассчитанные характеристики и из пункта 1 построить на одном графике.

### Обработка результатов расчета

1. По результатам расчета пункта 1 определить передаваемую мощность  $P_{10}$  в нормальном режиме энергосистемы, приняв коэффициент запаса статической устойчивости генератора  $k_{CT} = 25\%$  и показать эту мощность на всех рисунках.

2. По величине  $P_{10}$  определить коэффициенты запаса статической устойчивости генератора для экспериментов 2, 3, 5, 6, 8, 9.

3. Показать на графиках собственные мощности  $P_{11}$  и  $P_{22}$ , максимум взаимной мощности  $P_{12M}$  для экспериментов 5, 6, 8, 9.

4. Показать на графиках дополняющие углы  $\alpha_{12}$  для экспериментов 5, 6, 8, 9.

5. Ответить письменно на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. По какому практическому критерию определяется статическая устойчивость одномашинной энергосистемы?

2. Почему уменьшается предел статической устойчивости одномашинной энергосистемы при подключении шунтирующего реактора?

3. Почему повышается предел статической устойчивости одномашинной энергосистемы при подключении конденсаторной батареи?

4. Почему в уточненной модели энергосистемы угловые характеристики  $P_1(\delta)$  и  $P_2(\delta)$  не совпадают?

5. Почему дополняющий угол  $\alpha_{12}$  может принимать как положительные, так и отрицательные значения?

6. Почему дополняющие углы  $\alpha_{11}$  и  $\alpha_{22}$  не имеют отрицательных значений?

### Содержание отчета

В отчете по лабораторной работе следует привести схему электропередачи, схему замещения, исходные данные для расчета, основные формулы, графики, пункты задания по обработке результатов расчета, письменные ответы на контрольные вопросы.

### Примеры теста

*1. Какие явления, происходящие в трехфазной электрической сети с незаземленной нейтралью, называют коротким замыканием?*

- \*Замыкание между фазами,
- Замыкание между фазой и нулевым проводом,
- Замыкание между фазой и землей,
- Замыкание между нулевым проводом и землей.

*1. Какое из известных видов короткого замыкания называют симметричным?*

- Однофазное,
- \*Трехфазное,
- Двухфазное,
- Двухфазное с заземленной нейтралью.

*2. Укажите, какое основное допущение при расчетах токов короткого замыкания справедливо для сети высокого напряжения и неприемлемо для сетей низкого (до 1 кВ) напряжения?*

- Пренебрежение индуктивными сопротивлениями,
- \*Пренебрежение активными сопротивлениями,
- Пренебрежение пусковыми токами двигателей,
- Пренебрежением мощностями двигателей.

*3. Что называют позиционной системой?*

\*Это такая система, в которой параметры режима зависят от текущего состояния, взаимного положения, например, роторов генераторов и двигателей независимо от того, как было достигнуто это состояние. При этом реальные динамические характеристики элементов системы заменяются статическими.

Это связи параметров режима системы, представленные аналитически или графически и не зависящие от времени. Эти связи выявляются в основном в установившемся режиме системы.

Это связи параметров режима системы, представленные аналитически или графически и зависящие от времени. Эти связи выявляются в основном в установившемся режиме системы.

Это связи параметров режима системы, представленные аналитически или графически и не зависящие от времени. Эти связи выявляются в основном в неустойчивом режиме системы.

#### *4. Что такое статические характеристики?*

\*Это связи параметров режима системы, представленные аналитически или графически и не зависящие от времени. Эти связи выявляются в основном в установившемся режиме системы .

Это связи параметров режима системы, представленные аналитически или графически и зависящие от времени. Эти связи выявляются в основном в установившемся режиме системы.

Это связи параметров режима системы, представленные аналитически или графически и не зависящие от времени. Эти связи выявляются в основном в неустойчивом режиме системы.

Это такая система, в которой параметры режима зависят от текущего состояния, взаимного положения, например, роторов генераторов и двигателей независимо от того, как было достигнуто это состояние. При этом реальные динамические характеристики элементов системы заменяются статическими.

#### *5. Дать определение понятию самораскачивание.*

\*Это вид электромеханической неустойчивости генератора, когда у его ротора, вращающегося с основной эксплуатационной скоростью при некотором значении угла, появляются колебательные изменения скорости и угла с увеличивающейся амплитудой вплоть до выпадения из синхронизма .

\*Это вид электромеханической периодической неустойчивости энергосистемы, при которой ротор синхронной машины совершает самопроизвольные колебания, заканчивающиеся либо выпадением машины из синхронизма, либо установлением какого-то предельного цикла колебаний, препятствующих нормальной работе энергосистемы .

Это вид электромагнитной неустойчивости генераторов, при появлении которой в значительной степени или полностью теряется возможность управления установившимся режимом. При этом в отдельных точках системы самопроизвольно могут устанавливаться значения напряжений, опасные для изоляции оборудования.

#### *6. Дать определение понятию самовозбуждение.*

\*Это вид электромагнитной неустойчивости генераторов, при появлении которой в значительной степени или полностью теряется возможность управления установившимся режимом. При этом в отдельных точках систе-

мы самопроизвольно могут устанавливаться значения напряжений, опасные для изоляции оборудования .

Это вид электромеханической неустойчивости генератора, когда у его ротора, вращающегося с основной эксплуатационной скоростью при некотором значении угла, появляются колебательные изменения скорости и угла с увеличивающейся амплитудой вплоть до выпадения из синхронизма.

Это вид электромеханической периодической неустойчивости энергосистемы, при которой ротор синхронной машины совершает самопроизвольные колебания, заканчивающиеся либо выпадением машины из синхронизма, либо установлением какого-то предельного цикла колебаний, препятствующих нормальной работе энергосистемы.

*7. Нарастание тока и напряжения в процессе самовозбуждения может быть:*

\*Апериодическим (синхронное самовозбуждение) .

\*Колебательным (асинхронное самовозбуждение) .

Периодическим (синхронное самовозбуждение).

Пиковым (асинхронное самовозбуждение).

### **Структура реферата:**

- 1) титульный лист;
- 2) план работы с указанием страниц каждого вопроса, подвопроса (пункта);
- 3) введение;
- 4) текстовое изложение материала, разбитое на вопросы и подвопросы (пункты, подпункты) с необходимыми ссылками на источники, использованные автором;
- 5) заключение;
- 6) список использованной литературы;
- 7) приложения, которые состоят из таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, схем (необязательная часть реферата). Приложения располагаются последовательно, согласно заголовкам, отражающим их содержание.

### **Темы рефератов**

1. Расчёт действующего начального значение периодической составляющей трехфазного тока короткого замыкания (ТКЗ)
2. Учет изменения активного сопротивления проводников при коротком замыкании.
3. Особенности расчета токов короткого замыкания в электроустановках постоянного тока с аккумуляторными батареями.
4. Учет изменения активного сопротивления проводников при коротком замы-

кании.

5. Электродинамические силы в электроустановках.
6. Термическое воздействие токов короткого замыкания на проводники.
7. Схемы замещения нулевой последовательности трансформаторов и автотрансформаторов.
8. Схемы замещения прямой последовательности трансформаторов (автотрансформаторов) и сдвоенных реакторов и их параметры
9. Определение ударного ТКЗ в заданных точках схемы.
10. Определение действующего значения ударного ТКЗ в заданных точках схемы.
11. Определение значения двухфазного ТКЗ в заданных точках схемы.
12. Определение однофазного ТКЗ для точек в сетях напряжением 220 – 110 кВ.
13. Расчёт значения полной мощности КЗ в заданных точках схемы.
14. Сравнение значения ТКЗ для различных мест и видов повреждения.
15. Особенности учета комплексной нагрузки при расчете токов короткого замыкания.
16. Выбор основного энергооборудования: турбогенераторов (ТГ) и силовых трансформаторов электроэнергетической системы.
17. Определение ударного ТКЗ в заданных точках схемы.
18. Составление эквивалентной схемы замещения ЭЭС с учетом ТГ с АРВ пропорционального действия (ПД) и ТГ с АРВ сильного действия (СД).
19. Определение значения двухфазного ТКЗ в заданных точках схемы.
20. Расчет ЭДС схемы замещения для ТГ без АРВ, ТГ с АРВ ПД и ТГ с АРВ СД.
21. Исследование предела передаваемой мощности при постоянстве напряжения в узле нагрузки (ТГ без АРВ, ТГ с АРВ ПД и ТГ с АРВ СД).
22. Определение коэффициентов запаса статической устойчивости.
23. Расчёт значения полной мощности КЗ в заданных точках схемы.
24. Запас статической устойчивости узла нагрузки по критерию  $dE/dU > 0$ .
25. Определение сопротивления эквивалентного генератора системы для ТГ с АРВ ПД и ТГ с АРВ СД.
26. Изменения  $E'_{\text{экв}}$  при изменении  $U_{\text{нагр}}$ .
27. Устойчивость узла нагрузки в зависимости от удаленности эквивалентного генератора.
28. Допустимое время перерыва электроснабжения по условию устойчивости эквивалентного двигателя.
29. Значения скольжения эквивалентного асинхронного двигателя.
30. Предельное время перерыва электроснабжения.
31. Оценка условия самозапуска эквивалентного синхронного двигателя.
32. Динамический переходной процесс при отключении одной из ЛЭП.

### **Вопросы к экзамену.**

1. Причины возникновения переходных процессов (ПП) в (системах электроснабжения) СЭС.

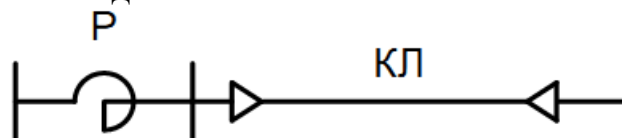


2. Наиболее распространенные причины появления ПП в СЭС.
3. Причины возникновения коротких замыканий (КЗ) в СЭС.
4. Виды коротких замыканий.
5. Основные последствия КЗ для СЭС.
6. Назначение расчетов токов короткого замыкания (ТКЗ).
7. Назначение исследований и расчетов ПП.
8. Факторы, определяющие выбор места КЗ в СЭС.
9. Требования и допущения, предъявляемые к расчетам ТКЗ.
- 10.Трехфазное КЗ в неразветвленной цепи.
- 11.Изменение во времени ТКЗ и его составляющих.
- 12.Факторы, влияющие на ударный ТКЗ и его действующее значение.
- 13.Условия возможности пренебрежения активным или индуктивным сопротивлением КЗ цепи.
- 14.Порядок расчета симметричных ТКЗ. Составление схем КЗ.
- 15.Основные методы преобразования схем замещения для практических расчетов ТКЗ.
- 16.Сущность метода использования коэффициентов токораспределения.
- 17.Способы задания параметры электрической системы.
- 18.Метод симметричных составляющих.
- 19.Порядок расчета несимметричных ТКЗ.
- 20.Специфика составления схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательности.
- 21.Особенности симметричных составляющих при расчете сопротивлений электроустановок.
- 22.Правило эквивалентности прямой последовательности.
- 23.Комплексные схемы замещения короткозамкнутой цепи.
- 24.Сравнение токов и напряжений при различных видах несимметричного КЗ.
- 25.Особенности замыкания фазы на землю в сетях с изолированной нейтралью.
- 26.Методика определение токов КЗ для сетей с изолированной нейтралью.
- 27.Методы ограничения токов КЗ на землю для сетей с изолированной нейтралью.
- 28.Основные способы ограничения токов КЗ для сетей с изолированной нейтралью.
- 29.Особенности расчета токов КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ.
- 30.Отличия в расчетных схемах электроустановок напряжением до и выше 1 кВ.
- 31.Порядок расчета токов КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ.
- 32.Особенности составления схемы замещения для расчета ТКЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ.
- 33.Влияние автоматического возбуждения синхронных машин на ток короткого замыкания.
- 34.Методы расчета токов короткого замыкания в произвольный момент времени.
- 35.Упрощение расчета ТКЗ в произвольный момент времени.
- 36.Методика расчета ТКЗ по усовершенствованным кривым.

37. Расчет ТКЗ произвольный момент времени по общему и индивидуальному изменениям.
38. Учет влияния электрической системы на ТКЗ в произвольный момент времени.
39. Характеристика схем промышленных СЭС. Основные способы ограничения токов КЗ.
40. Основные способы регулирования токов КЗ на стадиях проектирования и эксплуатации СЭС.
41. Методика определения наибольшего действующего значения полного тока короткого замыкания.
42. Упрощение схем замещения СЭС напряжением выше 1 кВ.
43. Определение параметров элементов схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов.
44. Определение параметров элементов схемы замещения воздушных и кабельных линий электропередач.
45. Определение параметров элементов схемы замещения асинхронных двигателей и синхронных машин.
46. Определение параметров элементов схемы замещения комплексной нагрузки и электрической системы.
47. Параметры сети при однофазном замыкании на землю с изолированной нейтралью.
48. Компенсация токов замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.
49. Устойчивость режимов электрических систем при малых возмущениях.
50. Устойчивость режимов электрических систем при больших возмущениях.
51. Статические и динамические характеристики нагрузки.
52. Моделирование электромеханических переходных процессов в электрических системах.
53. Анализ условий и средств стабилизации режимов системы.
54. Средства обеспечения устойчивости режимов СЭС.

### ***Пример практических задания для экзамена***

**Задача.** Электрическая цепь состоит из последовательно соединенных реактора и кабельной линии длиной 2 км.



Р:  $x_P = 0,45 \text{ Ом}$ ,  $I_H = 1000 \text{ А}$ ,  $U_H = 10 \text{ кВ}$ ;  
 КЛ:  $l = 2 \text{ км}$ ,  $x_0 = 0,08 \text{ Ом/км}$ .

Определить индуктивное сопротивление элементов цепи в относительных единицах при номинальных условиях реактора.

*Задача.* Мощность генератора  $P_H = 25$  МВт,  $\cos\varphi = 0.8$ ,  $U_H = 10.5$ ,  $x_* = 0.2$ . (отнесено к номинальным условиям). Найти сопротивление генератора в Омах.

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

*Задача.* Мощность силового трансформатора  $S_H = 5,6$  МВА,  $U_k\% = 7,5\%$ . Потери активной мощности при номинальном режиме  $\Delta P_H = 75,5$  кВт. Коэффициент трансформации  $n_T=38/6,3$ . Найти реактивное сопротивление трансформатора в Омах, приведенное к напряжению 38 и 6,3 кВ соответственно.

### Вопросы к зачету

1. Электроэнергетическая система, ее режимы и параметры.
2. Классификация электромеханических переходных процессов (ЭМПП).
3. Исследование максимальных и предельных нагрузок электроэнергетических систем.
4. Требования, предъявляемые к режимам и процессам электроэнергетических систем.
5. Качество ЭМПП в электроэнергетических системах.
6. Осуществимость режима и определение условий его существования.
7. Устойчивость электрических систем и методы ее исследования.
8. Моделирование ЭМПП в электроэнергетических системах.
9. Энергетическая трактовка критериев устойчивости электроэнергетических систем.
10. Соотношения между параметрами в электроэнергетической системе.
11. Статическая устойчивость электроэнергетической системы, электродвигателей и узлов нагрузки.
12. Динамическая устойчивость и ее практические критерии.
13. Исследование динамической устойчивости методами площадей и последовательных интервалов.
14. Результирующая устойчивость электроэнергетической системы.
15. Виды внутреннего нарушения статической устойчивости электроэнергетической системы.
16. Исследование устойчивости регулируемых систем, учет автоматических регуляторов возбуждения при исследовании устойчивости электроэнергетической системы.
17. Определение предельного угла и времени отключения КЗ в электроэнергетической системе.
18. Статические и динамические характеристики нагрузки электроэнергетических систем.

19. Лавина напряжения и способы ее предотвращения.
20. Роль электрического центра системы, представление электрической нагрузки.
21. Исследование опрокидывания электродвигателей в системах электро-снабжения.
22. Классификация мероприятий по повышению устойчивости электроэнергетических систем и систем электроснабжения.
23. Исследование влияния используемых средств автоматики электростанций на повышение устойчивости электроэнергетических систем.
24. Исследование влияния используемых средств релейной защиты и автоматики на повышение устойчивости электроэнергетических систем.
25. Проектирование мероприятий повышения устойчивости электроэнергетических систем и систем электроснабжения.
26. Что такое электрическое торможение генераторов?
27. Что такое автоматическое регулирование возбуждения синхронных машин?
28. Что такое форсировка возбуждения синхронных машин?
29. Как осуществляется аварийное управление мощностью турбин электростанций?
30. Как производится отключение части синхронных машин в аварийном режиме?
31. Как выполняется регулирование режима реактивной мощности синхронных машин?
32. Какие осуществляются мероприятия, связанные с установкой систем автоматического управления?
33. Классификация мероприятий повышающих устойчивость электроэнергетических систем.
34. Уменьшение индуктивных сопротивлений электрических машин.
35. Увеличение постоянной механической инерции электрических машин.
36. Применение асинхронизированных и синхронных машин с продольно-поперечным возбуждением.
37. Изменение параметров трансформаторов и режима их нейтралей.
38. Применение линий и вставок постоянного тока.
39. Быстродействующие выключатели и защита для повышению устойчивости электроэнергетических систем.
40. Продольная емкостная компенсация.
41. Применение шунтирующих и токоограничивающих реакторов.
42. Установка синхронных компенсаторов и управляемых источников реактивной мощности на промежуточных подстанциях.
43. Критерий Гурвица для оценки статической устойчивости.
44. Критерий устойчивости Рауса.
45. Критерий устойчивости Михайлова.
46. Метод D-разбиения.
47. Оценка статической устойчивости системы при автоматическом регули-

- ровании возбуждения генераторов.
- 48.Второй метод Ляпунова для оценки устойчивости системы.
- 49.Нормативные требования устойчивости энергосистем.
- 50.Необходимые и достаточные условия устойчивости решения линейной однородной системы.

#### **7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Опубликованные методические материалы, определяющие процедуры оценки знаний, умений и навыков: Оськин С.В. Методические рекомендации по процедуре оценивания знаний, навыков, умений и опыта деятельности, на этапах формирования компетенций.- КубГАУ.- Краснодар, 2014.- 34 с. — Режим доступа: <https://kubsau.ru/upload/iblock/8d1/8d16a59faa1f2e97e7383a8c3c81c739.pdf>.

Контроль освоения дисциплины и оценка знаний обучающихся на экзамене производится в соответствии с Пл КубГАУ 2.5.1 «Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся».

Текущий контроль по дисциплине позволяет оценить степень восприятия учебного материала и проводится для оценки результатов изучения разделов/тем дисциплины.

Текущий контроль проводится как контроль тематический (по итогам изучения определенных тем дисциплины) и рубежный (контроль определенного раздела или нескольких разделов, перед тем, как приступить к изучению очередной части учебного материала).

Текущий контроль знаний студентов имеет следующие виды:

- устный опрос на практических и семинарских занятиях;
- проверка выполнения письменных заданий;
- защита лабораторных работ;
- тестирование (письменное или компьютерное);
- контроль посещения студентами лекций, практических, семинарских и лабораторных работ.

##### **Критерии оценки лабораторных работ:**

Оценка «5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

Оценка «4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «3» (удовлетворительно: выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

Оценка «2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы

**Реферат** - письменный доклад или выступление по выбранной теме. Отличительной особенностью данного вида работ является сбор информации из нескольких источников и чётко структурированный на выходе материал. Критерием оценки реферата являются: новизна текста, обоснованность выбора источников литературы, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдения требований к оформлению.

Оценка «отлично» - выполнены все требования к написанию реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность; сделан анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция; сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём; соблюдены требования к внешнему оформлению.

Оценка «хорошо» - основные требования к реферату выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении.

Оценка «удовлетворительно» - имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата; отсутствуют выводы.

Оценка «неудовлетворительно» - тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы или реферат не представлен вовсе.

### **Тестовые задания**

Оценка «отлично» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 85 % тестовых заданий.

Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 70 % тестовых заданий.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 51 %.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента менее чем на 50 % тестовых заданий.

### **Критерии оценки на экзамене**

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, который обладает всесторонними, систематизированными и глубокими знаниями материала учебной программы, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, усвоил основную и ознакомился с дополнительной литера-

турой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется обучающемуся усвоившему взаимосвязь основных положений и понятий дисциплины в их значении для приобретаемой специальности, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, правильно обосновывающему принятые решения, владеющему разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала учебной программы, успешно выполняющему предусмотренные учебной программой задания, усвоившему материал основной литературы, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, показавшему систематизированный характер знаний по дисциплине, способному к самостоятельному пополнению знаний в ходе дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, правильно применяющему теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеющему необходимыми навыками и приемами выполнения практических работ.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимым для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных учебной программой, знаком с основной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, допустившему погрешности в ответах на экзамене или выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями под руководством преподавателя для устранения этих погрешностей, нарушающему последовательность в изложении учебного материала и испытывающему затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных учебной программой заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не может продолжить обучение или приступить к деятельности по специальности по окончании университета без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### **Критерии оценки на зачете:**

Назначение зачета состоит в том, что он является завершающим этапом в изучении дисциплины (или модуля), когда каждый студент должен отчитаться об усвоении материала, предусмотренного программой по этой дисциплине.

В ходе подготовки к зачету обучающимся доводятся заранее подготовленные вопросы по дисциплине.

В преддверии зачета преподаватель проводит групповую консультацию и, в случае необходимости, индивидуальные консультации с обучающимися. При проведении консультации обобщается пройденный материал, раскрывается логика его изучения, привлекается внимание к вопросам, представляющим наибольшие трудности для всех или большинства обучающихся, рекомендуется литература, необходимая для подготовки.

При подготовке к зачету обучающиеся внимательно изучают тексты лекций, конспекты, составленные в ходе подготовки к семинарам, рекомендованную литературу и делают краткие записи по каждому вопросу.

Такая методика позволяет систематизированные знания.

В ходе сдачи зачета учитывается не только качество ответа, но и текущая успеваемость обучающегося.

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, который обладает всесторонними, систематизированными и глубокими знаниями материала учебной программы, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, усвоил основную и ознакомился с дополнительной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется обучающемуся усвоившему взаимосвязь основных положений и понятий дисциплины в их значении для приобретаемой специальности, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, правильно обосновывающему принятые решения, владеющему разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала учебной программы, успешно выполняющему предусмотренные учебной программой задания, усвоившему материал основной литературы, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, показавшему систематизированный характер знаний по дисциплине, способному к самостоятельному пополнению знаний в ходе дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, правильно применяющему теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеющему необходимыми навыками и приемами выполнения практических работ.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимым для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных учебной программой, знаком с основной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, допустившему погрешности в ответах на экзамене или выполнении



экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями под руководством преподавателя для устранения этих погрешностей, нарушающему последовательность в изложении учебного материала и испытывающему затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных учебной программой заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не может продолжить обучение или приступить к деятельности по специальности по окончании университета без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная учебная литература**

1. Кудряков А.Г., В.Г. Сазыкин. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие /. – 2-е изд., исправ. и доп. Краснодар: КубГАУ, 2017. – 255 с.

2. Переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс]: сборник задач/ Д.В. Армеев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 331 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45133.html>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Переходные процессы в системах агропромышленного электроснабжения. Книга 1. Симметричные и несимметричные короткие замыкания: Учебное пособие В.Г. Сазыкин, А.Г. Кудряков. – Кубанский государственный агроуниверситет, Краснодар. – 2010. – 112 с. .— Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/05\\_CHast\\_1\\_1.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/124/05_CHast_1_1.pdf).

4. Пилипенко В.Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Пилипенко В.Т.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 124 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33671.html>.— ЭБС «IPRbooks»

5. Кудряков А.Г., Сазыкин В. Г., Гранкина Н. А., Масенко А. В. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. Методические указания для проведения практических занятий. Краснодар: КубГАУ, 2016. – 59 с. .— Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/ЕНМРР\\_k\\_prakt\\_zan\\_-\\_kopija.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/124/ЕНМРР_k_prakt_zan_-_kopija.pdf)

## Дополнительная учебная литература

1. Расчет режимов распределительных электрических сетей [Электронный ресурс]: учебное пособие для магистров, обучающихся по направлению 35.04.06 «Агроинженерия» (магистерская программа «Системы электро-снабжения сельскохозяйственных потребителей»)/ П.О. Гуков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2017.— 105 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72743.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Глазырин В.Е. Расчет релейной защиты понижающих автотрансформаторов на базе микропроцессорных шкафов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Глазырин В.Е., Давыдов В.А., Щеглов А.И.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011.— 91 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45156.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Кобелев А.В. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика»/ Кобелев А.В., Кочергин С.В., Печагин Е.А.— Электрон. текстовые данные.— Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015.— 80 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64564.html>.— ЭБС «IPRbooks»

4. Электроснабжение. Расчет токов короткого замыкания [Электронный ресурс]: методические указания к практическим и курсовой работам/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 47 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55184.html>.— ЭБС «IPRbooks»

5. Котова Е.Н. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Котова Е.Н., Паниковская Т.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 216 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68522.html>.— ЭБС «IPRbooks»

## 9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№	Наименование ресурса	Уровень доступа
Электронно-библиотечные системы		
1.	Издательство «Лань»	Электронно-библиотечная система. Интернет доступ
2.	IPRbook	Электронно-библиотечная система. Интернет доступ
3.	Znanium.com	Электронно-библиотечная

		система. Интернет доступ
4.	Образовательный портал КубГАУ	Интернет доступ
Профессиональные базы данных и информационные справочные системы		
5.	Консультант Плюс	В онлайн версиях Консультант Плюс реализован удобный поиск законов кодексов приказов указов постановлений распоряжений. Интернет доступ
6.	Гарант	Информационно-правовой портал. Интернет доступ
7.	Научная электронная библиотека eLibrary	Интернет доступ, ссылка

## 10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Пилипенко В.Т. Электромагнитные переходные процессы в электро-энергетических системах [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Пилипенко В.Т.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 124 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33671.html>. — ЭБС «IPRbooks»
2. Переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс]: сборник задач/ Д.В. Армеев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 331 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45133.html>. — ЭБС «IPRbooks»
3. Labview для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора: Практическое руководство для работы в программной среде Labview / Ю.К. Евдокимов, Г.И. Щербаков, В.Р. Линдваль. – М.: ДМК Пресс, 2010.
4. Кудряков А.Г., Сазыкин В. Г., Гранкина Н. А., Масенко А. В. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. Методические указания для проведения практических занятий. Краснодар: КубГАУ, 2016. – 59 с. .— Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/EHMPP\\_k\\_prakt\\_zan\\_-\\_kopija.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/124/EHMPP_k_prakt_zan_-_kopija.pdf)

## 11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют:

- организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов;
- контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования;
- автоматизировать расчеты аналитических показателей, предусмотренные программой научно-исследовательской работы;
- автоматизировать поиск информации посредством использования справочных систем.

### Перечень лицензионного ПО

№	Наименование	Краткое описание
1.	Microsoft Windows	Операционная система
2.	Система тестирования ИНДИГО	Корпоративный ключ
3.	AutoCAD	сетевая лицензия до версии 2012, Корпоративный ключ
4.	MS Office Standart 2010	Корпоративный ключ № 5/2012 от 12.03.2012,
5.	MS Office Standart 2013	Корпоративный ключ №17к-201403 от 25 марта 2014г.
6.	Microsoft Visual Studio 2008-2015	по программе Microsoft Imagine Premium , Персональный ключ, б/н от 22.06.17.
7.	MS Project Professional 2016	по программе Microsoft Imagine Premium, Персональный ключ, б/н от 22.06.17.
8.	MS Visio 2007-2016	по программе Microsoft Imagine Premium, Персональный ключ, б/н от 22.06.17
9.	MS Access 2010-2016	по программе Microsoft Imagine Premium, Персональный ключ, б/н от 22.06.17.
10.	MS Windows XP, 7 pro	Корпоративный ключ №187 от 24.08.2011
11.	Dr. Web	Серийный номер, б/н от 28.06.17
12.	Photoshop CS6	Персональный ключ №954 от 18.01.2013
13.	ABBYY FineReader 14	Сетевая лицензия, 208 от 27.07.17.
14.	eAuthor CBT 3.3	ГМЛ-Л-15/01-699 от 16.01.15

### Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование	Тематика
1	Гарант	Правовая

## 12 Материально-техническое обеспечение для обучения по дисциплине

№ п/п	<b>Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе, помещений для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения</b>	<b>Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом ( в случае реализации образовательных программ в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)</b>
1.	<p>"Помещение №4 ЭЛ, посадочных мест — 100; площадь — 125,8кв.м; учебная аудитория для проведения учебных занятий. специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель); технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран); программное обеспечение: Windows, Office."</p> <p>"Помещение №209 ЭЛ, посадочных мест — 32; площадь — 67,8кв.м; учебная аудитория для проведения учебных занятий. сплит-система — 1 шт.; технические средства обучения (принтер — 1 шт.; проектор — 1 шт.; компьютер персональный — 1 шт.; телевизор — 1 шт.); программное обеспечение: Windows, Office. специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель)."</p> <p>"Помещение №301 ЭЛ, посадочных мест — 27; площадь — 52,6кв.м; учебная аудитория для проведения учебных занятий. кондиционер — 1 шт.; холодильник — 1 шт.; лабораторное оборудование (стенд лабораторный — 11 шт.); технические средства обучения (экран — 1 шт.; монитор — 1 шт.; компьютер персональный — 1 шт.); программное обеспечение: Windows, Office. специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель)."</p> <p>Помещение №205 ЭЛ, посадочных мест — 28; площадь — 87,3кв.м; помещение для самостоятельной работы обучающихся. технические средства обучения (принтер — 1 шт.; экран — 1 шт.; сетевое оборудование — 1 шт.; компьютер персональный — 14 шт.); доступ к сети «Интернет»; доступ в электронную информационно-образовательную среду университета; специализированная мебель(учебная мебель). Программное обеспечение: Windows, Office, специали-</p>	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13

№ П/П	<b>Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе, помещений для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения</b>	<b>Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом ( в случае реализации образовательных программ в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)</b>
	зированное лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, предусмотренное в рабочей программе	