

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Нововоронежский политехнический институт** –  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(НВПИ НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДЕН:

Педагогическим советом

«17» марта 2023г., протокол № 550

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

**«Переходные процессы в**

**электроэнергетических системах»**

**Направление подготовки:** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**Наименование образовательной программы:** Электрические станции

**Уровень образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

г. Нововоронеж, 2023г.

## **Паспорт фонда оценочных средств**

### **1. Модели контролируемых компетенций:**

Оценочные средства для текущего и промежуточного контроля направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся следующих компетенций:

ПК 7 - способен участвовать в пусконаладочных работах;

ОПК-2- способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.

ОПК-4 - способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин.

ПКП-1 - организация, обеспечение и контроль технического, оперативного обслуживания, работы ЭТО и устройств АС.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

3.1. Понятия и принципы теории переходных процессов в электроэнергетических системах;

3.2. Системы защиты от токов короткого замыкания;

3.3. Методы расчетов токов короткого замыкания в электроэнергетических системах.

Уметь:

У.1. Применять основные методы расчета токов короткого замыкания;

У.2. Осуществлять расчет и выбор уставок защит станций и подстанций;

У.3. Определять основные параметры коммутационной аппаратуры для нормального функционирования оборудования станций и подстанций;

Владеть:

В.1. Навыками расчета токов короткого замыкания;

В.2. Навыками построения расчетных схема и схем замещения для расчета токов короткого замыкания;

В.3. Навыками расчета и выбора уставок защит станций и подстанций электроэнергетических систем.

Соотнесение знаний, умений и навыков с компетенциями приведено в таблице:

Индекс компетенции	Проектируемые результаты освоения дисциплины « Электрические машины» и индикаторы формирование компетенций			Средства и технологии оценки
	Знания (З)	Умения (у)	Навыки (В)	
ПК-7	3.1,2,3	У.1,2,3	В.1,2,3	ОУ, ПД РЗ, КЗ,Т
ОПК-2	3.5,6,7,8,9,10	У.1,2,3,7,8,9	В.1,2,3	
ОПК-4	3.1,2,3	У.1,2,3	В.1,2,3	

Формой аттестации по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах», является экзамен в 6 ,7 семестре.

## 2. Программа оценивания контролируемых компетенций: (структура дисциплины)

№	Наименование раздела	Текущий контроль (недели и обязательные текущие контрольные мероприятия)	Рубежный контроль (неделя и форма контроля раздела)	Максимальный балл	Компетенции
7 семестр					
	Токи короткого замыкания. Виды коротких замыканий.	3 – ОП 5 – ПР ЛР	14 – Д	20	ПК-7, ОПК-2, ОПК-4,
	Электромагнитные переходные процессы в дальних электропередачах и в сетях с изолированной и заземленной нейтралью.	11 – ОП, 14 – ПР; ЛР	14 – Д	20	ПК-7, ОПК-2, ОПК-4,
	Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах	6 – ОП, 12 – ПР. ЛР	14 – Д	20	ПК-7, ОПК-2, ОПК-4,
	Экзамен			0-40	
	Итого за 7 семестр			100	

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения устных опросов в форме собеседования, практических работ, контрольного задания, теста.

Оценивание контролируемых компетенций по разделам:

№ п/п	Раздел дисциплины.	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение	ПК-7,ОПК-2, ОПК-4,	РЗ
2	Физический процесс при возникновении симметричного КЗ.	ПК-7,ОПК-2, ОПК-4,	РЗ
3	Расчеты токов и напряжений при возникновении симметричного КЗ	ПК-7,ОПК-2, ОПК-4,	РЗ
4	Несимметричные аварийные режимы. Продольная и поперечная несимметрия режимов.	ПК-7,ОПК-2, ОПК-4,	5УО
5	Уравнения электромагнитного переходного процесса синхронной машины	ПК-7,ОПК-2, ОПК-4,	6ПД
6	Устойчивость электроэнергетической системы	ПК-7,ОПК-2, ОПК-4,	РЗ
7	Элементарная теория статической устойчивости электроэнергетической системы	ПК-7,ОПК-2, ОПК-4,	11РЗ
8	Элементарная теория динамической устойчивости электроэнергетической системы	ПК-7,ОПК-2, ОПК-4,	12УО
9	Устойчивость нагрузки	ПК-7,ОПК-2, ОПК-4,	РЗ
10	Мероприятия, направленные на повышение устойчивости работы электроэнергетических систем	ПК-7,ОПК-2, ОПК-4,	17Т, 17КЗ

*КЗ- контрольное задание, РЗ- решение задач, УО- устный опрос*

### **3. Оценочные средства**

#### **Примерная тематика контрольных работ**

##### **Контрольная работа №1**

1. Изменения во времени фазных токов при возникновении трехфазного КЗ.

2. Определение наибольшего мгновенного тока в каждой фазе при возникновении трехфазного КЗ.

3. Графическое представление изменения во времени мгновенных токов при возникновении трехфазного КЗ.

#### Контрольная работа №2

1. Нахождение действующих значений периодических составляющих токов по всем ветвям электрической сети в начальный момент КЗ.

2. Определение суммарного тока КЗ и его составляющих для любого момента времени.

#### Примерная тематика коллоквиумов

1. Уравнения синхронной машины и ее параметры в установившихся и переходных режимах/ Физическая модель СМ.

2. Электрические схемы контуров ротора и статора СМ.

3. Исходные уравнения СМ в фазовых координатах.

4. Координаты  $d$ ,  $q$ ,  $\theta$ . введение новой координатной системы для уравнений СМ.

5. Матрица индуктивностей СМ в результате блонделевых преобразований.

6. Уравнения СМ после преобразования (уравнения Парка-Горева).

7. Упрощенные уравнения Парка-Горева. Схемы замещения, отражающие уравнения СМ.

8. Параметры СМ в установившихся и переходных режимах (по оси « $d$ » и по оси « $q$ »).

9. Установившийся режим работы СМ. Векторная диаграмма. Определение составляющих векторной диаграммы по данным  $U$ ,  $i$ ,  $\varphi$ .

10. Физическая картина ПП в сг при внезапном трехфазном КЗ на выводах статорной обмотки.

### **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

#### **Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

#### Контрольная работа №1

На рисунке 1 представлен фрагмент однолинейной схемы замещения

электрической сети. Напряжение в узле 1  $U_1 = 330$  кВ, сопротивление  $z_{12} = 1,2 + j7,5$  Ом. В момент времени  $t=0$  в точке 2 происходит трехфазное металлическое короткое замыкание. При условии, что до замыкания линия работала на холостом ходу, а угол напряжения фазы А в нулевой момент времени  $\alpha = -20^\circ$ , необходимо:

1. Построить графики изменения полного тока для каждой фазы;
2. Вычислить наибольшее значение полного тока для каждой фазы;
3. Определить значение  $\alpha$ , при котором в фазе А будет достигаться наибольший ударный ток, а также само значение ударного тока.

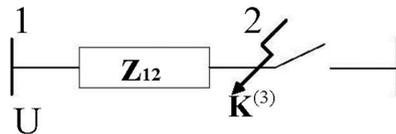
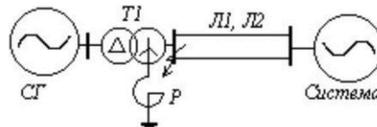


Рисунок 1 - Фрагмент схемы замещения электрической сети Контрольная работа №2  
 Определить действующие значения полного тока КЗ в момент 0,3 с.



## Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Физический процесс при симметричном КЗ в неразветвленной цепи, питаемой от мощного источника.
2. Максимальное значение полного тока трехфазного КЗ. Момент его возникновения.
3. Зависимость величины тока от момента возникновения КЗ.
4. Действующие значения полных величин и отдельных составляющих токов КЗ для произвольного момента времени.
5. Процесс КЗ в цепи синхронного генератора ограниченной мощности без АРВ.

6. Процесс КЗ в цепи синхронного генератора ограниченной мощности с включенным АРВ.
7. Определение сопротивлений различных элементов. Электрическая схема замещения.
8. Определение токов КЗ для любого момента времени ПП (периодической и аperiodической составляющих).
9. Учет нагрузки при КЗ в электрической сети. Токи КЗ от электродвигателей.
10. Схемы замещения различных последовательностей при расчете несимметричной системы.
11. Параметры 2-х и 3-х обмоточных трансформаторов в схемах нулевой последовательности в зависимости от вариантов соединения их обмоток.
12. Параметры линий электропередачи в схемах нулевой последовательности.
13. Токи и напряжения в месте двухфазного КЗ. Векторные диаграммы.
14. Токи и напряжения в месте однофазного КЗ. Векторные диаграммы.
15. Токи и напряжения в месте двухфазного КЗ на землю. Векторные диаграммы.
16. Сравнение токов различных видов КЗ.
17. Особенности замыканий в распределительных сетях. Простые замыкания на землю.
18. Особенности замыканий в распределительных сетях. Простые замыкания на землю.
19. Токи и напряжения в месте обрыва одной фазы. Векторные диаграммы.
20. Токи и напряжения в месте обрыва двух фаз. Векторные диаграммы.

21. Учет комплексного коэффициента трансформации при несимметричном режиме в электрической сети.
22. Исходные уравнения СМ в фазовых координатах.
23. Введение новой координатной системы для уравнений СМ.
24. Матрица индуктивностей СМ.
25. Уравнения СМ после преобразования.
26. Схемы замещения, отражающие уравнения СМ.
27. Параметры СМ в установившихся и переходных режимах (по оси «d» и по оси «q»).
28. Установившийся режим работы СМ. Векторная диаграмма.
29. Определение составляющих векторной диаграммы по данным  $U$ ,  $i$ ,  $\varphi$ .
30. Физическая картина переходного процесса в синхронном генераторе при возникновении внезапного трехфазного КЗ на выводах статорной обмотки.

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

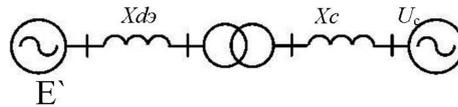
При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий

## Контрольная работа №1



(Уточнённый учёт автоматической регулировки возбуждения)

Исходные данные: Для схемы, представленной на рисунке,

Найти:

1. Коэффициент усиления АРВ по напряжению ( $K_u$ ), для которого достигается  $E_{q1}$  при угле  $51^\circ$ .
2. Найти синхронизирующую мощность в исходном режиме для генератора с АРВ, коэффициент усиления по напряжению которого определен в п.1.
3. Найти коэффициент запаса по мощности в исходном режиме для генератора с АРВ, коэффициент усиления по напряжению которого определен в п.1.
4. Найти коэффициент запаса по мощности для генератора с АРВ, коэффициент усиления по напряжению которого определен в п.1 в режиме, когда синхронизирующая мощность в два раза меньше, чем определенная в п.2.

Параметры, необходимые для расчета, приведены в таблице:

Вариант	$U_c, \text{кВ}$	$X_{d\text{сумм}}, \text{Ом}$	$X_c, \text{Ом}$	$P_0, \text{МВт}$	$Q_0, \text{Мвар}$	Режим для определения $K_u$	
						$51^\circ, \text{Град}$	$E_{q1}, \text{кВ}$
1	15,75	2	0,1	500	100	85	85,6
23	10	2	0,05	600	250	70	141

## Контрольная работа №2 (Анализ статической устойчивости генератора)

Исходные данные: Для схемы, представленной на рисунке,

Найти:

1. Функцию угловой характеристики генератора без АРВ, с АРВ ПД и с АРВ СД.

2. Корни характеристического уравнения для полной (не позиционной) модели генератора без АРВ и с АРВ ПД.
3. Коэффициент запаса по мощности для генератора без АРВ, с АРВ ПД и с АРВ СД. Для генератора с АРВ СД найти коэффициент запаса приближенно (с точностью до 3 градусов для угла максимальной мощности).

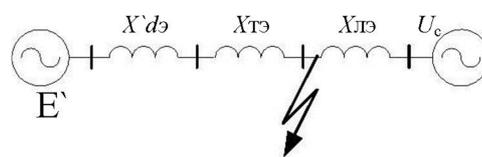
$U_{внт}=242$  кВ,  $U_c=220$  кВ,  $\cos\varphi_n=0,85$ , неявнополлюсный генератор работает в номинальном режиме, параметры схемы замещения приведены к низкому напряжению трансформатора. происходит короткое замыкание. Продолжительность короткого замыкания ( $t_{кз}$ ) и другие данные, необходимые для расчетов представлены в таблице.

№ вар	$X_c$ , Ом	$X'd_э$ , Ом	$X_{d_э}$ , Ом	$\tau_j$ , с	$K_d$ , о.е.	$P_{ном}$ , МВт	$U_{номг}$ , кВ	N блоков, шт
1	0,106	0,143	1,11	5	20	200	15,75	2
53	0,033	0,029	0,222	7	20	500	15,75	4

### Контрольная работа №3

(Анализ динамической устойчивости генератора)

Исходные данные: В схеме, представленной на рисунке,



происходит короткое замыкание. Продолжительность короткого замыкания ( $t_{кз}$ ) и другие данные, необходимые для расчетов представлены в таблице.

№ вар	$U_c$ , кВ	вид К	$P_0$ , МВт	$\tau$	$S_{ном\Sigma}$ , МВА	$t_{кз}$ , с	$X_{d_э}$ , Ом	$X_{тэ}$ , Ом	$X_{лэ}$ , Ом	$E'$ , кВ
1	10	11	200	6	235	0,12	0,085	0,043	0,064	14,02
53	15,75	1	500	8	588	0,14	0,084	0,042	0,063	22,07

После короткого замыкания происходит отключение одной линии.

Во всех вариантах число линий равно 4, а коэффициент пересчета сопротивления нулевой последовательности для линий равен 3.

Задание:

1. Методом последовательных интервалов определить устойчив ли динамический переход. Шаг расчета принять равным 0,02 с.
2. В случае устойчивого перехода показать равенство площадок ускорения и торможения.
3. В случае неустойчивого перехода определить предельное время отключения к.з., обеспечивающее устойчивость.

Сопротивление добавочного шунта:

Однофазное к.з. на землю:  $X_{д} = X_2 + X_0$  ;

Двухфазное к.з. на землю:  $X_{д} = 1 / (1/X_2 + 1/X_0)$ .

### **Перечень примерных вопросов для зачета**

1. Понятия о статической, динамической, результирующей устойчивости ЭСС. Классификация электромеханических переходных процессов. Основные допущения, принимаемые при их анализе.
2. Схемы замещения основных элементов ЭС. Устойчивость режимов ЭС и методы ее исследования.
3. Электромеханические характеристики синхронных машин. Уравнение движения и инерционная постоянная СМ.
4. Условия работы синхронного генератора в простейшей одномашинной системе.
5. Угловые характеристики СГ при синхронной скорости вращения ротора и их анализ.
6. Синхронная машина в сложной электрической системе. Собственные и взаимные сопротивления и проводимости СМ.
7. Выражения для активной и реактивной мощностей СМ. Методы определения собственных и взаимных сопротивлений: метод единичных токов.

Элементарная теория статической устойчивости

8. Математические основы анализа статической устойчивости простейшей ЭЭС и ее состояния равновесия. Уравнения возмущенного движения. Уравнения первого приближения и анализ состояний равновесия. Виды нарушения устойчивости.

9. Статическая устойчивость одномашиной системы. Уравнения первого приближения. Характеристическое уравнение и его корни. Виды нарушения устойчивости.
10. Позиционная модель и условия устойчивости. Коэффициент запаса по мощности и его нормативные значения.
11. Учет автоматического регулятора возбуждения пропорционального действия у генератора.

#### Элементарная теория динамической устойчивости ЭЭС

12. Основные понятия. Общая характеристика методов анализа динамической устойчивости.
13. Динамическая устойчивость простейшей системы.
14. Применение качественных методов к исследованию устойчивости динамических переходов в простейшей системе.
15. Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора СГ при «больших» возмущениях.
16. Метод площадей. Определение предельного допустимого угла отключения поврежденного по правилу площадей. Определение предельного времени отключения трехфазного к.з.
17. Исследование динамической устойчивости простейших моделей ЭЭС на основе численного интегрирования уравнения движения. Теоретические основы метода последовательных интервалов. Применение метода последовательных интервалов к расчету динамической устойчивости простейшей и сложной систем.

#### Устойчивость нагрузки

18. Устойчивость асинхронной двигательной нагрузки.
19. Статическая устойчивость асинхронных двигателей
20. Динамическая устойчивость асинхронного двигателя
21. Устойчивость комплексной нагрузки

#### Критерии оценки:

0-10 баллов - студент не смог продемонстрировать ключевые знания, умения и навыки по вопросам разделов.

11-20 баллов - студент продемонстрировал ключевые знания, умения и

навыки, но имеются неточности в изложении материала, даны неполные ответы.

21-30 баллов - студент продемонстрировал ключевые знания, умения и навыки, но не смог продемонстрировать глубокого понимания предмета изучения по большинству тем разделов дисциплины.

31-40 баллов - студент продемонстрировал ключевые знания, умения и навыки, продемонстрировал, в основном, глубокое понимание разделов дисциплины.

41-50 баллов - студент продемонстрировал ключевые знания, умения и навыки, глубокое всестороннее понимание разделов дисциплины.

Критерии оценки знаний по дисциплине:

Итоговая сумма баллов	Оценка по 4-бальной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS	Градация
90-100	отлично	зачтено	A	отлично
85-89	хорошо		B	очень хорошо
75-84			C	хорошо
70-74			D	удовлетворительно
65-69	удовлетворительно		E	посредственно
60-64		F	неудовлетворительно	
ниже 60	неудовлетворительно	не зачтено	F	неудовлетворительно

Зачтено «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Зачтено «Очень хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.

Зачтено «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни

одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Зачтено «Удовлетворительно»- теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Зачтено «Посредственно» - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.

Не зачтено «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.