



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе модуля)  
**«ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»**

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
**13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

морских технологий, энергетики и строительства  
кафедра энергетики

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ПК-3: Способен определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	ПК-3.5: Определяет параметры оборудования электроэнергетических систем при переходных процессах	Переходные процессы в электроэнергетических системах	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы теории электромагнитных переходных процессов;</li> <li>- математические модели основных силовых элементов энергосистем;</li> <li>- методы расчета электромагнитных переходных процессов;</li> <li>- особенности протекания электромагнитных переходных процессов в синхронных генераторах, трансформаторах, линиях и других элементах энергосистем и методы их анализа с использованием современного математического аппарата;</li> <li>- методы и алгоритмы расчета токов короткого замыкания в разветвленных высоковольтных сетях, в распределительных сетях и системах электроснабжения;</li> <li>- алгоритмы расчета в фазных и симметричных координатах несимметричных коротких замыканий и сложных видов повреждений;</li> <li>- статические и динамические характеристики и критерии устойчивости электромеханических систем в нормальном, динамическом, аварийном и послеаварийном режимах;</li> </ul> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять расчетные схемы и соответствующие схемы замещения по отношению к токам прямой, обратной и нулевой последовательностей и определять параметры различных элементов этих схем разными методами;</li> <li>- определять параметры элементов схемы;</li> <li>- выбирать методы расчета, адекватные поставленной задаче;</li> <li>- рассчитывать электромагнитные переходные процессы, в первую очередь</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			<p>токи короткого замыкания с использованием ЭВМ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать полученные результаты и давать им соответствующую физическую интерпретацию;</li> <li>- строить векторные диаграммы, кривые изменения токов короткого замыкания и эпюры напряжений;</li> <li>- оценивать, к каким погрешностям могут привести те или иные допущения;</li> <li>- определять допустимость различных видов возмущений с точки зрения их воздействия на конкретные типы электрических машин и узлы нагрузок, как по условиям устойчивости, так и по допустимым уровням нагрузок;</li> <li>- разрабатывать мероприятия и выбирать способы для обеспечения необходимого качества переходного процесса, устойчивости и экономичной работы электромеханического оборудования;</li> </ul> <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками расчетов переходных процессов при трехфазных и несимметричных коротких замыканиях, а также при обрывах фаз</li> </ul>

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания (для студентов всех форм обучения);
- задания по темам практических занятий (для студентов всех форм обучения);

- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам (для студентов всех форм обучения).

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме курсового проекта, относятся:

- задания и контрольные вопросы по курсовому проекту.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся:

- вопросы к экзамену.

### **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

3.1 Тестовые задания используются для оценки освоения тем дисциплины студентами. Тестирование обучающихся проводится на занятиях после изучения на лекциях соответствующих разделов. В приложении № 1 приведены типовые тестовые задания. По итогам выполнения тестовых заданий оценка выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с универсальной системой оценивания (таблица 2).

3.2 В приложении № 2 приведены задания по темам практических занятий. Результаты выполнения практических заданий оцениваются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с универсальной системой оценивания (таблица 2).

3.3 В приложении № 3 приведены типовые задания и контрольные вопросы по лабораторным работам. Целью лабораторного практикума является закрепление знаний и умений, полученных на лекционных и практических занятиях. Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета по лабораторной работе и на основании ответов студента на вопросы по тематике лабораторной работы. Студент должен продемонстрировать знания, умения и навыки в предметной области дисциплины, в области техники проведения экспериментов и обработки результатов исследований. Результаты выполнения лабораторных работ оцениваются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с универсальной системой оценивания (таблица 2).

### **4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

4.1 В приложении № 4 приведены задания и требования по защите курсового проекта. Защита курсового проекта проводится в форме ответа на контрольные вопросы. По итогам

выполнения и защиты курсового проекта оценка выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с универсальной системой оценивания (таблица 2).

4.2 Экзамен проходит в форме ответа на экзаменационные вопросы, содержащиеся в экзаменационном билете. Экзаменационный билет содержит два экзаменационных вопроса. Перечень вопросов к экзамену приведен в приложении № 5. Оценка за экзамен выставляется в соответствии с универсальной системой оценивания (таблица 2).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2 Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче

Система оценок  Критерий	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>0-40%</b>	<b>41-60%</b>	<b>61-80 %</b>	<b>81-100 %</b>
	<b>«неудовлетворительно»</b>	<b>«удовлетворительно»</b>	<b>«хорошо»</b>	<b>«отлично»</b>
	<b>«не зачтено»</b>	<b>«зачтено»</b>		
			релевантные задаче данные	данные, предлагает новые курсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## **5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ**

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022 г.).

Заведующий кафедрой энергетики



В.Ф. Белей

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Вариант № 1

<i>Вопрос 1. Электромеханическим процессом в электроэнергетической системе является</i>	
1. Движение ротора электрической машины относительно статоров других машин, работающих в электроэнергетической системе при коротких замыканиях в сети	3. Движение статора электрической машины относительно статоров других машин, работающих в электроэнергетической системе, и соответствующие изменения при этом электрических величин
2. Движение ротора электрической машины относительно роторов других машин, работающих в электроэнергетической системе, и соответствующие изменения при этом электрических величин	4. Движение ротора электрической машины относительно роторов других машин, работающих в электроэнергетической системе при коротких замыканиях в сети
<i>Вопрос 2. Под нарушением устойчивости электроэнергетической системы понимается</i>	
1. Кратковременное нарушение синхронной работы высоковольтных двигателей и/или их «опрокидывание»	3. Нарушение синхронной работы генераторов электростанций и/или "опрокидывание" двигателей узлов нагрузки в течение длительного времени
2. Изменение скорости вращения роторов электрических машин	4. Изменение момента на валу электрических машин
<i>Вопрос 3. Угловой характеристикой мощности является</i>	
1. Зависимость активной мощности от угла $\delta$ между векторами напряжения на шинах приёмной системы и ЭДС синхронной машины	3. Зависимость угла $\delta$ между векторами напряжения на шинах приёмной системы и ЭДС синхронной машины от времени
2. Зависимость полной мощности от угла $\delta$ между векторами напряжения на шинах приёмной системы и ЭДС синхронной машины	4. Зависимость угла $\delta$ между векторами напряжения на шинах приёмной системы и ЭДС синхронной машины от скорости вращения ротора
<i>Вопрос 4. Момент сопротивления механизма, имеющий вентиляторную характеристику от скорости вращения (скольжения)</i>	
1. Момент сопротивления не зависит от скорости вращения	3. Момент сопротивления зависит от квадрата скорости вращения
2. Момент сопротивления линейно зависит от скорости вращения	4. Момент сопротивления зависит от кубической степени скорости вращения
<i>Вопрос 5. Величина регулирующего эффекта реактивной мощности нагрузки по напряжению в заданном режиме содержит информацию</i>	

1. Информацию о том, как изменяется реактивная мощность нагрузки при изменении напряжения в окрестности заданного режима	3. Информацию о том, как изменяется коэффициент мощности нагрузки при изменении напряжения в окрестности заданного режима
2. Информацию о том, как изменяется полная мощность нагрузки при изменении напряжения в окрестности заданного режима	4. Информацию о том, как изменяется напряжение нагрузки при изменении напряжения в окрестности заданного режима

*Вопрос 6. Влияние нагрузки, имеющей положительный регулирующий эффект реактивной мощности по напряжению, на устойчивость режима при снижении напряжения в электрической системе*

1. Не влияет	3. Создает положительную обратную связь
2. Создает отрицательную обратную связь	4. Способствует стабилизации режима

*Вопрос 7. Наличие на синхронной машине автоматического регулятора возбуждения пропорционального типа (АРВ-ПТ) учитывается в расчетах*

1. В схеме замещения синхронная машина с АРВ представлена постоянством ЭДС за переходным сопротивлением $X'd$	3. В схеме замещения синхронная машина с АРВ представлена комплексным сопротивлением за переходным сопротивлением $X'd$
2. В схеме замещения синхронная машина с АРВ представлена переменной ЭДС за переходным сопротивлением $X'd$	4. В схеме замещения синхронная машина с АРВ представлена постоянством напряжения на ее выводах

*Вопрос 8. Наличие на синхронной машине автоматического регулятора возбуждения сильного действия (АРВ-СД) учитывается в расчетах*

1. В схеме замещения синхронная машина с АРВ представлена постоянством ЭДС за переходным сопротивлением $X'd$	3. В схеме замещения синхронная машина с АРВ представлена постоянством ЭДС на ее роторе
2. В схеме замещения синхронная машина с АРВ представлена постоянством напряжения на её выводах	4. В схеме замещения синхронная машина с АРВ представлена постоянством ее момента

*Вопрос 9. Чтобы получить результаты расчета с наименьшей погрешностью, можно представить в расчётах режима электрической системы нагрузку*

1. Электрической машиной с эквивалентной ЭДС	3. Естественными характеристиками нагрузки
2. Нагрузочным сопротивлением с синусоидальным графиком	4. Нагрузочными характеристиками электрической машины

*Вопрос 10. Условия, при которых достигается наибольший предел передаваемой мощности в простейшей электрической системе*

1. При установке на генераторах АРВ-СД, поддерживающих напряжение за трансформатором связи с системой	3. При установке на генераторах симметрирующих устройств
2. При установке на генераторах устройств компенсации реактивной мощности	4. При установке на генераторах повышающих трансформаторов

*Вопрос 11. Уравнение относительного движения ротора синхронной машины описывает процесс*

1. Движение ротора относительно координат, вращающихся с синхронной скоростью	3. Движение тока в сети относительно координат, вращающихся с синхронной скоростью
2. Движение ЭДС статора относительно координат, вращающихся с синхронной скоростью	4. Движение ротора относительно нагрузки электрической системы

*Вопрос 12. Напряжение, которое при работе двигателя называется «критическим»*

1. Напряжение, при котором скорость, развиваемая двигателем, равна скорости механизма	3. Напряжение, при котором ток статора двигателя превышает допустимый по условиям нагрева
2. Напряжение, при котором максимальный момент, развиваемый двигателем, равен моменту сопротивления механизма	4. Напряжение, при котором двигатель выпадает из синхронизма

*Вопрос 13. Условия устойчивости установившегося режима синхронной машины, работающей в электроэнергетической системе*

1. Вращающий момент должен быть равен тормозящему и при отклонении от положения равновесия должен возникать момент, противодействующий отклонению	3. Вращающий момент должен быть меньше тормозящего и при отклонении от положения равновесия должен возникать момент, способствующий торможению
2. Вращающий момент должен быть больше тормозящего и при отклонении от положения равновесия должен возникать момент, способствующий ускорению	4. Вращающий момент может быть любым

*Вопрос 14. Критерий устойчивости, являющийся практическим критерием устойчивости синхронной машины*

1. $\frac{dP}{ds} > 0$	3. $\frac{d\Delta Q}{dU} > 0$
2. $\frac{dE}{dU} > 0$	4. $\frac{dP}{d\delta} > 0$

*Вопрос 15. Условия, при которых происходит нарушение статической устойчивости «сползанием»*

1. Короткие замыкания	3. Обрыв фазы
2. Перегрузка электропередачи	4. Сброс нагрузки

*Вопрос 16. Нарушение статической устойчивости из-за самовозбуждения может произойти при условиях*

1. При работе синхронного генератора на ёмкостную нагрузку	3. При работе синхронного генератора на симметричную нагрузку
2. При работе синхронного генератора на индуктивную нагрузку	4. При работе синхронного генератора на несимметричную нагрузку

*Вопрос 17. Активная мощность генераторов, работающих с полной нагрузкой через электропередачу на систему бесконечно большой мощности, при коротком замыкании на электропередаче*

1. Значительно уменьшается	3. Изменяется в периодическом режиме
2. Возрастает	4. Изменяется в аperiodическом режиме

*Вопрос 18. Реактивная мощность генераторов, работающих с полной нагрузкой через электропередачу на систему бесконечно большой мощности, при коротком замыкании на электропередаче*

1. Остается неизменной	3. Значительно увеличивается
2. Уменьшается	4. Изменяется по синусоидальному закону

*Вопрос 19. Скорость вращения генераторов, работающих с полной нагрузкой через электропередачу на систему бесконечно большой мощности, при коротком замыкании на электропередаче*

1. Остается неизменной	3. Увеличивается
2. Уменьшается	4. Резко падает

*Вопрос 20. Скорость вращения двигателя, получающего питание по линии электропередачи, при возникновении на ней короткого замыкания*

1. Значительно уменьшается	3. Остается неизменной
2. Значительно возрастает	4. Входит в колебательный режим

*Вопрос 21. Смысл определения запаса статической устойчивости*

1. Запас статической устойчивости позволяет судить о характере нагрузки	3. Запас статической устойчивости позволяет судить о режиме работы генераторов
2. Запас статической устойчивости позволяет судить об удалённости данного режима системы от границы устойчивости	4. Запас статической устойчивости позволяет судить о режиме работы сети

*Вопрос 22. Величина по нормам запаса статической устойчивости по мощности (для электропередачи) в нормальном режиме*

1. 5%	3. 20%
2. 10%	4. 50%

*Вопрос 23. Величина по нормам запаса статической устойчивости по мощности (для электропередачи) в послеаварийном режиме*

1. 8%	3. 20%
2. 10%	4. 50%

*Вопрос 24. Величина по нормам запаса статической устойчивости по напряжению (для узлов нагрузки) в нормальном режиме*

1. 15%	3. 30%
2. 20%	4. 40%

*Вопрос 25. Величина по нормам запаса статической устойчивости по напряжению (для узлов нагрузки) в послеаварийном режиме*

1. 2%	3. 8%
2. 5%	4. 10%

*Вопрос 26. Критерий, являющийся практическим критерием асинхронной нагрузки*

1. $\frac{dP}{ds} > 0$	3. $\frac{dP}{d\delta} > 0$
2. $\frac{dE}{dU} > 0$	4. $\frac{d\Delta Q}{dU} > 0$

*Вопрос 27. Критерий, являющийся практическим критерием устойчивости узла комплексной нагрузки, при питании узла от одного источника питания*

1. $\frac{dP}{ds} > 0$	3. $\frac{dP}{d\delta} > 0$
2. $\frac{dE}{dU} > 0$	4. $\frac{d\Delta Q}{dU} > 0$

*Вопрос 28. Критерий, являющийся практическим критерием устойчивости узла комплексной нагрузки, при питании узла от нескольких источников питания*

1. $\frac{dP}{ds} > 0$	3. $\frac{dP}{d\delta} > 0$
2. $\frac{dE}{dU} > 0$	4. $\frac{d\Delta Q}{dU} > 0$

*Вопрос 29. Величины площадок ускорения и торможения в способе площадей являются эквивалентом*

1. Реактивной энергии	3. Активной мощности
2. Среднего напряжения	4. Активной энергии

*Вопрос 30. Рассчитав предельное время перерыва электроснабжения двигателей, можно получить информацию о*

1. Времени действия автоматической частотной разгрузки (АЧР)	3. Времени действия автоматического регулирования возбуждения (АРВ)
2. Максимальной выдержке времени автоматического ввода резерва (АВР)	4. Времени действия автоматического регулирования напряжения (РПН)

### Вариант № 2

<i>Вопрос 1. Признаком нарушения устойчивости синхронной машины служит</i>	
1. Значительное увеличение потребления активной мощности	3. Значительное увеличение угла $\delta$
2. Значительное увеличение потребления реактивной мощности	4. Значительное увеличение времени форсировки возбуждения
<i>Вопрос 2. Скольжением называют</i>	
1. Относительную разность скоростей вращения поля возбуждения и якоря	3. Относительную разность скоростей вращения поля статора и ротора
2. Относительную разность ЭДС статора и ротора	4. Относительную разность токов статора и ротора
<i>Вопрос 3. Число составляющих среднего асинхронного момента невозбужденной асинхронной машины</i>	
1. Два	3. Четыре
2. Три	4. Пять
<i>Вопрос 4. Составляющей среднего асинхронного момента невозбужденной синхронной машины, образующейся за счёт взаимодействия обмотки возбуждения с полем статора, является</i>	
1. $M^{\prime}d$	3. $Mq$
2. $M^{\prime\prime}d$	4. $Mном$
<i>Вопрос 5. Составляющей среднего асинхронного момента невозбужденной синхронной машины, образующейся за счёт взаимодействия демпферной обмотки в продольной оси с полем статора, является</i>	
1. $M^{\prime}d$	3. $Mq$
2. $M^{\prime\prime}d$	4. $Mном$
<i>Вопрос 6. Составляющей среднего асинхронного момента невозбужденной синхронной машины, образующейся за счёт взаимодействия демпферной обмотки в поперечной оси с полем статора, является</i>	
1. $M^{\prime}d$	3. $M^{\prime}q$
2. $M^{\prime\prime}d$	4. $Mном$
<i>Вопрос 7. Напряжение в электрическом центре качаний при асинхронном ходе по электропередаче, связывающей две электрические системы, изменяется</i>	
1. От нуля до максимального	3. От нуля до $90^{\circ}$
2. От номинального до нуля	4. Не изменяется

*Вопрос 8. Угол  $\delta$  при асинхронном ходе генератора относительно шин бесконечно большой мощности изменяется*

1. В пределах от нуля до номинального	3. В пределах от нуля до $180^\circ$
2. В пределах от нуля до $90^\circ$	4. В пределах от нуля до бесконечности

*Вопрос 9. Величина пускового момента (пусковой мощности) при лёгких условиях пуска*

1. $5 \div 10\%$	3. $20 \div 30\%$
2. $10 \div 15\%$	4. $30 \div 50\%$

*Вопрос 10. Величина пускового момента (пусковой мощности) при нормальных условиях пуска*

1. $10 \div 15\%$	3. $40 \div 50\%$
2. $20 \div 30\%$	4. $50 \div 75\%$

*Вопрос 11. Величина пускового момента (пусковой мощности) при тяжёлых условиях пуска*

1. $\geq 0\%$	3. $\geq 50\%$
2. $\geq 10\%$	4. $\geq 100\%$

*Вопрос 12. Прямой пуск применяется для двигателей*

1. Малой мощности	3. Большой мощности
2. Средней мощности	4. Для всех двигателей

*Вопрос 13. Реакторный пуск применяется для двигателей*

1. Малой мощности (до 3 МВт)	3. Большой мощности (выше 12,5 МВт)
2. Средней мощности (до 12,5 МВт)	4. Для всех двигателей

*Вопрос 14. Частотный пуск применяется для синхронных двигателей*

1. Малой мощности	3. Большой мощности
2. Средней мощности	4. Для всех синхронных двигателей

*Вопрос 15. Значение скольжения, при котором определяется пусковая мощность (момент)*

1. При скольжении, равном нулю	3. При скольжении, равном единице
2. При скольжении, равном критическому	4. При скольжении, равном трем

*Вопрос 16. Когда скольжение равно единице ( $S=1,0$ ), двигатель находится в состоянии*

1. Пуск	3. Номинальный режим
2. Торможение	4. Стоит

*Вопрос 17. Количество этапов самозапуска двигателей*

1. Один	3. Три
2. Два	4. Четыре

*Вопрос 18. Значение напряжения на питающих шинах, при котором самозапуск будет считаться успешным*

1. Напряжение, равное номинальному	3. Напряжение, равное $0,10 \div 0,15$ от номинального
2. Напряжение, равное $0,55 \div 0,65$ от номинального	4. Напряжение, равное $1,5 \div 2,0$ от номинального

*Вопрос 19. Повысить статическую устойчивость электрической системы можно с помощью средств*

1. Установки у потребителей системы АВР	3. Установки на генераторах электрической системы АВР-СД
2. Установки на генераторах системы АЧР	4. Установки у потребителей системы РПН

*Вопрос 20. Повысить статическую устойчивость узлов можно с помощью средств*

1. Установки у потребителей системы АВР	3. Установки у потребителей системы РПН
2. Установки на генераторах системы АЧР	4. Установкой на синхронных двигателях узлов нагрузки АВР-СД и АВР-ПТ там, где их нет

*Вопрос 21. Неблагоприятными изменениями параметров современных турбогенераторов в связи с повышением интенсивности их охлаждения могут быть скомпенсированы применением импульсной разгрузки турбин, являются*

1. $T_j$ - постоянная времени механической инерции ротора	3. Резкое возрастание тока статора
2. $T_j$ - постоянная времени механической инерции статора	4. Падение напряжения на шинах генератора

*Вопрос 22. Совокупность процессов, существующих в системе и определяющих ее состояние в любой момент времени или на некотором интервале времени, называется*

1. Электромеханическим переходным процессом	3. Устойчивостью системы
2. Режимом системы	4. Устойчивостью узла нагрузки

*Вопрос 23. Совокупность начальных отклонений параметров режима, то есть начальных изменений значений токов, напряжений, мощностей и других параметров, называется*

1. Колебаниями системы	3. Возмущением
2. Параметрами нагрузки	4. Режимом системы

*Вопрос 24. Способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения или режим, весьма близкий к исходному (если возмущающее воздействие не снято) называется*

1. Статической устойчивостью	3. Постоянством режима
2. Динамической устойчивостью	4. Стабильностью режима

*Вопрос 25. Способность системы восстанавливать исходное состояние, или близкое к исходному, после действия больших возмущений называется*

1. Статической устойчивостью	3. Постоянством режима
2. Динамической устойчивостью	4. Стабильностью режима

*Вопрос 26. Формулой вида  $x = \varphi u_1, u_2, \dots, u_n$  описываются*

1. Исходные параметры системы	3. Статические характеристики режима
2. Колебания параметров системы	4. Динамические характеристики режима

*Вопрос 27. Формулой вида  $x = \varphi(u_1, u_2, \dots, u_n, \frac{dy_1}{dt}, \frac{dy_2}{dt}, \dots, \frac{dy_n}{dt}, t)$  описываются*

1. Исходные параметры системы	3. Статические характеристики режима
2. Колебания параметров системы	4. Динамические характеристики режима

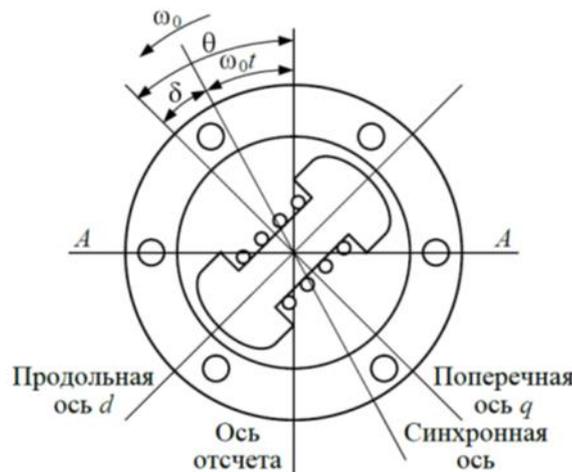
*Вопрос 28. Формулой вида  $J_0 \frac{d\omega}{dt} = \Delta M$  описывается*

1. Уравнение изменения нагрузки	3. В
2. статические характеристики режима	4. Г

*Вопрос 29. Формулой вида  $T_j = \frac{J_0 \omega_0^2}{S_{ном}}$  описывается*

1. Постоянная инерции ротора	3. Постоянная инерции системы возбуждения
2. Постоянная инерции статора	4. Холостой ход

*Вопрос 30. На рисунке представлена:*



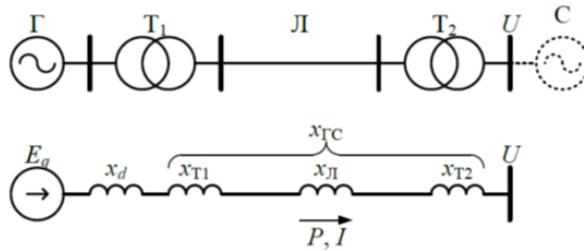
1. Иллюстрация параметров движения якоря двигателя постоянного тока	3. Иллюстрация параметров движения ротора явнополюсной машины
2. Иллюстрация параметров движения ротора асинхронного двигателя	4. Иллюстрация параметров движения ротора неявнополюсной машины

**Вариант № 3**

Вопрос 1. Формулой вида  $T_j \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_T - P_{эм}$  описывается

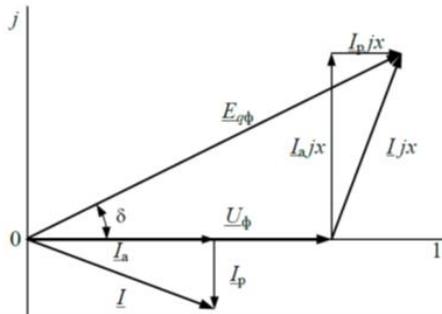
- |   |  |
|---|--|
| 1. Уравнение движения ротора двигателя  | 3. Уравнение движения якоря двигателя постоянного тока |
| 2. Уравнение движения ротора генератора | 4. Уравнение движения ротора турбины                   |

Вопрос 2. На рисунке представлена:



- |                                 |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Динамическая модель нагрузки | 3. Одномашинная модель энергосистемы |
| 2. Статическая модель нагрузки  | 4. Двухмашинная модель энергосистемы |

Вопрос 3. На рисунке представлена:

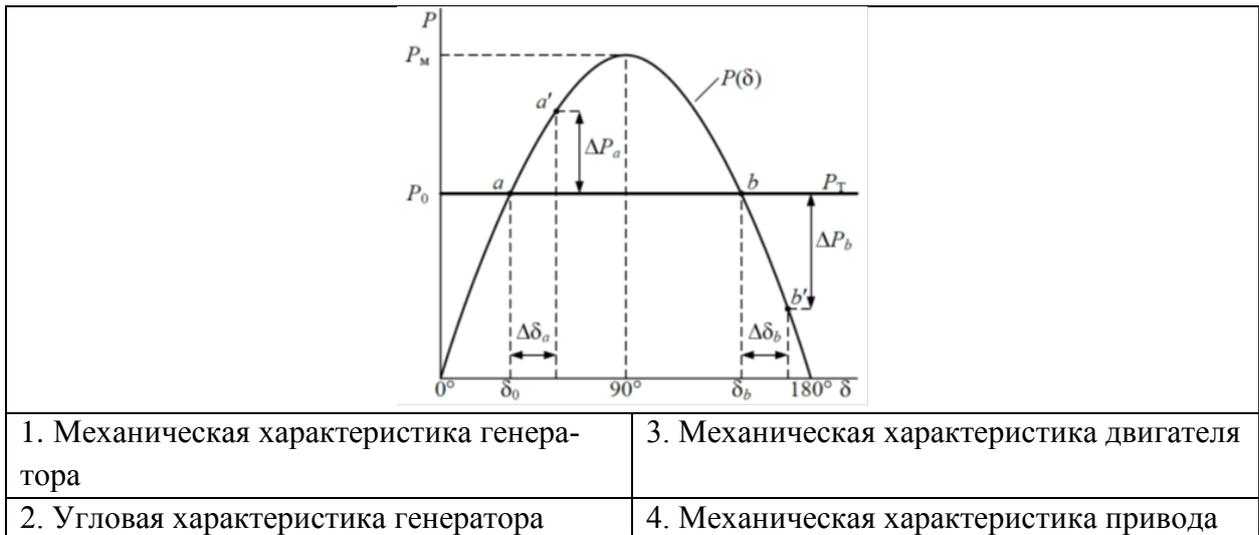


- |   |   |
|---|---|
| 1. Векторная диаграмма параметров режима генератора | 3. Векторная диаграмма параметров режима одномашинной энергосистемы |
| 2. Векторная диаграмма параметров режима нагрузки   | 4. Векторная диаграмма параметров режима двухмашинной энергосистемы |

Вопрос 4. Соотношением  $P = \frac{E_q U}{x} \sin \delta$  описывается

- |   |  |
|---|--|
| 1. Механическая характеристика генератора       | 3. Зависимость угла отклонения ротора от мощности  |
| 2. Зависимость мощности двигателя от напряжения | 4. Угловая характеристика активной мощности генератора для расчетов статической устойчивости |

Вопрос 5. На рисунке представлена:

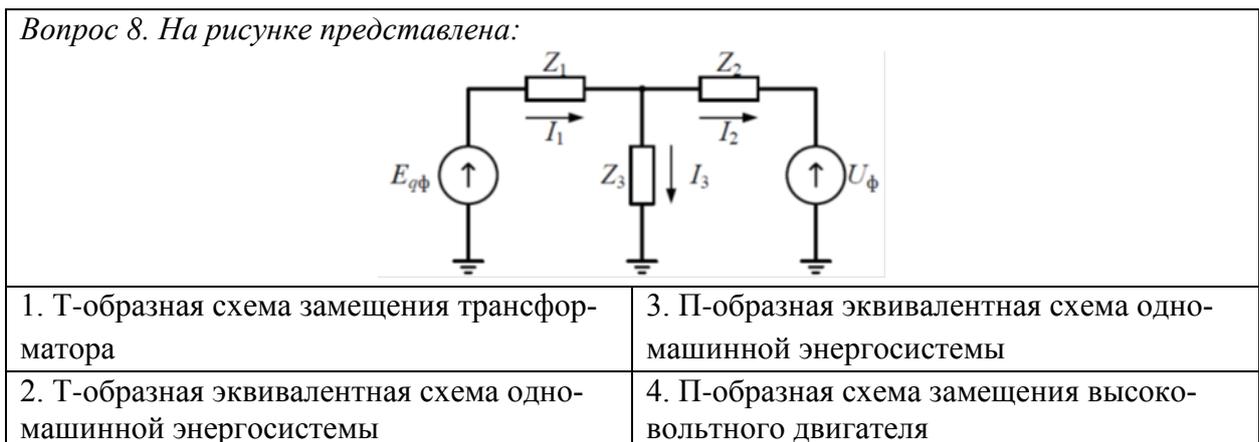


Вопрос 6. Соотношение  $\frac{dP}{d\delta} = \frac{E_q U}{x} \cos \delta$  характеризует:

1. Синхронизирующую мощность генератора	3. Механическую характеристику двигателя
2. Угловую характеристику генератора	4. Угловую характеристику двигателя

Вопрос 7. Формула  $K_{ст} = \frac{P_m - P_0}{P_0}$  показывает

1. Коэффициент стоячей волны по мощности	3. Коэффициент запаса статической устойчивости
2. Коэффициент стабильности по мощности	4. Коэффициент стабильности нагрузки



Вопрос 9. Формулы  $\psi_{11} = 90^\circ - \alpha_{11}$ ;  $\psi_{22} = 90^\circ - \alpha_{22}$ ;  $\psi_{12} = 90^\circ - \alpha_{12}$  описывают

1. Относительные углы двухмашинной системы	3. Углы сдвига фаз в двухмашинной системе
2. Углы отклонения статора и ротора	4. Дополняющие углы для расчета параметров статической устойчивости

<i>Вопрос 10. Формулами <math>P_{11} = E_q^2 y_{11} \sin \alpha_{11}</math>; <math>P_{22} = U^2 y_{22} \sin \alpha_{22}</math> описываются</i>	
1. Собственные мощности со стороны двух двигателей	3. Собственные мощности со стороны генератора и приемной системы
2. Собственные мощности со стороны генератора и двигателя	4. Собственные мощности со стороны двух генераторов

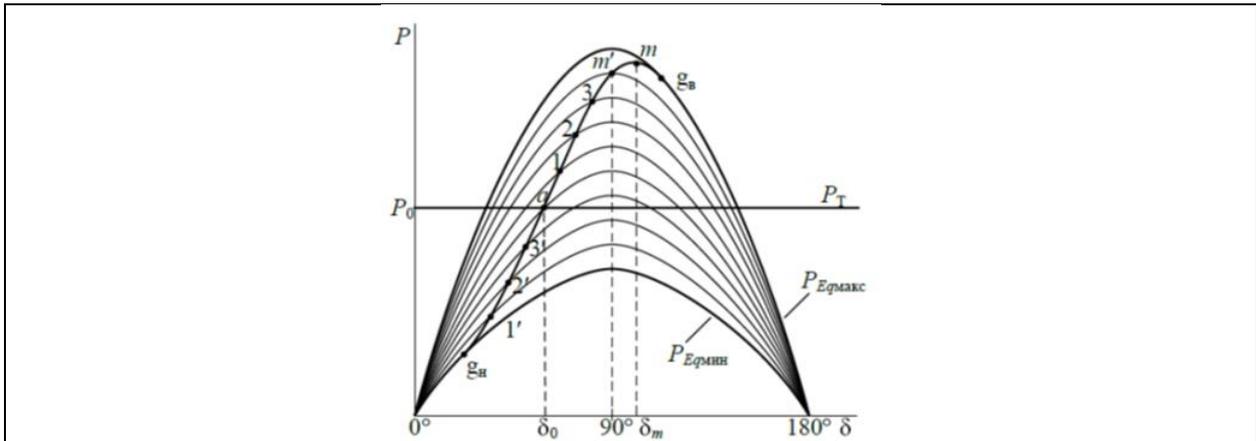
<i>Вопрос 11. Формулой <math>P_{12M} = E_q U y_{12}</math> описывается</i>	
1. Максимум мощности генераторов	3. Максимум мощности нагрузки
2. Максимум взаимной мощности	4. Максимум мощности двигателя

<i>Вопрос 12. Метод исследования статической устойчивости энергосистем, опирающийся на линеаризацию «в малом», называется</i>	
1. Методом малой мощности	3. Методом малых отрезков
2. Методом малых колебаний	4. Методом малой устойчивости

<i>Вопрос 13. Аперриодическим нарушением устойчивости или неустойчивостью по «сползанию» называется</i>	
1. Переход ротора генератора в асинхронный режим по отношению к потребителям энергосистемы	3. Переход ротора синхронного двигателя в асинхронный режим по отношению к генераторам энергосистемы с периодически изменяющимся углом
2. Переход ротора синхронного двигателя в асинхронный режим по отношению к генераторам энергосистемы без периодических изменений угла	4. Переход ротора генератора в асинхронный режим по отношению к генераторам приемной энергосистемы без периодических изменений угла

<i>Вопрос 14. Формулой <math>E_q = E_{q0} + k_{ou}(U_{Г0} - U_{Г})</math> описывается</i>	
1. Синхронная ЭДС синхронного двигателя при упрощенном учете возбуждения	3. Синхронная ЭДС регулируемого генератора в продольной оси ротора без учета возбуждения
2. Синхронная ЭДС регулируемого генератора при упрощенном учете возбуждения	4. Синхронная ЭДС синхронного двигателя без учета возбуждения

*Вопрос 15. На рисунке представлена:*



1. Внешняя угловая характеристика регулируемого генератора	3. Взаимная угловая характеристика двух генераторов
2. Внутренняя угловая характеристика синхронного двигателя	4. Относительная угловая характеристика генератора

*Вопрос 16. Участок  $m$  и  $m'$  внешней характеристики, на котором статическая устойчивость обеспечивается только за счет действия АРВ, называется*

1. Зоной естественной устойчивости	3. Зоной относительной устойчивости
2. Зоной искусственной устойчивости	4. Зоной неустойчивости

*Вопрос 17. 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, называется*

1. Самораскачивание	3. Отклонения
2. Колебания	4. Возмущения

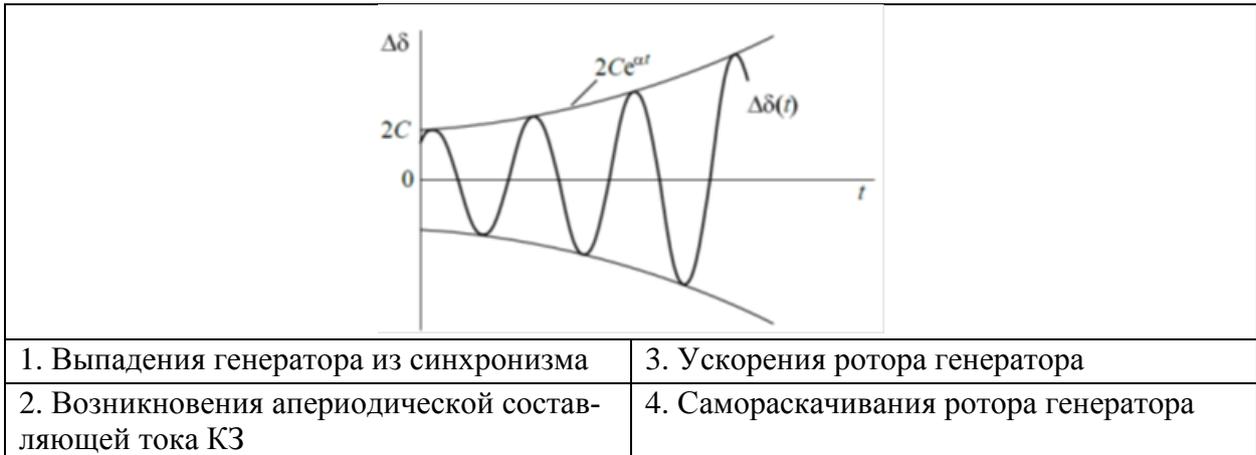
*Вопрос 18. Колебательные изменения скоростей и углов роторов генераторов с невозрастающими амплитудами называется*

1. Самораскачивание	3. Синхронные качания генераторов
2. Асинхронный ход генераторов	4. Выпадение из синхронизма

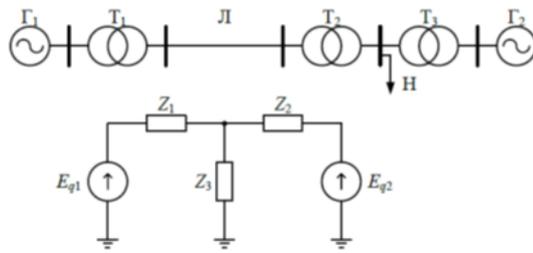
*Вопрос 19. Коэффициент  $D$  в уравнении  $T_j \frac{d^2\delta}{dt^2} + D \frac{d\delta}{dt} = P_T - P$  называется*

1. Коэффициент устойчивости	3. Коэффициент инерции
2. Демпферный коэффициент	4. Глубина регулирования

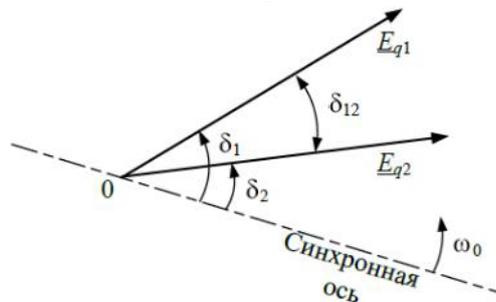
*Вопрос 20. На рисунке представлен процесс*



Вопрос 21. На рисунке представлена:



Вопрос 22. На рисунке представлена иллюстрация:



Вопрос 23. Формулами  $T_{j1} \frac{d^2 \delta_1}{dt^2} - P_{01} + P_1 = 0$ ;  $T_{j2} \frac{d^2 \delta_2}{dt^2} - P_{02} + P_2 = 0$  описываются

- |   |  |
|---|--|
| 1. Уравнения движения ротора и статора генератора                               | 3. Уравнения движения роторов генераторов в одномашинной системе |
| 2. Уравнения движения роторов синхронных двигателей присоединенных к одной шине | 4. Уравнения движения роторов генераторов в двухмашинной системе |

<i>Вопрос 24. Формулой <math>A_{21} = \frac{1}{T_{j1}} \frac{dP_1}{d\delta_{12}} - \frac{1}{T_{j2}} \frac{dP_2}{d\delta_{12}}</math> описывается</i>	
1. Удельное относительное ускорение вращения ротора первого генератора по отношению ко второму	3. Удельное относительное ускорение вращения ротора генератора по отношению к энергосистеме
2. Удельное относительное ускорение вращения ротора второго генератора по отношению к первому	4. Удельное относительное ускорение вращения ротора синхронного двигателя по отношению к энергосистеме

<i>Вопрос 25. Формулой <math>a_1 = \frac{d^2\Delta\delta_1}{dt^2} = -\frac{1}{T_{j1}} \frac{dP_1}{d\delta_{12}} \Delta\delta_{12}</math>; <math>a_2 = \frac{d^2\Delta\delta_2}{dt^2} = -\frac{1}{T_{j2}} \frac{dP_2}{d\delta_{12}} \Delta\delta_{12}</math> описывается</i>	
1. Абсолютные ускорения роторов в двухмашинной системе	3. Взаимное влияние статоров генераторов в двухмашинной системе
2. Относительное ускорение роторов генераторов в двухмашинной системе	4. Углы отклонения роторов генераторов в двухмашинной системе

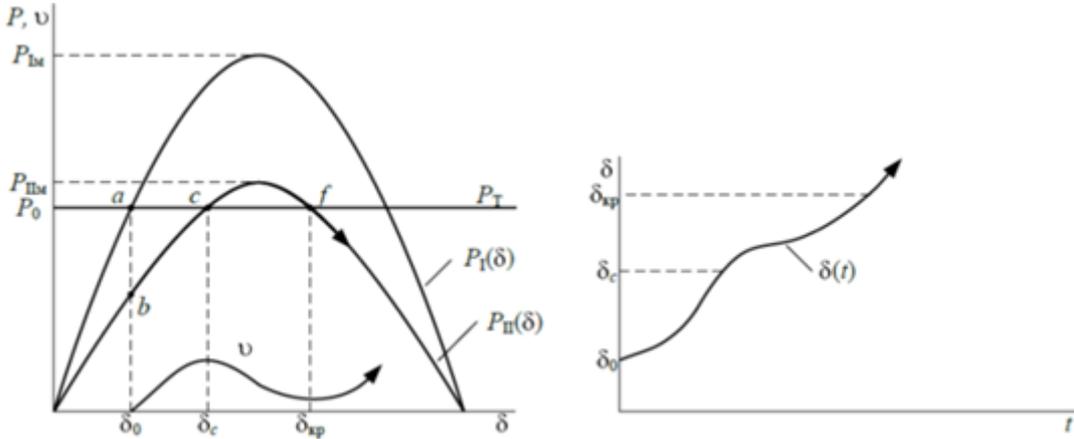
<i>Вопрос 26. Формулой <math>a_{21} = a_2 - a_1 = \left( \frac{1}{T_{j1}} \frac{dP_1}{d\delta_{12}} - \frac{1}{T_{j2}} \frac{dP_2}{d\delta_{12}} \right) \Delta\delta_{12}</math> описывается</i>	
1. Критерий устойчивости работы синхронного двигателя	3. Относительное ускорение роторов генераторов в двухмашинной системе
2. Критерий торможения роторов генераторов в двухмашинной системе	4. Относительное ускорение ротора генератора в одномашинной системе

<i>Вопрос 27. Соотношение <math>A_{21} = \frac{1}{T_{j1}} \frac{dP_1}{d\delta_{12}} - \frac{1}{T_{j2}} \frac{dP_2}{d\delta_{12}} \geq 0</math> является</i>	
1. Критерием статической устойчивости двухмашинной нерегулируемой энергосистемы	3. Критерием статической устойчивости одномашинной регулируемой энергосистемы
2. Критерием динамической устойчивости двухмашинной нерегулируемой энергосистемы	4. Критерием статической устойчивости одномашинной нерегулируемой энергосистемы

<i>Вопрос 28. На рисунке показан:</i>	
1. Разгон синхронного электродвигателя до подсинхронной скорости	3. Устойчивый динамический переход энергосистемы

2. Неустойчивый динамический переход энергосистемы	4. Устойчивый статический переход энергосистемы
--	---

Вопрос 29. На рисунке показан:



1. Устойчивый динамический переход энергосистемы	3. Устойчивый статический переход энергосистемы
2. Неустойчивый динамический переход энергосистемы	4. Разгон двигателя до подсинхронной скорости

Вопрос 30. Формулой  $P = \frac{E'U}{x'a\Sigma} \sin \delta$  описывается

1. Угловая характеристика мощности синхронного двигателя	3. Угловая характеристика мощности обобщенной нагрузки
2. Угловая характеристика мощности асинхронного двигателя	4. Угловая характеристика мощности генератора для расчетов динамической устойчивости

Приложение № 2

**ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**Занятие 1. Составление и преобразование схемы замещения. Расчёт параметров схемы замещения в именованных единицах**

1. Составление схемы замещения.
2. Преобразование схемы замещения в результирующую схему.
3. Расчёт параметров схемы замещения в именованных единицах с учётом действительных коэффициентов трансформации. и с использованием шкалы средних номинальных напряжений.
4. Расчёт параметров схемы замещения в именованных единицах с использованием шкалы средних номинальных напряжений.

**Занятие 2. Расчёт параметров схемы замещения в относительных базисных единицах. Установившийся режим короткого замыкания**

1. Расчёт параметров схемы замещения в относительных базисных единицах с учётом действительных коэффициентов трансформации.
2. Расчёт параметров схемы замещения в относительных базисных единицах с использованием шкалы средних номинальных напряжений.
3. Расчёт тока генератора в установившемся режиме трёхфазного короткого замыкания за трансформатором.
4. Расчёт тока генератора в установившемся режиме трёхфазного короткого замыкания за воздушной линией.

**Занятие 3. Расчёт сверхпереходного тока**

1. Преобразование исходной схемы.
2. Нахождение сверхпереходного тока в именованных единицах с учётом действительных коэффициентов трансформации.
3. Нахождение сверхпереходного тока в относительных базисных единицах с учётом действительных коэффициентов трансформации

**Занятие 4. Расчёт ударного тока и аperiodической составляющей тока короткого замыкания**

1. Расчёт начального сверхпереходного тока короткого замыкания в относительных единицах с использованием шкалы средних номинальных напряжений при трёхфазном коротком замыкании на шинах эквивалентного асинхронного двигателя.
2. Расчёт ударного тока для заданного момента времени.

3. Расчёт апериодической составляющей тока короткого замыкания.

### **Занятие 5. Метод типовых кривых для расчёта периодической составляющей тока короткого замыкания**

1. Расчёт сверхпереходного тока короткого замыкания.
2. Определение периодической составляющей тока двигателя с использованием типовых кривых.

### **Занятие 6. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей**

1. Составление схем замещения для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей.
2. Расчёт параметров схем замещения.
3. Нахождение результирующей ЭДС и результирующих сопротивлений отдельных последовательностей.

### **Занятие 7. Расчёт токов несимметричных коротких замыканий с использованием метода активного обучения «групповая консультация»**

1. Расчёт токов однофазного короткого замыкания.
2. Построение векторных диаграмм токов и напряжений в месте короткого замыкания.
3. Расчёт напряжений прямой, обратной и нулевой последовательности.
4. Определение составляющих напряжения в различных точках.
5. Построение векторных диаграмм напряжения на высокой и низкой сторонах трансформатора.

### **Занятие 8. Простое замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью**

1. Расчёт среднегеометрического расстояния между проводами.
2. Расчёт среднего расстояния проводов фаз от их зеркальных отражений относительно поверхности земли.
3. Расчёт емкостного реактивного сопротивления сети.
4. Определение тока металлического короткого замыкания на землю.

### **Занятие 9. Расчёт токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В**

1. Составление схемы замещения и расчёт её параметров.
2. Выбор автоматических выключателей.
3. Расчёт тока короткого замыкания в различных точках с учётом и без учёта двигателя.

Приложение № 3

**ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ  
ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

«Внезапное короткое замыкание в простейшей трехфазной цепи»

Цель работы: Сформировать знания, умения и навыки в области анализа режимов короткого замыкания электрической сети и расчета токов короткого замыкания в трехфазных сетях

Задачи лабораторного исследования:

1. Изучение переходных процессов простейшей цепи в однофазной постановке.
  - 1.1. Получить кривые эдс и тока в нормальном режиме и нанести на векторную диаграмму, построенную в фазных координатах a-b-c, вектора эдс и тока, оценив начальные фазы соответствующих сигналов (углы  $\psi$  и  $\varphi$ ).
  - 1.2. Получить кривую тока переходного процесса в однофазной постановке и оценить по кривой значения ударного тока и затухания апериодической составляющей.
  - 1.3. Теоретически обосновать полученные в пункте 1.2 результаты:
    - а) получить кривые апериодической, периодической составляющих и полного тока фазы;
    - б) рассчитать значения фазы тока при КЗ  $\varphi_k$ , ударного коэффициента  $k_y$ , ударного тока  $I_y$ ;
    - в) сравнить полученные значения ударных токов с практическими (полученными в пункте 1.2) и сделать вывод о точности оценки максимального тока при КЗ с помощью ударного коэффициента и в момент времени  $t=0.01$  сек.
  - 1.4. Нанести на векторную диаграмму вектор тока при КЗ (с использованием фаз углов  $\psi$  и  $\varphi_k$ ).
- II. Изучение переходных процессов простейшей цепи в трехфазной постановке для крайних значений фазы эдс ( $\psi=0, \pi/2$ ).
  - 2.1. Получить кривые токов по фазам при КЗ и оценить значения ударных токов в различных фазах.
  - 2.2. Сравнить полученные результаты с теоретическими расчетами раздела 1 и сделать выводы как об использовании пары  $(k_y, I_y)$ , так и о возможности рассмотрения процессов КЗ в однофазной постановке.

Контрольные вопросы:

1. Из каких слагаемых состоит кривая изменения тока при внезапном КЗ в неразветвленной цепи, питаемой от источника неограниченной мощности? Как они изменяются во времени?

2. Какое влияние оказывает предшествующий ток на величину апериодической слагающей тока КЗ, какого максимального значения может достигать последняя?
3. Что называется фазой включения?
4. При какой фазе включения и в какой момент времени после возникновения КЗ наступает максимум мгновенного значения полного тока?
5. Что называется ударным током КЗ и какие допущения принимают при его определении?
6. Что понимается под эквивалентной постоянной времени и как практически можно оценить ее значение?
7. Что показывает ударный коэффициент и каковы пределы его изменений?
8. Какие допущения принимают при определении действующих значений полных величин и отдельных слагающих тока КЗ?

## Лабораторная работа № 2

«Исследование влияния состава дифференциальных уравнений синхронной машины на переходный процесс при коротком замыкании якоря»

Цель работы: Сформировать знания, умения и навыки в области переходных процессов в синхронных машинах и соответствующего математического аппарата, применяемого для анализа переходных процессов при коротких замыканиях.

Задачи лабораторного исследования:

1. По исходным данным рассчитать в относительных единицах параметры статорной и роторной цепей. Определить начальные значения токов  $I_d$ ,  $I_q$ ,  $I_f$  и вектор начальных значений потокосцеплений.
2. Численно решить систему дифференциальных уравнений при коротком замыкании якоря генератора для следующих случаев:
  - а) решить полную систему уравнений: при заданной нагрузке в исходном режиме; при холостом ходе;
  - б) предположить, что машина не имеет демпферных обмоток;
  - в) пренебречь в якоре трансформаторными ЭДС и активными сопротивлениями.
3. Для всех случаев построить графики изменения тока  $i_A$  в фазе А, тока в обмотке возбуждения  $i_f$  и токов в демпферных обмотках  $i_{yd}$  и  $i_{yq}$ .

4. Для случая 2а обработать осциллограммы тока статора синхронной машины и определить  $T_a, T', T'', X_d, X'_d, X''_d$  и сравнить их с паспортными данными.
5. Построить графики момента в случае полных уравнений и при пренебрежении трансформаторными ЭДС. Электромагнитный момент определить по формуле:

Контрольные вопросы:

1. Чем опасно внезапное трехфазное короткое замыкание в СМ.
2. Как проявляется влияние демпферной обмотки на величину ударного тока.
3. Дать физическое пояснение, почему начальный сверхпереходный ток значительно превышает установившийся ток короткого замыкания.
4. Объяснить физическую картину явлений при внезапном трехфазном коротком замыкании (при объяснении привести выражения из п. 3.6 данной работы для каждой составляющей тока якоря).
5. Какие существуют постоянные времени в машине и при каких условиях они находятся.
6. Дать физическое толкование схемам для определения переходного и сверхпереходного сопротивлений.
7. Объяснить характер изменения токов на полученных осциллограммах.
8. Как зависит первый "выброс" тока фазы А от угла  $\gamma_0$ ? Определите значение угла, при котором первый "выброс" тока фазы А будет минимальным.
9. Зависит ли при коротком замыкании ток в обмотке возбуждения от начального значения угла  $\gamma$ .
10. Объясните в каких случаях при исследовании электромеханических переходных процессов можно пренебречь трансформаторными ЭДС.

### Лабораторная работа № 3

«Статическая устойчивость электрической системы»

Цель работы: Сформировать знания, умения и навыки в области физических основ и математических методов определения статической устойчивости электрической системы и её зависимости от видов регулирования возбуждения синхронных генераторов.

Задачи лабораторного исследования:

1. Определить пределы устойчивости при а)  $E_q = \text{const}$ , б)  $E'_q = \text{const}$ , в)  $U_T = \text{const}$

- а) инерционное регулирование ( $K_{0U}=K_{1U}=K_{0w}=K_{1w}=K_{1If}=0$ )
  - б) пропорциональное регулирование ( $K_{0U}=-10; K_{1U}=K_{0w}=K_{1w}=K_{1If}=0$ )
  - в) сильное регулирование ( $K_{0U}=-15; K_{1U}=-7,2; K_{0w}=3; K_{1w}=0,5; K_{1If}=-1,5$ )
2. Оценить влияние коэффициента усиления канала отклонения напряжения на предел передаваемой мощности при пропорциональном регулировании.
3. Оценить влияние индуктивного сопротивления ЛЭП на предел передаваемой мощности. Получить значения пределов передаваемой мощности при использовании сильного регулирования для двух дополнительных значений внешнего индуктивного сопротивления.

Контрольные вопросы:

- 1. Что принято называть угловой характеристикой мощности?
- 2. Назовите критерий статической устойчивости простейшей электрической системы.
- 3. Каково назначение АРВ?
- 4. Какие типы систем возбуждения генераторов вы знаете?
- 5. Какие существуют типы регуляторов возбуждения генераторов электростанций и в чем их особенности?
- 6. Какими параметрами в схеме замещения представляется генератор без АРВ, с АРВ пропорционального действия, с АРВ сильного действия?
- 7. Как влияет АРВ на предел передаваемой мощности и почему?
- 8. Как изменяется напряжение на шинах генератора с АРВ ПД при изменении выдаваемой генератором мощности?

Приложение № 4

## **ЗАДАНИЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

Целью курсового проекта является формирование умений и навыков расчета токов короткого замыкания для случая трехфазного и несимметричного короткого замыкания в электрической системе.

Задачами курсового проекта являются:

### 1. Выбор параметров элементов электрической системы

В соответствии со значениями номинальной мощности, приведенными в таблице, необходимо выбрать типы основного оборудования и номинальные напряжения всех ступеней. Для выбора типов оборудования следует использовать справочную литературу или соответствующие каталоги.

### 2. Расчет трехфазного короткого замыкания в заданной точке

- 2.1. Составить схему замещения прямой последовательности электрической системы;
- 2.2. Рассчитать параметры отдельных элементов схемы замещения;
- 2.3. Выполнить преобразование схемы замещения к простейшему виду относительно точки короткого замыкания;
- 2.4. Определить начальные значения периодической и аperiodической составляющих тока короткого замыкания в заданной точке;
- 2.5. Определить значение ударного тока короткого замыкания;
- 2.6. Рассчитать значения периодической и аperiodической составляющих тока короткого замыкания для моментов времени равных 0,1 с, 0,2 с и 0,5 с.

### 3. Расчет несимметричного короткого замыкания в заданной точке

- 3.1. Составить схемы замещения обратной и нулевой последовательностей электрической системы (в случае необходимости);
- 3.2. Рассчитать параметры отдельных элементов схем замещения;
- 3.3. Рассчитать величины результирующих сопротивлений обратной и (в случае необходимости) нулевой последовательностей;
- 3.4. Определить начальное значение токов отдельных последовательностей и периодической составляющей полного тока поврежденной фазы в заданной точке;
- 3.5. Рассчитать значения периодической составляющей тока короткого замыкания для моментов времени равных 0,1 с, 0,2 с и 0,5 с;

3.6. Построить векторные диаграммы токов и напряжений различных последовательностей в месте повреждения для начального момента времени.

Исходные данные для выполнения курсового проекта принимаются студентом из таблицы 4.1 согласно варианту, указанному преподавателем. В соответствии с вариантом для расчета используется одна их схем электрической системы, приведенных на рисунках 4.1-4.6. Защита курсового проекта проводится в форме ответа на контрольные вопросы.

Таблица 4.1 – Исходные данные для курсового проекта

Вариант	Схема	Номинальная мощность, МВА				Скз, МВА		Расчетная точка	Вид КЗ	Число и мощность двигателей на каждой секции шин, кВт		Отключены выключатели	Длины линий, км			
		G1,G2	T1,T2	T3,T4	T5,T6	СД	АД			СД	АД		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
1	1	117	25	125	63	530 0	42 0	К1	(3),(1,1)	2x2000	4x630	Q17,Q21	100	30	80	25
2	2	252	400	63	200	810 0	51 0	К7	(3),(2)	4000	2000	Q13,Q8,Q9, Q11	50	15	30	-
3	4	353	400	63	250	999 0	53 0	К10	(3),(2)	2x2500	2x1250	Q13	83	90	22	15
4	6	75	80	16	100	500 0	-	К5	(3),(2)	2x3200	4x630	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	44	58	25	20
5	3	62,5	63	40	125	500 0	43 0	К1	(3),(2)	2x2500	3x800	Q1,Q6,Q9, Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	75	15	62	-
6	5	117	125	16	100	380 0	-	К2	(3),(1,1)	4x1000	4x320	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	76	30	45	-
7	2	353	400	80	125	870 0	54 0	К8	(3),(2)	3200	2x1000	Q15,Q4	75	25	55	-
8	1	117	40	125	125	400 0	50 0	К6	(3),(2)	2x2000	3x800	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5, Q8	54	25	30	29
9	4	117	125	40	80	750 0	54 0	К7	(3),(1,1)	10000	1600	Q13	130	50	40	30
10	5	117	125	10	63	400 0	-	К2	(3),(1)	2x1000	6x250	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	60	40	35	-
11	6	62,5	63	16	63	670 0	-	К11	(3),(2)	2x2000	4x200	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	33	125	37	26
12	3	37,5	40	10	100	550 0	49 0	К7	(3),(2)	2x1600	4x500	Q3,Q4	40	15	30	-
13	1	176	63	200	125	550 0	44 0	К6	(3),(2)	4000	4x500	Q5,Q8,Q13, Q20, Q21	64	28	40	10
14	2	353	630	80	200	900 0	49 0	К2	(3),(1,1)	3200	4x500	Q13,Q8,Q9, Q11	96	61	40	-
15	3	37,5	40	16	63	740 0	43 0	К4	(3),(1)	4000	4x500	Q11,Q12	52	12	45	-
16	4	235	250	63	125	800 0	41 0	К5	(3),(1)	3200	5x400	Q9,Q17	64	29	18	10
17	5	353	400	25	250	570 0	-	К8	(3),(2)	2x4000	4x500	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5,	125	80	50	-

Вариант	Схема	Номинальная мощность, МВА				Скз, МВА		Расчетная точка	Вид КЗ	Число и мощность двигателей на каждой секции шин, кВт		Отключены выключатели	Длины линий, км			
		G1,G2	T1,T2	T3,T4	T5,T6	СД	АД			СД	АД		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
												Q10,Q20,Q23				
18	6	75	80	16	125	830 0	-	К7	(3),(2)	4x800	6x250	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	15	96	15	35
19	1	117	40	125	125	540 0	45 0	К9	(3),(2)	3200	2x1000	Q17,Q21	78	25	60	47
20	2	117	125	25	63	530 0	42 0	К4	(3),(2)	3x1600	4x500	Q15,Q4	90	34	67	-
21	3	62,5	63	16	125	790 0	47 0	К3	(3),(1,1)	2x1600	4x500	Q1,Q6,Q9, Q19, Q13,Q8, Q20,Q21, Q12	40	20	23	-
22	4	235	250	63	125	810 0	45 0	К9	(3),(2)	10000	2x1000	Q21,Q9,Q14	50	45	15	10
23	5	176	200	10	100	390 0	-	К4	(3),(1)	2x1000	6x200	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	80	56	30	-
24	6	37,5	40	10	100	390 0	-	К8	(3),(2)	4x800	4x320	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	44	80	25	30
25	1	235	63	250	125	460 0	50 0	К2	(3),(2)	4000	5x400	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	22	11	10	27
26	2	176	200	40	125	780 0	48 0	К9	(3),(2)	2x2000	3x630	Q13,Q8,Q9, Q11	55	25	30	-
27	3	75	80	40	63	580 0	44 0	К2	(3),(2)	3x1250	2x1250	Q11,Q12	75	25	51	-
28	4	235	250	63	125	920 0	45 0	К9	(3),(2)	3200	5x400	Q9,Q17	80	51	30	25
29	5	176	200	10	63	500 0	-	К6	(3),(2)	4x800	2x630	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	75	40	35	-
30	6	37,5	40	16	63	710 0	-	К4	(3),(1,1)	2x4000	4x320	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	43	75	32	18
31	1	117	40	125	63	380 0	42 0	К3	(3),(1,1)	3x1250	2x1000	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5,Q 8	26	12	18	42
32	2	353	630	80	250	926 0	48 0	К2	(3),(1)	4000	4x500	Q15,Q4	35	15	23	-
33	3	75	80	40	125	690 0	40 0	К2	(3),(2)	3x1250	2x1250	Q1,Q6,Q9, Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	80	15	55	-
34	4	117	125	40	63	910 0	48 0	К6	(3),(1)	2x2500	3x630	Q13	75	45	28	20
35	5	353	400	40	200	510 0	-	К3	(3),(2)	2x5000	4x250	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	80	100	30	-
36	6	37,5	40	10	125	540 0	-	К4	(3),(1)	4x1250	2x320	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	74	90	34	53
37	1	235	63	250	125	390 0	41 0	К8	(3),(1,1)	2x2000	3x800	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	23	12	15	35
38	2	235	250	63	100	610 0	56 0	К8	(3),(2)	2x1000	2x1000	Q13,Q8,Q9, Q11	22	20	5	-
39	3	62,5	63	16	125	910 0	41 0	К8	(3),(1)	3x1250	1600	Q3,Q4	68	20	50	-

Вариант	Схема	Номинальная мощность, МВА				Скз, МВА		Расчетная точка	Вид КЗ	Число и мощность двигателей на каждой секции шин, кВт		Отключены выключатели	Длины линий, км			
		G1,G2	T1,T2	T3,T4	T5,T6	СД	АД			СД	АД		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
40	4	117	125	40	63	750 0	54 0	К1	(3),(1)	2x2500	5x630	Q21,Q9,Q14	120	60	45	38
41	5	117	125	6,3	32	350 0	-	К1	(3),(1)	4x630	2x500	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	100	35	80	-
42	6	15	40	16	125	590 0	-	К9	(3),(2)	4x1600	2x800	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	15	95	35	20
43	1	353	80	400	125	550 0	46 0	К4	(3),(1)	2x2500	3x800	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5, Q8	23	10	15	53
44	2	117	125	40	32	520 0	51 0	К6	(3),(1,1)	2x1600	2x1000	Q15,Q4	80	35	41	-
45	3	37,5	40	16	63	850 0	46 0	К1	(3),(1,1)	2x2500	2x600	Q11,Q12	35	14	19	-
46	4	353	400	80	250	840 0	45 0	К6	(3),(1,1)	2x2000	3x630	Q9,Q17	80	62	16	10
47	5	176	250	25	125	750 0	-	К6	(3),(2)	2x1250	6x200	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	25	55	35	-
48	6	62,5	80	16	125	690 0	-	К2	(3),(1,1)	2x3200	6x250	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	55	110	54	22
49	1	235	63	250	63	420 0	47 0	К3	(3),(2)	4000	2000	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	21	12	12	34
50	2	235	250	25	63	490 0	38 0	К1	(3),(1,1)	3x1600	2000	Q13,Q8,Q9, Q11	29	10	20	-
51	3	62,5	63	40	125	930 0	51 0	К7	(3),(2)	3200	5x400	Q1,Q6,Q9, Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	60	32	33	-
52	4	176	200	63	125	910 0	49 0	К5	(3),(1,1)	4000	4x500	Q21,Q9,Q14	60	50	30	27
53	5	176	200	16	125	390 0	-	К4	(3),(1,1)	4x2000	4x320	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	85	40	50	-
54	6	15	10	6,3	63	570 0	-	К6	(3),(1)	2x630	2x800	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	25	100	45	25
55	1	353	80	400	100	450 0	52 0	К4	(3),(2)	3x1250	2x1250	Q17,Q21	15	4	12	40
56	2	353	630	63	250	980 0	47 0	К11	(3),(2)	2x2500	2x1250	Q15,Q4	56	17	39	-
57	3	62,5	63	16	125	840 0	43 0	К2	(3),(2)	3x1250	1600	Q3,Q4	36	20	20	-
58	4	117	125	40	63	730 0	42 0	К3	(3),(1)	2x2500	2x1250	Q9,Q17	50	35	40	25
59	5	353	400	25	200	560 0	-	К8	(3),(2)	2x5000	4x630	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	69	40	52	-
60	6	37,5	40	16	100	440 0	-	К1	(3),(1,1)	2x1000	6x500	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	50	78	50	28
61	1	176	63	200	63	530 0	44 0	К7	(3),(1)	2x1000	2x1000	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	17	2	16	11
62	2	117	125	25	63	910	51	К3	(3),(1)	4000	5x400	Q13,Q8,Q9,Q1	22	15	10	-

Вариант	Схема	Номинальная мощность, МВА				Скз, МВА		Расчетная точка	Вид КЗ	Число и мощность двигателей на каждой секции шин, кВт		Отключены выключатели	Длины линий, км			
		G1,G2	T1,T2	T3,T4	T5,T6	СД	АД			СД	АД		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
						0	0					1				
63	3	15	16	10	63	810 0	45 0	К3	(3),(1)	2x2500	3x800	Q11,Q12	15	10	7	-
64	4	235	250	63	125	950 0	44 0	К13	(3),(2)	4000	4x500	Q13	50	60	10	8
65	5	353	400	40	250	520 0	-	К5	(3),(1)	4x4000	2x630	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	55	25	40	-
66	6	15	10	10	63	420 0	-	К1	(3),(1)	2x1600	4x630	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	50	120	20	45
67	1	235	63	250	125	390 0	45 0	К7	(3),(1,1)	2x2000	3x630	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5, Q8	65	30	45	55
68	2	235	250	63	125	840 0	50 0	К10	(3),(2)	2x2000	3x800	Q15,Q4	23	10	15	-
69	3	75	80	40	125	940 0	42 0	К4	(3),(2)	3200	2x1000	Q1,Q6,Q9, Q19, Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	12	10	8	-
70	4	353	400	63	250	850 0	52 0	К12	(3),(2)	2x2500	3x800	Q21,Q9,Q14	50	64	12	8
71	5	176	200	25	125	580 0	-	К1	(3),(1,1)	2x3200	4x400	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	38	45	65	-
72	6	15	25	10	63	410 0	-	К3	(3),(2)	4x800	2x400	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	50	60	55	15
73	1	353	63	400	250	410 0	44 0	К3	(3),(1)	3x1600	2000	Q17,Q21	75	15	65	55
74	3	15	16	10	32	510 0	41 0	К1	(3),(1)	4000	5x400	Q3,Q4	20	15	12	-
75	4	353	400	80	250	999 0	49 0	К1	(3),(1,1)	2x2000	3x800	Q9,Q17	25	73	33	27
76	5	117	125	10	63	390 0	-	К3	(3),(2)	2x1250	4x500	Q3,Q4,Q6, Q7,Q2,Q5, Q10,Q20,Q23	80	58	34	-
77	6	7,5	6,3	6,3	32	390 0	-	К5	(3),(2)	4x630	4x250	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	40	80	50	55
78	1	117	40	125	63	470 0	42 0	К4	(3),(1,1)	2x1600	4x500	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	28	10	20	43
79	3	75	80	16	125	720 0	50 0	К6	(3),(2)	2x2000	3x630	Q11,Q12	38	19	17	-
80	4	353	400	80	250	840 0	45 0	К12	(3),(2)	3x1250	3x630	Q13	95	115	30	15
81	5	353	400	16	125	420 0	-	К7	(3),(2)	2x2000	4x500	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	110	100	85	-
82	6	75	80	16	125	400 0	-	К7	(3),(2)	4x1000	2x630	Q10,Q13,Q18, Q9,Q8	49	150	10	18
83	1	176	63	200	63	530 0	42 0	К8	(3),(1)	3x1250	1600	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5, Q8	78	50	30	80
84	3	75	80	16	125	720	50	К5	(3),(2)	3x1600	2000	Q1,Q6,Q9,	22	12	15	-

Вариант	Схема	Номинальная мощность, МВА				Скз, МВА		Расчетная точка	Вид КЗ	Число и мощность двигателей на каждой секции шин, кВт		Отключены выключатели	Длины линий, км			
		G1,G2	T1,T2	T3,T4	T5,T6	СД	АД			СД	АД		Л-1	Л-2	Л-3	Л-4
						0	0					Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12				
85	4	353	400	80	250	790 0	47 0	К6	(3),(2)	3200	2x1000	Q21,Q9,Q14	95	110	35	18
86	6	7,5	10	10	32	390 0	-	К2	(3),(1)	4x800	2x630	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	28	60	25	48
87	1	353	80	400	250	560 0	46 0	К10	(3),(2)	3x1600	2x1000	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	40	15	30	40
88	3	37,5	40	10	125	740 0	44 0	К4	(3),(1,1)	2x2500	4x630	Q3,Q4	25	10	18	-
89	4	176	200	63	125	970 0	58 0	К8	(3),(2)	3x1600	2000	Q9,Q17	55	42	20	15
90	5	176	200	10	100	410 0	-	К5	(3),(1,1)	4x1000	4x250	Q12,Q18,Q20, Q13,Q16,Q21	29	35	44	-
91	1	117	40	125	63	510 0	40 0	К2	(3),(2)	3x1250	2x1250	Q10,Q22,Q21, Q20,Q13,Q5, Q8	110	60	65	120
92	3	37,5	40	16	63	470 0	42 0	К5	(3),(2)	3x1250	1600	Q11,Q12	44	14	32	-
93	4	117	125	40	63	780 0	52 0	К2	(3),(1)	3x1600	2x1250	Q13	80	40	20	15
94	6	15	16	6,3	63	560 0	-	К3	(3),(2)	4x630	4x250	Q15,Q9,Q17, Q10,Q19	38	83	20	40
95	1	117	40	125	63	500 0	41 0	К6	(3),(2)	4000	5x400	Q17,Q21	55	12	40	10
96	1	176	63	200	63	530 0	42 0	К8	(3),(1,1)	4000	2000	Q1,Q6,Q9, Q19,Q13,Q8, Q20,Q21,Q12	70	40	28	-
97	3	75	80	16	125	720 0	50 0	К5	(3),(2)	2x2000	3x800	Q21,Q9,Q14	80	56	15	20
98	4	353	400	80	250	790 0	47 0	К6	(3),(2)	3200	4x500	Q5,Q8,Q13, Q20,Q21	35	18	20	18
99	6	7,5	10	10	32	390 0	-	К2	(3),(2)	2x2000	1600	Q9,Q17	90	38	40	25
100	1	353	80	400	250	560 0	46 0	К10	(3),(2)	2x2500	2x1250	Q13	60	150	22	15

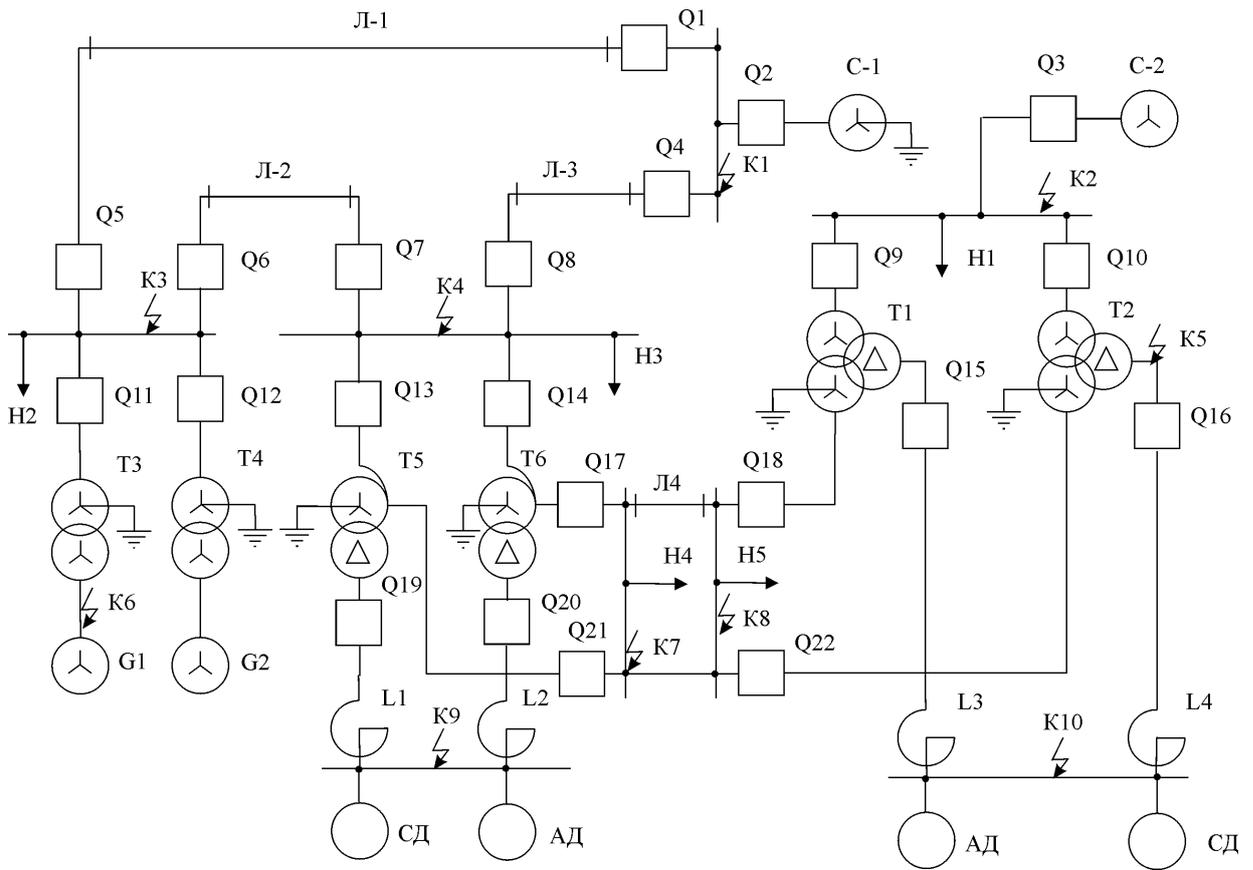


Рисунок 4.1 - Исходная схема 1

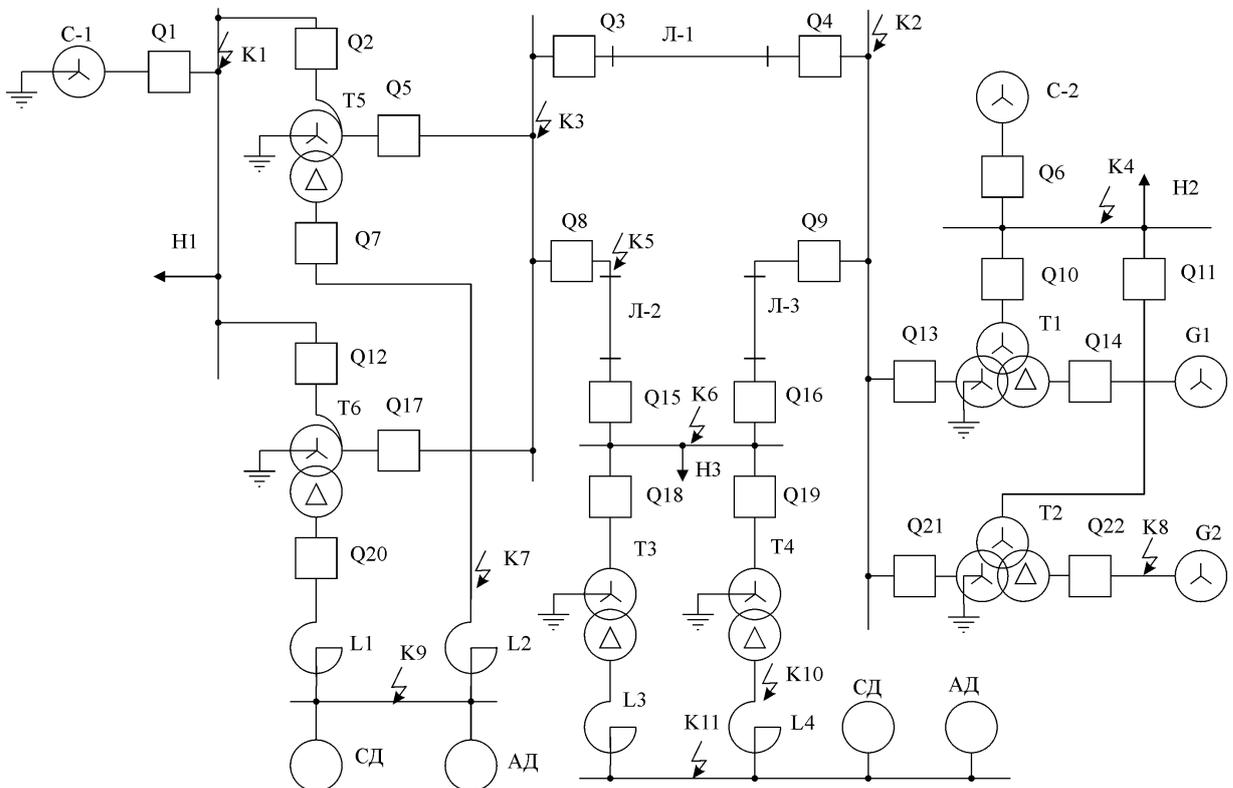


Рисунок 4.2 - Исходная схема 2

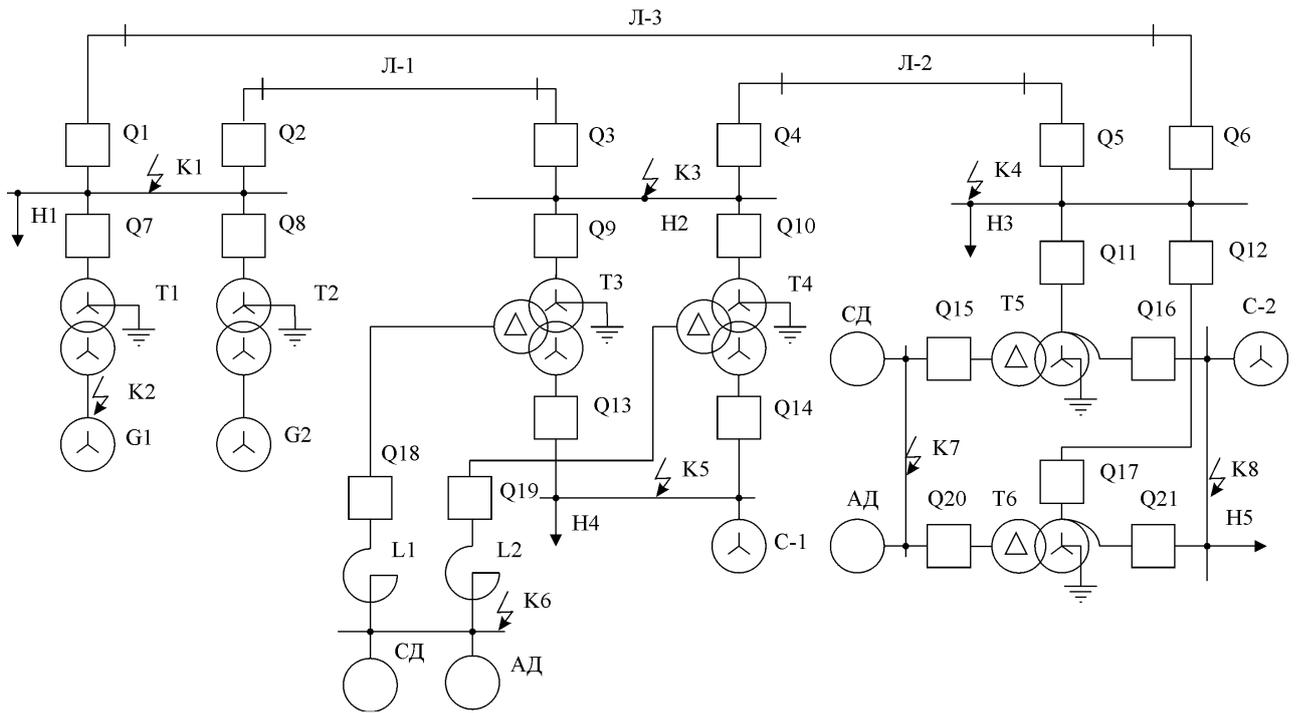


Рисунок 4.3 - Исходная схема 3

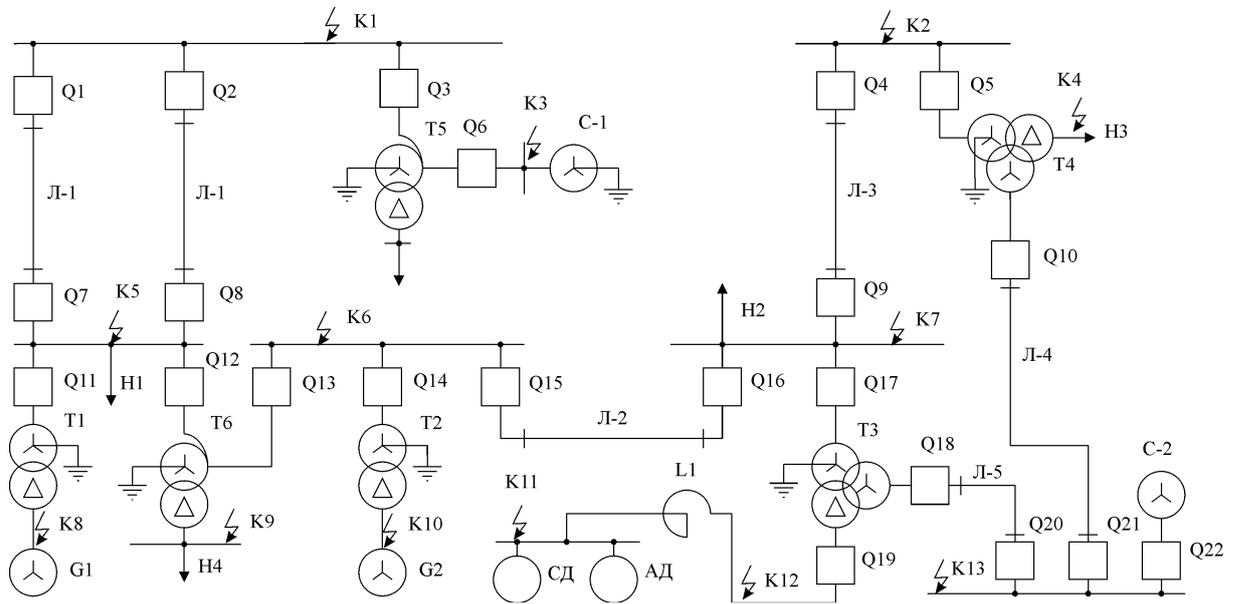


Рисунок 4.4 - Исходная схема 4



### **Контрольные вопросы для защиты курсового проекта**

1. Из каких групп элементов состоит электроэнергетическая система?
2. Что представляет собой система электроснабжения?
3. Какие требования предъявляются к ЭЭС и СЭС?
4. Какие виды режимов и процессов имеют место в ЭЭС?
5. Что означают параметры режима и системы?
6. Каковы причины возникновения переходных процессов в ЭЭС?
7. По каким признакам различаются переходные процессы?
8. Исходя из каких аспектов могут рассматриваться переходные процессы в электроэнергетических системах, в системах электроснабжения и в узлах нагрузки?
9. Каковы наиболее распространенные переходные процессы составляют переходный режим в ЭЭС и СЭС?
10. Каковы причины возникновения коротких замыканий?
11. Какие режимы работы нейтрали предусматриваются для систем электроснабжения?
12. Какие виды коротких замыканий могут возникать в ЭЭС и какова частота их появления?
13. Каковы основные последствия коротких замыканий?
14. Для решения каких важных задач необходимы исследования и расчеты переходных процессов?
15. Что относится к параметрам режима короткого замыкания?
16. Что относится к расчетным условиям короткого замыкания?
17. По каким соображениям на схеме СЭС определяется место короткого замыкания, необходимое для практических расчетов?
18. Какие электроприемники в электроустановках напряжением выше 1 кВ проверяются по режиму короткого замыкания?
19. Какие электроприемники в электроустановках напряжением до 1 кВ проверяются по режиму короткого замыкания?
20. Какими условиями характеризуется максимальный и минимальный режим короткого замыкания?
21. Каковы требования и допущения, предъявляются к расчетам токов коротких замыканий при проектировании, сооружении и эксплуатации электрических систем?

Приложение № 5

**ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Основные определения. Причины возникновения электромагнитных переходных процессов. Причины возникновения коротких замыканий (КЗ) и их следствия. Назначение расчетов переходных процессов и предъявляемые к ним требования. Понятие о расчетных условиях. Основные допущения, принимаемые при расчетах электромагнитных переходных процессов.
2. Преимущества системы относительных единиц, определение понятия относительной величины, выбор базисных условий. Составление схем замещения при расчетах электромагнитных переходных процессов. Преобразование схем замещения. Применение принципа наложения.
3. Приведение ЭДС и сопротивлений элементов схемы к выбранным базисным условиям. Точное и приближенное приведение в именованных и относительных единицах.
4. Процесс трехфазного КЗ в неразветвленной цепи. Кривая изменения тока и ее слагающие. Условия, определяющие максимальное значение апериодической слагающей тока.
5. Условия возникновения максимума мгновенного значения полного тока. Ударный ток и ударный коэффициент.
6. Определение эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей тока в разветвленной схеме.
7. Действующие значения полных величин токов КЗ и их отдельных слагающих.
8. Мощность короткого замыкания.
9. Переходный процесс при включении в сеть трансформатора с разомкнутой вторичной обмоткой.
10. Переходный процесс при коротком замыкании за трансформатором.
11. Основные допущения при анализе переходных процессов в синхронных машинах.
12. Исходные дифференциальные уравнения переходного процесса в синхронной машине. Потокосцепления, собственные индуктивности и взаимные индуктивности обмоток синхронных машин.
13. Линейные преобразования уравнений. Линейные преобразования исходных дифференциальных уравнений переходного процесса в синхронной машине к осям ротора.
14. Предшествующий установившийся режим синхронного генератора. Установившийся режим КЗ в синхронной машине.

15. Синхронный генератор без демпферных контуров в начальный момент короткого замыкания.
16. Синхронный генератор с демпферными контурами в начальный момент короткого замыкания.
17. Электродвигатели и нагрузки в начальный момент короткого замыкания.
18. Уравнения переходного процесса в синхронной машине и их корни.
19. Включение обмотки возбуждения на постоянное напряжение. Форсировка возбуждения.
20. Влияние форсировки возбуждения на переходный процесс в синхронной машине при КЗ.
21. Переходный процесс в синхронной машине при гашении магнитного поля.
22. Переходной процесс в синхронной машине с демпферными контурами при коротком замыкании на выводах генератора.
23. Особенности переходных процессов в синхронной машине с демпферными контурами при коротком замыкании на выводах генератора.
24. Определение удаленности точки КЗ. Расчет периодической составляющей при удаленных КЗ.
25. Расчет начального значения периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания КЗ.
26. Расчет начального значения аperiodической составляющей и ударного тока КЗ.
27. Метод типовых кривых.
28. Метод спрямленных характеристик.
29. Расчет токов КЗ в электрических сетях напряжением до 1000 В.
30. Основные допущения, принимаемые при исследовании несимметричных переходных процессов. Образование высших гармоник при несимметричном режиме синхронной машины. Применимость метода симметричных составляющих к исследованию переходных процессов.
31. Сопротивления обратной и нулевой последовательностей синхронных машин.
32. Сопротивления обратной и нулевой последовательностей асинхронных двигателей.
33. Схемы замещения нулевой последовательности двухобмоточных трансформаторов.
34. Схемы замещения нулевой последовательности трехобмоточных трансформаторов.
35. Схемы замещения нулевой последовательности автотрансформаторов.
36. Сопротивления нулевой последовательности воздушных линий.
37. Сопротивления нулевой последовательности трехжильных кабелей.

38. Метод симметричных составляющих. Составление схем замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей.
39. Однократная поперечная несимметрия. Двухфазное короткое замыкание.
40. Однократная поперечная несимметрия. Однофазное короткое замыкание.
41. Однократная поперечная несимметрия. Двухфазное короткое замыкание на землю.
42. Правило эквивалентности прямой последовательности для поперечной несимметрии.
43. Комплексные схемы замещения при однократной поперечной несимметрии.
44. Однократная продольная несимметрия. Разрыв одной фазы.
45. Однократная продольная несимметрия. Разрыв двух фаз.
46. Комплексные схемы замещения при однократной продольной несимметрии.
47. Технические средства, применяемые для снижения токов короткого замыкания.