



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)  
**«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ»**

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, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
<p>ПК-6: Способен использовать основные законы естествознания, общетехнические знания для решения профессиональных задач</p>	<p>ПК-6.2: Применяет основные законы математики в технических и технологических областях при решении профессиональных задач</p>	<p>Математические задачи электроэнергетики</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы проектирования электрических станций и подстанций;</li> <li>- математические модели объектов электроэнергетики;</li> <li>- методы составления схем замещения электроэнергетических систем и систем уравнений, описывающих процессы в этих системах;</li> <li>- основы применения в электроэнергетических задачах численных методов решения систем алгебраических и дифференциальных уравнений;</li> </ul> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ориентироваться в областях проектирования и эксплуатации;</li> <li>- практически применять в работе конкретный математический аппарат при исследованиях, проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем;</li> </ul> <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками составления схем замещения электроэнергетических систем и расчета систем уравнений, описывающих процессы в этих схемах;</li> <li>- методами математического и имитационного моделирования в профессиональной деятельности;</li> <li>- методами расчета установившихся режимов электроэнергетических систем</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;
- задания по темам практических занятий.

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

- задания для контрольной работы;
- промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

## **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 следующем порядке при правильных ответах на:

- 85–100 % заданий – оценка «5» (отлично);
- 70–84 % заданий – оценка «4» (хорошо);
- 51–69 % заданий – оценка «3» (удовлетворительно);
- менее 50 % – оценка «2» (неудовлетворительно).

3.2 В приложении № 2 приведены задания по темам практических занятий.

3.3 В приложении № 3 приведены задания по контрольной работе (для обучающихся по заочной форме обучения). В процессе работы над контрольной работой студент закрепляет навыки, полученные в ходе изучения дисциплины.

Руководство контрольной работой осуществляется преподавателем кафедры энергетики, читающим соответствующую дисциплину, и заключается в консультациях, контроле качества и хода поэтапного выполнения работы студентом.

Выполнение контрольной работы является самостоятельным видом учебного процесса. Студент несет полную ответственность за полученные результаты, принятые решения и окончание работы в назначенный срок.

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

4.1 Промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. Контрольные вопросы по дисциплине, которые при необходимости могут быть использованы для промежуточной аттестации, приведены в приложении № 4. Допуск студентов к зачету осуществляется при условии выполнения и защиты всех лабораторных работ, выполнения всех практических заданий с учетом результатов текущего контроля успеваемости.

Таблица 2 – Критерии выставления отметки

Критерий	«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	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в

	из имеющихся у него сведений		исследование новые релевантные задаче данные	исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы 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 «Математические задачи электроэнергетики» 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



В.Ф. Белей

Приложение № 1

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Вариант №1**

<i>Вопрос 1. При анализе и составлении математического описания различают следующие режимы электроэнергетических систем</i>	
1. Нормальный установившийся, послеаварийный установившийся	3. Переходной режим, нормальный установившийся, номинальный
2. Послеаварийный установившийся, переходной режим	4. Переходной режим, нормальный установившийся, послеаварийный установившийся

<i>Вопрос 2. Режим, для которого характерно изменение его параметров во времени и описание его дифференциальными уравнениями, называется</i>	
1. Нормальный установившийся	3. Переходный
2. Послеаварийный установившийся	4. Переходно-установившийся

<i>Вопрос 3. Целью расчета установившегося режима является</i>	
1. Нахождение токов, напряжений, мощностей в элементах электроэнергетической системы	3. Нахождение токов, напряжений, мощностей, сопротивления или проводимости, коэффициентов трансформации, постоянных времени в элементах электроэнергетической системы
2. Нахождение сопротивления или проводимости, коэффициентов трансформации, постоянных времени	4. Ничего из перечисленного

<i>Вопрос 4. Электрическая часть энергосистемы- это</i>	
1. Совокупность электростанций, линий электропередачи, подстанций и тепловых сетей, связанных в одно целое общностью режима и непрерывностью процесса производства и распределения электрической и тепловой энергии	3. Совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории
2. Часть системы, состоящая из генераторов, распределительных устройств, сетей ... и электроприемников	4. Совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы

<i>Вопрос 5. Отношение номинальных напряжений обмоток трансформатора называется</i>	
---	--

1. Коэффициент трансформации трансформатора	3. Величина напряжения трансформатора в относительных единицах
2. Базисная величина напряжения трансформатора	4. Приведенное к основной ступени напряжение

*Вопрос 6. Место соединения двух и более ветвей, называется*

1. Узел	3. Контур
2. Граф	4. Ветвь

*Вопрос 7. Соответствует потерям на «корону» в проводе в схеме замещения ЛЭП*

1. Активная составляющая проводимости	3. Активное сопротивление
2. Реактивное сопротивление	4. Реактивная составляющая проводимости

*Вопрос 8. Замена двух или нескольких источников питания точки КЗ одним эквивалентным возможна*

1. Всегда	3. Если они находятся в одинаковых условиях по отношению к месту КЗ
2. Если они находятся в разных условиях по отношению к месту КЗ	4. В ограниченных условиях, требующих дополнительных расчетов и преобразований схем

*Вопрос 9. Короткое замыкание в электроустановке, при котором амплитуды периодической составляющей тока данного источника энергии в начальный и произвольный момент времени существенно отличаются, считается*

1. Удаленным	3. Изменяющимся
2. Неустойчивым	4. Близким коротким замыканием

*Вопрос 10. При проверке чувствительности зашит расчетным является*

1. Аварийный	3. Ремонтный
2. Послеаварийный	4. Минимальный режим работы системы электроснабжения

*Вопрос 11. В сетях предприятий встречается параллельное включение двух элементов. Полное эквивалентное сопротивление такой схемы*

1. $z_{\text{эк}} = \frac{z_1 \cdot z_2}{z_1 + z_2}$	3. $z_{\text{эк}} = \frac{\sqrt{(x_1 + x_2)^2 + (r_1 + r_2)^2}}{\sqrt{x_1^2 + r_1^2} \cdot \sqrt{x_2^2 + r_2^2}}$
--	---



<p>2. <math display="block">z_{\text{эк}} = \frac{z_1 \cdot z_2}{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}}</math></p>	<p>4. <math display="block">z_{\text{эк}} = \frac{z_1 \cdot z_2}{\sqrt{(x_1 + x_2)^2 + (r_1 + r_2)^2}}</math></p>
---	---

<i>Вопрос 12. Схема замещения трехобмоточного трансформатора выполняется в виде</i>	
1. Г-образного типа	3. П-образного или Т-образного типа
2. Трехлучевой звезды	4. Без поперечных элементов в виде сопротивления Z

<i>Вопрос 13. В синхронной машине соотношение для индуктивных сопротивлений (сверхпереходное индуктивное сопротивление по продольной оси, переходное индуктивное сопротивление по продольной оси, синхронное индуктивное сопротивление по продольной оси) имеет следующий вид</i>	
1. $X_{*d}'' > X_{*d}' > X_{*d}$	3. $X_{*d}'' < X_{*d}' < X_{*d}$
2. $X_{*d}'' < X_{*d}' > X_{*d}$	4. $X_{*d}'' > X_{*d}' < X_{*d}$

<i>Вопрос 14. В начальный период переходного процесса в синхронной машине индуктивное сопротивление определяется</i>	
1. Переходными реактивными сопротивлениями	3. Сверхпереходными реактивными сопротивлениями
2. Реактивными сопротивлениями установившегося режима	4. Наибольшим значением между переходным реактивным сопротивлением и реактивным сопротивлениям установившегося режима

<i>Вопрос 15. При трехфазном КЗ ток КЗ определяется фазным напряжением <math>U_{\phi}</math> и результирующим полным сопротивлением <math>Z_{\Sigma}</math> одной фазы. Расчет выполняется по соотношению</i>	
1. $I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{U_{\phi}}{3 \cdot z_{\Sigma}}$	3. $I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{U_{\text{лин}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma}}$
2. $I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}}{z_{\Sigma}}$	4. $I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{лин}}}{z_{\Sigma}}$

### Вариант № 2

<i>Вопрос 1. Режим работы электрической системы, при котором параметры режима (напряжение, токи, мощности, частота) остаются практически неизменными, называют</i>
--

1. Установившийся	3. Устойчивый
2. Номинальный	4. Нормальный

<i>Вопрос 2. Расчет нормального установившегося режима выполняют</i>	
1. До стадии проектирования при составлении концепции работы электроэнергетической системы	3. После аварийного отключения какого-либо элемента системы
2. На стадии проектирования и в процессе эксплуатации электроэнергетической системы	4. Только в процессе эксплуатации электроэнергетической системы

<i>Вопрос 3. Энергетической системой называется</i>	
1. Совокупность электростанций, линий электропередачи, подстанций и тепловых сетей, связанных в одно целое общностью режима и непрерывностью процесса производства и распределения электрической и тепловой энергии	3. Совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории
2. Часть системы, состоящая из генераторов, распределительных устройств, сетей ... и электроприемников	4. Совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы

<i>Вопрос 4. Электростанции, потребляющие органическое топливо (уголь, газ, мазут, торф, сланец), турбины которых работают по конденсационному циклу, называются</i>	
1. Конденсационные	3. Газотурбинные
2. Теплоэлектроцентрали	4. Нетрадиционные типы электрогенерирующих станций

<i>Вопрос 5. Изменение коэффициента трансформации трансформатора достигается</i>	
1. Изменением тока в обмотке трансформатора	3. Внесением существенных изменений в конструкция трансформатора
2. Коэффициент трансформации трансформатора не изменяется и задан заводом-изготовителем	4. Изменением числа витков (отпаяк) на одной из обмоток

<i>Вопрос 6. Соответствует тепловым потерям в проводе в схеме замещения ЛЭП</i>	
1. Активная составляющая проводимости	3. Активное сопротивление
2. Реактивное сопротивление	4. Реактивная составляющая проводимости

*Вопрос 7. При расчете режима работы электрической сети воздушная трехфазная линия переменного тока напряжением  $U \leq 500$  кВ и длиной до 300 км может быть представлена схемой замещения с сосредоточенными параметрами*

1. Г-образного типа	3. Без поперечных элементов в виде сопротивления $Z_{\text{л}}$
2. П-образного или Т-образного типа	4. Г-образного и Т-образного типа

*Вопрос 8. Короткое замыкание в электроустановке, при котором все ее фазы находятся в одинаковых условиях, относится к*

1. Симметричным	3. Неизменяющимся
2. Устойчивым	4. Установившимся коротким замыканиям

*Вопрос 9. Короткое замыкание в электроустановке, при котором амплитуды периодической составляющей тока данного источника энергии в начальный и произвольный моменты времени практически одинаковы, считается*

1. Удаленным	3. Изменяющимся
2. Неустойчивым	4. Близким коротким замыканием

*Вопрос 10. Активное и индуктивное сопротивления первичной обмотки трансформатора тока определяют*

1. По справочным данным	3. $r_{\text{тр}} = r_0 \cdot l$ ; $x_{\text{тр}} = x_0 \cdot l$
2. $r_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{КЗ}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2}$ $x_{\text{тр}} = \sqrt{\left(\frac{u_{\text{КЗ}}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{\text{КЗ}}}{S_{\text{НОМ}}}\right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}}$	4. Определяется только индуктивное сопротивление по формуле $x_0 = 0,1445 \cdot \lg \frac{h}{4 \cdot a_{\text{ср}}}$

*Вопрос 11. Отношение напряжения холостого хода обмотки трансформатора, обращенной в сторону выбранной основной ступени напряжения сети, к напряжению холостого хода обмотки, обращенной в противоположную сторону, называется*

1. Коэффициент трансформации трансформатора	3. Величина напряжения трансформатора в относительных единицах
2. Базисная величина напряжения трансформатора	4. Приведенное к основной ступени напряжение

*Вопрос 12. В качестве основной ступени напряжения при расчетах токов и напряжений в электрических схемах принимают*

1. Наивысшее напряжение системы	3. Напряжение в месте КЗ
---------------------------------	--------------------------

2. Генераторное напряжение	4. Любое
----------------------------	----------

*Вопрос 13. Реактивное сопротивление обмотки среднего напряжения трехобмоточного трансформатора обычно равно*

1. Реактивному сопротивлению обмотки высокого напряжения	3. Реактивному сопротивлению обмотки низкого напряжения
2. Нулю	4. Бесконечности

*Вопрос 14. Схема замещения двоянного токоограничивающего реактора выполняется в виде*

1. Г-образного типа	3. П-образного или Г-образного типа
2. Трехлучевой звезды	4. Без поперечных элементов в виде сопротивления Z

*Вопрос 15. После окончания переходного процесса в синхронной машине индуктивное сопротивление определяется*

1. Переходными реактивными сопротивлениями	3. Сверхпереходными реактивными сопротивлениями
2. Реактивными сопротивлениями установившегося режима	4. Наибольшим значением между переходным реактивным сопротивлением и реактивным сопротивлениям установившегося режима

### Вариант № 3

*Вопрос 1. Режим, наступающий после аварийного отключения какого-либо элемента системы, называется*

1. Нормальный установившийся	3. Номинальный
2. Послеаварийный установившийся	4. Переходно-установившийся

*Вопрос 2. Расчет установившегося режима позволяет*

1. Правильно выбрать конфигурацию схемы, для которой токи и напряжения в ее элементах находятся в заданных пределах	3. Выбрать коммутационное оборудование
2. Рассчитать уставки защит	4. Провести расчеты релейной защиты и средств автоматики

*Вопрос 3. Электрическая сеть - это*

1. Совокупность электростанций, линий электропередачи, подстанций и тепловых	3. Совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической
--	---

сетей, связанных в одно целое общностью режима и непрерывностью процесса производства и распределения электрической и тепловой энергии	энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории
2. Часть системы, состоящая из генераторов, распределительных устройств, сетей ... и электроприемников	4. Совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы

*Вопрос 4. Электростанция, на которой значительная часть тепловой энергии передается по трубам потребителям и используется непосредственно в технологических процессах, называется*

1. Конденсационные	3. Газотурбинные
2. Теплоэлектростанции	4. Нетрадиционные типы электрогенерирующих станций

*Вопрос 5. Участок электрической сети, в котором ток в любой точке имеет одно и то же значение (действующее), называется*

1. Узел	3. Контур
2. Граф	4. Ветвь

*Вопрос 6. Соответствует процессам, связанным с созданием электромагнитного поля в схеме замещения ЛЭП*

1. Активная составляющая проводимости	3. Активное сопротивление
2. Реактивное сопротивление	4. Реактивная составляющая проводимости

*Вопрос 7. Активное и индуктивное сопротивления трансформатора определяются для одной фазы следующим образом*

1. Из опыта холостого хода	3. Через активную проводимость
2. Через ток и номинальное напряжение обмотки трансформатора	4. Из опыта короткого замыкания

*Вопрос 8. Удаленным КЗ считается короткое замыкание в электроустановке, при котором амплитуды периодической составляющей тока данного источника энергии в начальный и произвольный момент времени*

1. Изменяются под действием автоматических регуляторов возбуждения синхронных машин	3. Различаются в $\sqrt{2}$
2. Существенно отличаются	4. Практически одинаковы

<i>Вопрос 9. При выборе аппаратуры расчетным считается</i>	
1. Аварийный	3. Ремонтный
2. Послеаварийный	3. Максимальный режим работы системы электроснабжения

<i>Вопрос 10. При расчете токов КЗ в схему замещения цепи вводится активное сопротивление 15 мОм с целью</i>	
1. Оценки термической стойкости коммутационной аппаратуры	3. Оценки влияния сопротивления питающей энергосистемы на токи КЗ
2. Учета сопротивления петли фаза–нуль	4. Определения минимального тока КЗ с учетом токоограничивающего действия дуги в месте повреждения

<i>Вопрос 11. В качестве базисных величин в расчётах токов и напряжений в электрических схемах часто принимают</i>	
1. Базисные мощность, напряжения, токи, сопротивления	3. Базисные токи, сопротивления
2. Базисные мощность, напряжения	4. Базисные мощность, напряжения, токи, сопротивления, частота

<i>Вопрос 12. При расчетах в именованных единицах параметры элементов энергосистемы приводятся к основной ступени напряжения с использованием</i>	
1. Коэффициента трансформации трансформатора	3. Величины напряжения трансформатора в относительных единицах
2. Базисной величины напряжения трансформатора	4. Приведения к основной ступени напряжения номинального напряжения трансформатора

<i>Вопрос 13. Возможность присоединения нескольких генераторов к одному повышающему трансформатору есть у следующего вида трансформатора</i>	
1. Однофазный	3. Двухобмоточный трансформатор с расщепленной обмоткой
2. Трехобмоточный трансформатор	4. Двухобмоточный трансформатор

<i>Вопрос 14. По окончании сверхпереходного процесса в синхронной машине индуктивное сопротивление определяется</i>	
1. Переходными реактивными сопротивлениями	3. Сверхпереходными реактивными сопротивлениями
2. Реактивными сопротивлениями установившегося режима	4. Наибольшим значением между переходным реактивным сопротивлением

	и реактивным сопротивлениям установившегося режима
--	--

<i>Вопрос 15. В расчетной схеме асинхронные электродвигатели должны быть учтены следующим видом реактивного сопротивления</i>	
1. Переходным реактивным сопротивлением	3. Сверхпереходным реактивным сопротивлением
2. Реактивным сопротивлением установившегося режима	4. Наибольшим значением между переходным реактивным сопротивлением и реактивным сопротивлениям установившегося режима

Приложение № 2

**ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Задание 1

Взять модель турбогенератора из справочника Гайсарова Р.В., расшифровать наименование, начертить схему замещения и рассчитать ее в именованных единицах и в относительных единицах.

Задание 2

Определить, в каком соотношении находятся выраженные в омах индуктивные сопротивления генераторов G1 и G2 одинаковой мощности, но с номинальными напряжениями соответственно 6,3 и 10,5 кВ, если их относительные индуктивные сопротивления при своих номинальных условиях одинаковы.

Задание 3

Дан трехобмоточный трансформатор

$S_{ном} = 40$  МВА

$U_{ном} = 115 / 38,5 / 10,5$  кВ

$u_{к\%В-С} = 10,5\%$  ;

$u_{к\%В-Н} = 17\%$  ;

$u_{к\%С-Н} = 6\%$

$\Delta R_{к} = 230$  кВт

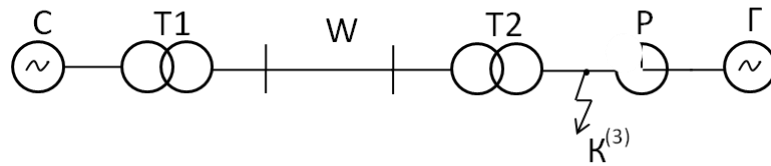
Рассчитать коэффициент трансформации трансформатора и параметры схемы замещения трехобмоточного трансформатора для точки КЗ, расположенной на среднем напряжении. Расчет провести

1. в именованных единицах
  2. в относительных единицах
- Сделать выводы из расчетов.

Задание 4

Составить математическую модель заданной энергосистемы, рассчитать параметры ее элементов и действующее значение тока КЗ в начальный момент времени.





Исходные данные:

Система (С):  $I_{K3}^{(3)} = 15,6$  кА

ЛЭП (W):  $l=20$  км,  $x_0=0,4$  Ом/км,  $r_0=0,156$  Ом/км

Трансформатор (Т1):  $S_n=40$  МВА,  $U_{ном}=115/38,5$  кВ,  $u_k=10,5\%$ ,  $P_k=170$  кВт

Трансформатор (Т2):  $S_n=80$  МВА,  $U_{ном}=121/6,3$  кВ,  $u_k=10,5\%$ ,  $P_k=315$  кВт

Реактор (Р):  $x_{ном}=0,105$  Ом/км,  $U_{ном}=10$  кВ,  $I_{ном}=4$  кА,  $P_k=27,7$  кВт

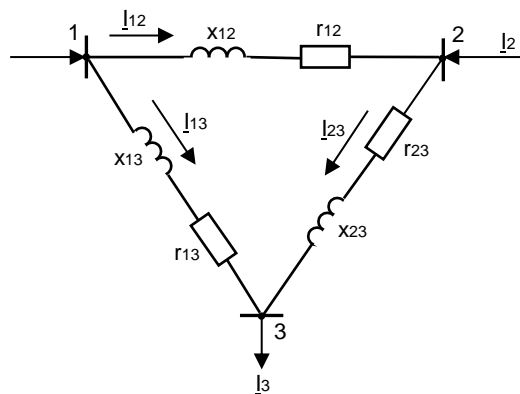
Генератор (Г):  $P_{ном}=25$  МВт,  $\cos\varphi_{ном}=0,8$ ;  $U_{ном}=6,3$  кВ,  $x_d'' = 0,129$ ,  $x_2=0,158$ ,  $T_a=0,27$

с.

В предшествующем режиме генератор работал с перевозбуждением при номинальной нагрузке.

Задание 5

Составить уравнение узловых напряжений для электрической сети, схема замещения которой приведена на рисунке, рассчитать напряжения в узлах, токи и напряжения в ветвях сети.



В схеме два генераторных узла 1,2 и нагрузочный узел 3.

Сопротивления ветвей следующие:

$$Z_{12} = 10 + j20 \text{ Ом}$$

$$Z_{13} = 15 + j30 \text{ Ом}$$

$$Z_{23} = 10 + j25 \text{ Ом}$$

Узел 1 принят в качестве балансирующего и базисного, напряжение узла равно

$$U_1 = U_\sigma = 115 \text{ кВ.}$$

Задающие токи в узлах 2 и 3 соответственно равны

$$\underline{I}_2 = I'_2 + jI''_2 = 0,151 - j0,091 \text{ кА}$$

$$\underline{I}_3 = I'_3 + jI''_3 = 0,242 - j0,121 \text{ кА}$$

Приложение № 3

**ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**

Задание по контрольной работе, выполняемой студентами заочной формы обучения, предполагает расчет действующего значения тока короткого замыкания в начальный момент времени. Подготовка работы осуществляется студентом самостоятельно с использованием лекционного материала и учебной литературы.

Варианты заданий представлены в таблице 1. В соответствии с номером варианта из таблицы 2.1 выбирается исходная схема, исходные данные и дополнительные данные для составления расчетной схемы.

Расчет необходимо проводить в относительных и именованных единицах.

Сопротивления элементов системы определять с учетом действительных коэффициентов трансформации трансформаторов, указанных в таблице исходных данных. Сопротивления необходимо рассчитать как в относительных единицах, приведенных к базисным условиям, так и в именованных единицах, отнесенных к основной ступени напряжения.

Система характеризуется как источник неизменного напряжения, численно равного среднему номинальному напряжению. Мощность и сопротивление системы для каждой расчетной схемы приведены после таблицы дополнительных данных для составления расчетной схемы.

При определении активных сопротивлений элементов схемы можно использовать следующие рекомендации:

1. Для обобщенной нагрузки  $\frac{x''_{нг}}{r_{нг}} = 4 - 5 /$
2. Для асинхронных двигателей использовать формулу, Ом:

$$r_M = \frac{M_n^*}{I_n^{2*}} \cdot \frac{U_{ном}^2 \cdot \cos \varphi_{ном}^2}{P_{ном}}$$

где  $M_n^*$  и  $I_n^*$  - кратности пускового момента и пускового тока по отношению к номинальным значениям;  $P_{ном}$ ,  $U_{ном}$  - номинальные мощность и напряжение асинхронного двигателя.

Таблица 1 – Варианты исходных данных для расчетов

Вариант	Исходная схема	Вариант исходных данных	Вариант дополнительных данных для составления расчетной схемы
---------	----------------	-------------------------	---

1	1 (рис. 1)	1 (табл. 3)	1 (табл. 2)
2	2 (рис. 2)	1 (табл. 5)	1 (табл. 4)
3	3 (рис. 3)	1 (табл. 7)	1 (табл. 6)
4	4 (рис. 4)	1 (табл. 9)	1 (табл. 8)
5	1 (рис. 1)	2 (табл. 3)	2 (табл. 2)
6	2 (рис. 2)	2 (табл. 5)	2 (табл. 4)
7	3 (рис. 3)	2 (табл. 7)	2 (табл. 6)
8	4 (рис. 4)	2 (табл. 9)	2 (табл. 8)
9	1 (рис. 1)	3 (табл. 3)	3 (табл. 2)
10	2 (рис. 2)	3 (табл. 5)	3 (табл. 4)
11	3 (рис. 3)	3 (табл. 7)	3 (табл. 6)
12	4 (рис. 4)	3 (табл. 9)	3 (табл. 8)
13	1 (рис. 1)	1 (табл. 3)	4 (табл. 2)
14	2 (рис. 2)	1 (табл. 5)	4 (табл. 4)
15	3 (рис. 3)	1 (табл. 7)	4 (табл. 6)
16	4 (рис. 4)	1 (табл. 9)	4 (табл. 8)
17	1 (рис. 1)	2 (табл. 3)	5 (табл. 2)
18	2 (рис. 2)	2 (табл. 5)	5 (табл. 4)
19	3 (рис. 3)	2 (табл. 7)	5 (табл. 6)
20	4 (рис. 4)	2 (табл. 9)	5 (табл. 8)
21	1 (рис. 1)	3 (табл. 3)	6 (табл. 2)
22	2 (рис. 2)	3 (табл. 5)	6 (табл. 4)
23	3 (рис. 3)	3 (табл. 7)	6 (табл. 6)
24	4 (рис. 4)	3 (табл. 9)	6 (табл. 8)
25	1 (рис. 1)	1 (табл. 3)	7 (табл. 2)
26	2 (рис. 2)	1 (табл. 5)	7 (табл. 4)
27	3 (рис. 3)	1 (табл. 7)	7 (табл. 6)
28	4 (рис. 4)	1 (табл. 9)	7 (табл. 8)

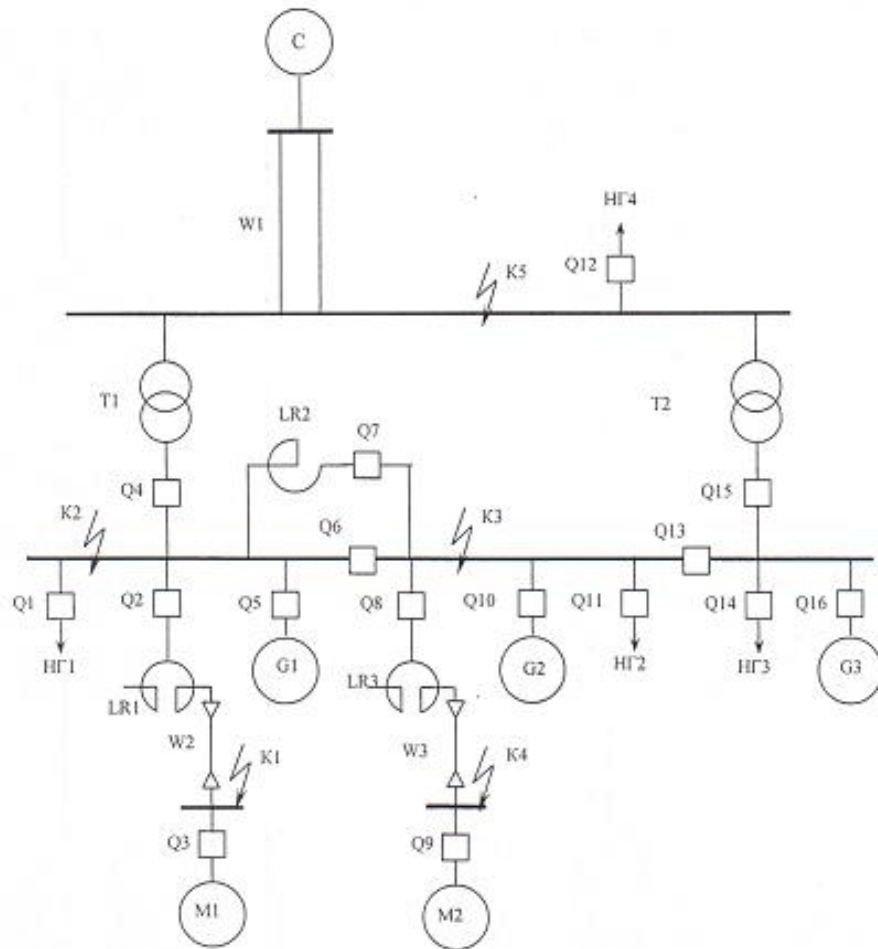


Рисунок 1 – Исходная схема № 1

Таблица 2 – Дополнительные данные к рисунку 1 для составления расчетной схемы

№ варианта	Точка КЗ	Включены выключатели Q
1	K1	1, 2, 3, 4, 5
2	K2	1, 2, 3, 4, 5
3	K4	4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16
4	K3	1, 4, 5, 7, 10, 11, 13, 15
5	K2	1, 4, 5, 6, 13, 14, 15, 16
6	K2	1, 4, 5, 7, 13, 14, 15, 16
7	K5	4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16

Примечания: 1. Выключатели, не указанные в задании, считать разомкнутыми.  
2. Во всех вариантах принять следующие параметры системы:

$$S_{ном} = 6000 \text{ МВ} \cdot \text{А}; \quad x_{C(ном)} = 0,8 \text{ о.е.}$$

Таблица 3 – Данные элементов схемы № 1, приведенной на рисунке 1

Элементы схемы	Параметры оборудования	1	2	3	
	№ варианта				
Генераторы G1, G2, G3	$P_H$ , МВт	12	30	50	
	$U_H$ , кВ	6,3	6,3	6,3	
	$x_d$ , о.е.	0,13	0,14	0,13	
	$x_2$ , о.е.	0,14	0,17	0,16	
	$r \cdot 10^{-3}$ , о.е.	1,8	3,2	1,4	
	$P_{(0)}/P_H$	1	0,85	1	
	$\cos\varphi$	0,8	0,8	0,8	
Трансформаторы T1, T2	$S_H$ , МВА	25	32	40	
	$U_H$ , кВ	120,75 / 6,3	117,87 / 6,3	120,75 / 6,3	
	$u_k$ , %	10,5	10,5	10,5	
Реакторы LR1, LR3 ( $K_{св}=0,5$ )	$I_H$ , кА	0,63	1,6	1,6	
	$U_H$ , кВ	6	6	6	
	$x_p$ , Ом	0,56	0,2	0,25	
	$\Delta P_{ном\ \phi}$ , кВт	8,6	20,7	18,4	
Линия электропередачи W1	$L$ , км	40	50	60	
	$x$ , Ом/км	0,41	0,4	0,39	
	$r$ , Ом/км	0,17	0,13	0,11	
Асинхронные двигатели M1, M2	$P_H$ , МВт	2	3,2	4	
	$U_H$ , кВ	6	6	6	
	$\cos\varphi$	0,9	0,9	0,91	
	$I_H/I_H$	5,5	6,4	5,8	
	$M_H/M_H$	0,8	0,7	0,8	
	$P_{(0)}/P_H$	0,8	0,7	0,85	
Реактор LR2	$I_H$ , кА	1	1,6	4	
	$U_H$ , кВ	6	6	6	
	$x_p$ , Ом	0,56	0,2	0,18	
	$\Delta P_{ном\ \phi}$ , кВт	8,5	18	22	
Кабель w2, w3	$L$ , км	0,5	1	0,75	
	$x$ , Ом/км	0,08	0,07	0,08	
	$r$ , Ом/км	0,44	0,32	0,32	
Нагрузка	НГ1, 3	$S_H$ , МВА	25	50	60
	НГ2, 4	$S_H$ , МВА	20	40	50

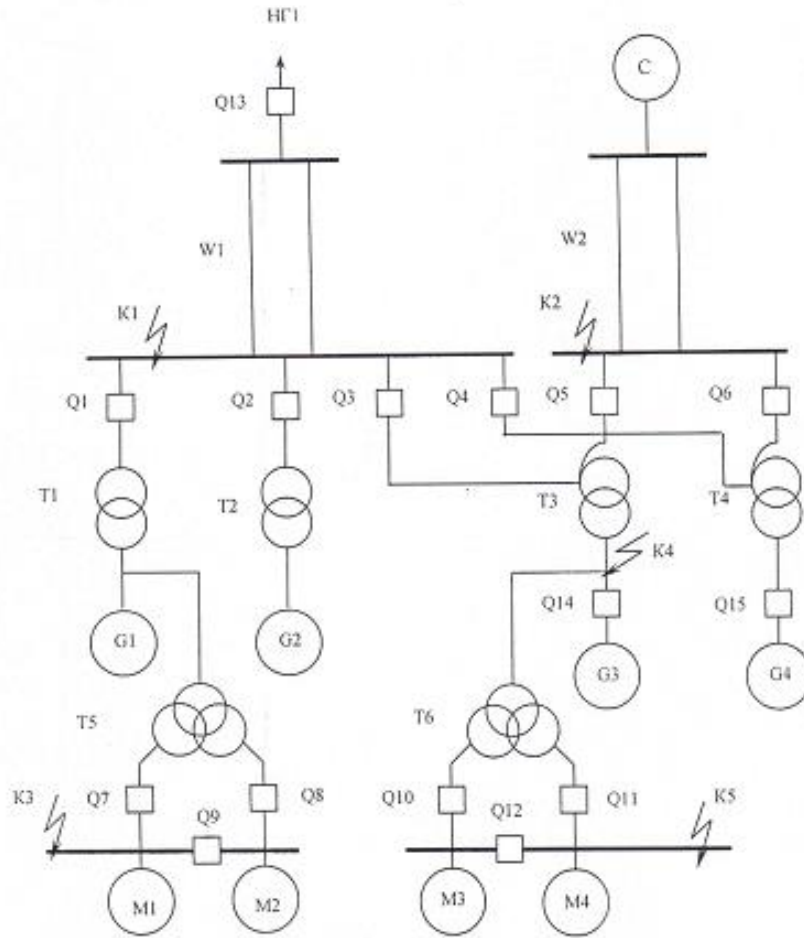


Рисунок 2 – Исходная схема № 2

Таблица 4 – Дополнительные данные к рисунку 2 для составления расчетной схемы

№ варианта	Точка КЗ	Включены выключатели Q
1	К1	1, 4, 6, 7, 8, 13, 15
2	К1	3, 4, 5, 6, 13, 14, 15
3	К2	5, 10, 11, 14
4	К2	5, 6, 10, 11, 14, 15
5	К4	5, 10, 11, 14
6	К4	5, 6, 10, 11, 14, 15
7	К3	1, 3, 5, 7, 8, 14

Примечания: 1. Выключатели, не указанные в задании, считать разомкнутыми.  
2. Во всех вариантах принять следующие параметры системы:

$$S_{ном} = 8000 \text{ МВ} \cdot \text{А}; x_{C(ном)} = 1,1 \text{ о.е.}$$

Таблица 5 – Данные элементов схемы № 2, приведенной на рисунке 2

Элементы схемы	Параметры оборудования	1	2	3
	№ варианта			
Генераторы G1, G2, G3, G4	$P_H$ , МВт	100	150	300
	$U_H$ , кВ	10,5	18	20
	$x_d''$ , о.е.	0,18	0,21	0,2
	$x_2$ , о.е.	0,22	0,26	0,24
	$r \cdot 10^{-3}$ , о.е.	2,12	2,02	2,6
	$P_{(0)}/P_H$	0,8	0,85	0,75
	$\cos\varphi$	0,85	0,85	0,85
Трансформаторы T1, T2	$S_H$ , МВА	125	200	400
	$U_H$ , кВ	127,05 / 10,5	121 / 18	230 / 20
	$u_k$ , %	10,5	10,5	10,5
Трансформаторы T5, T6	$S_H$ , МВА	6,3	10	25
	$U_H$ , кВ	10,5 / 6,3	18 / 6,3	20,6 / 6,3
	$u_k$ , %	8	8	9,5
Линия электропередачи W1	$L$ , км	120	150	200
	$x$ , Ом/км	0,43	0,42	0,33
	$r$ , Ом/км	0,13	0,11	0,06
Асинхронные двигатели M1, M2, M3, M4	$P_H$ , МВт	2,5	3,2	8
	$U_H$ , кВ	6	6	6
	$\cos\varphi$	0,9	0,9	0,91
	$I_P/I_H$	5,6	6,4	5,6
	$M_P/M_H$	0,8	0,9	0,75
	$P_{(0)}/P_H$	0,9	0,7	0,8
Линия электропередачи W2	$L$ , км	40	50	80
	$x$ , Ом/км	0,4	0,41	0,4
	$r$ , Ом/км	0,17	0,21	0,13
Трансформаторы T3, T4	$S_H$ , МВА	250	320	650
	$U_H$ , кВ	230 / 135 / 11	230 / 128 / 11	500 / 257 / 20
	$u_{квс}$ , %	11	11	9,5
	$u_{квн}$ , %	32	32	29
	$u_{ксн}$ , %	20	20	17,5
Нагрузка НГ1	$S_H$ , МВА	100	200	300



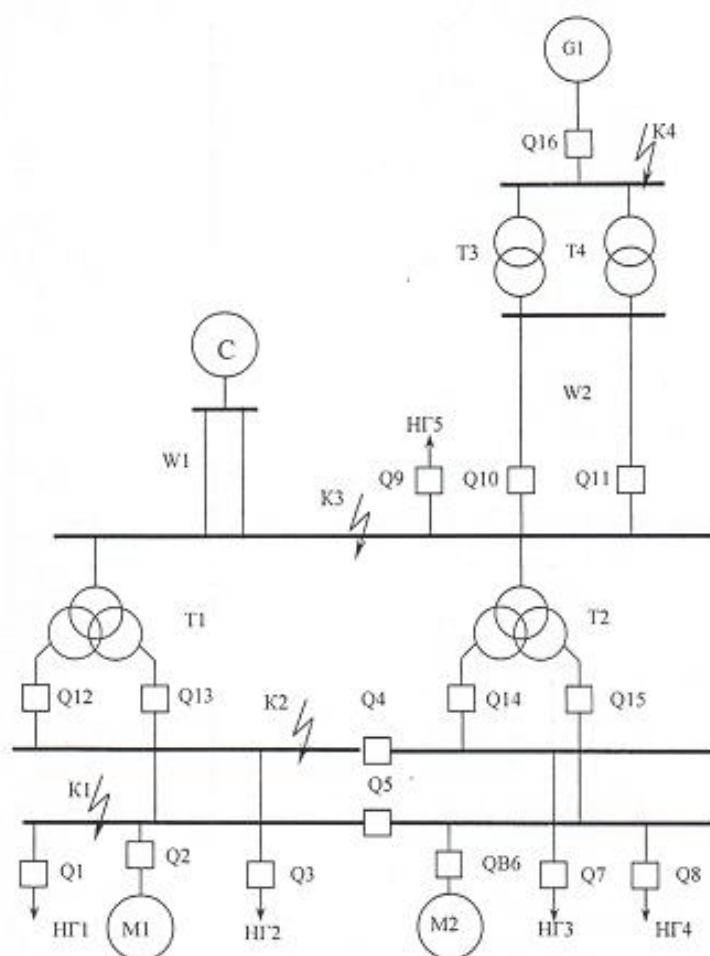


Рисунок 3 – Исходная схема № 3

Таблица 6 – Дополнительные данные к рисунку 3 для составления расчетной схемы

№ варианта	Точка КЗ	Включены выключатели Q
1	K1	1, 2, 3, 12, 13
2	K1	3, 6, 13, 15
3	K2	1, 2, 3, 12, 13
4	K3	1, 2, 3, 9, 12, 13
5	K3	1, 2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 16
6	K4	9, 10, 11, 16
7	K4	7, 8, 10, 11, 14, 15, 16

Примечания: 1. Выключатели, не указанные в задании, считать разомкнутыми.  
2. Во всех вариантах принять следующие параметры системы:

$$S_{ном} = 8000 \text{ МВ} \cdot \text{А}; \quad x_{C(ном)} = 1,1 \text{ о.е.}$$

$$\text{Для нагрузки НГ5: } S_{ном} = 25 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

Таблица 7 – Данные элементов схемы № 3, приведенной на рисунке 3

Элементы схемы		Параметры оборудования	1	2	3
		№ варианта			
Генератор G1		$P_H$ , МВт	32	32	63
		$U_H$ , кВ	6,3	10,5	6,3
		$x_d''$ , о.е.	0,14	0,15	0,19
		$x_2$ , о.е.	0,17	0,18	0,24
		$r \cdot 10^{-3}$ , о.е.	3,2	3,2	1,4
		$P_{(0)}/P_H$	0,9	0,8	0,8
		$\cos\varphi$	0,8	0,8	0,8
Трансформаторы T1, T2		$S_H$ , МВА	25	40	63
		$U_H$ , кВ	120,75/6,3/6,3	117,87/10,5/10,5	115/10,5/10,5
		$u_k$ , %	10,5	10,5	10,5
Трансформаторы T3, T4		$S_H$ , МВА	16	25	25
		$U_H$ , кВ	109 / 6,3	112 / 10,5	115 / 6,3
		$u_k$ , %	10,5	10,5	10,5
Линия электропередачи W1		$L$ , км	45	50	50
		$x$ , Ом/км	0,43	0,32	0,32
		$r$ , Ом/км	0,13	0,06	0,06
Линия электропередачи W2		$L$ , км	25	25	15
		$x$ , Ом/км	0,44	0,44	0,43
		$r$ , Ом/км	0,43	0,45	0,33
Синхронные двигатели M1, M2		$P_H$ , МВт	4	5	6
		$U_H$ , кВ	6	10	10
		$\cos\varphi$	0,8	0,8	0,8
		$r \cdot 10^{-3}$ , о.е.	6	5	5
		$I_n/I_H$	9,24	10	8,9
		$P_{(0)}/P_H$	1	0,8	0,9
Нагрузка	НГ1,4	$S_H$ , МВА	10	17	26
	НГ2,3	$S_H$ , МВА	14	22	35

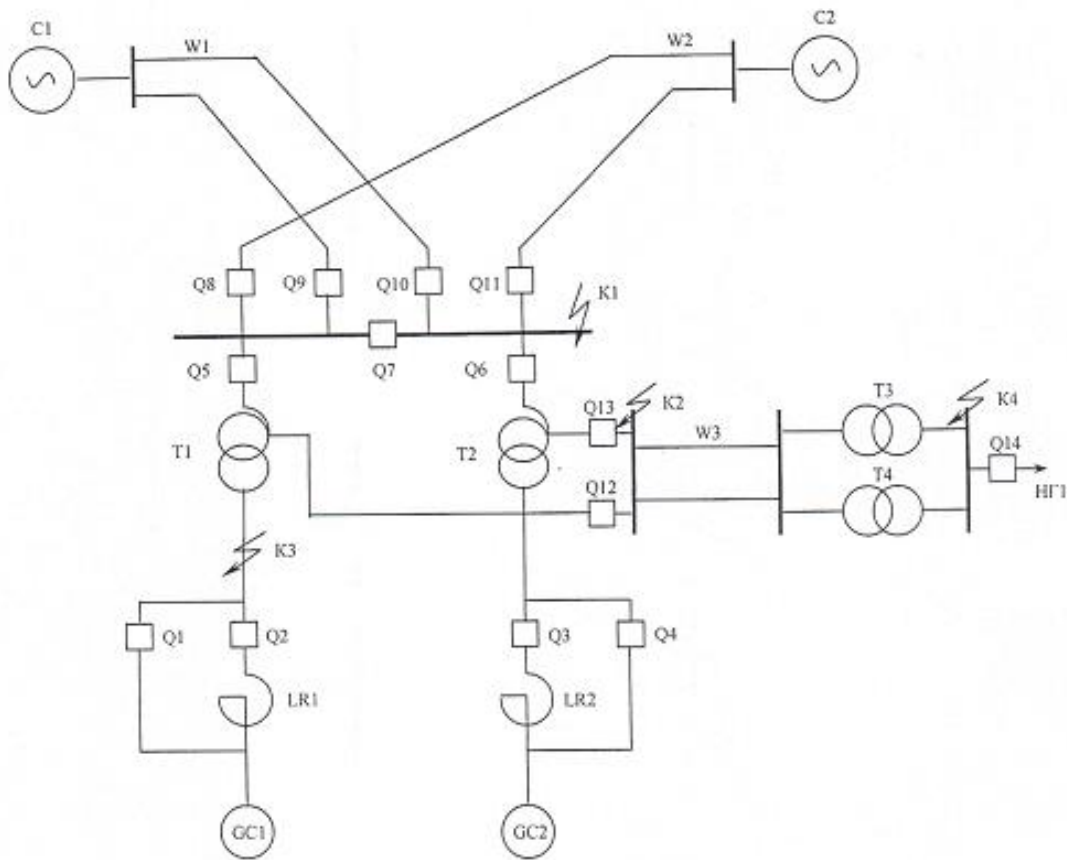


Рисунок 4 – Исходная схема № 4

Таблица 8 – Дополнительные данные к рисунку 4 для составления расчетной схемы

№ варианта	Точка КЗ	Включены выключатели Q
1	K1	1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
2	K1	1, 4, 5, 6, 7, 8, 11
3	K2	1, 5, 7, 8, 10, 12, 14
4	K2	1, 5, 8, 12, 14
5	K3	1, 4, 5, 6, 7, 8, 10
6	K3	1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
7	K4	1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Примечания: 1. Выключатели, не указанные в задании, считать разомкнутыми.  
2. Во всех вариантах принять следующие параметры системы:

$$C1: S_{ном} = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}; x_{C(ном)} = 0,2 \text{ о.е.}$$

$$C2: S_{ном} = 800 \text{ МВ} \cdot \text{А}; x_{C(ном)} = 0,4 \text{ о.е.}$$

Таблица 9 – Данные элементов схемы № 4, приведенной на рисунке 4

Элементы схемы	Параметры оборудования	1	2	3
	№ варианта			
Автотрансформаторы Т1, Т2	$S_n$ , МВА	125	160	200
	$U_n$ , кВ	230/128,2/11	230/125,8/11	230/118,6/11
	$u_{квс}$ , %	11	11	11
	$u_{квн}$ , %	31	32	32
	$u_{ксп}$ , %	19	20	20
Синхронные компенсаторы CG1, CG2	$S_n$ , МВА	32	50	75
	$U_n$ , кВ	10,5	11	11
	$x_d$ , о.е.	0,22	0,28	0,23
	$x_2$ , о.е.	0,24	0,30	0,23
	$r \cdot 10^{-3}$ , о.е.	0,01	0,006	0,0043
	$S_{(0)}$ , о.е.	0,9	1,0	0,8
Пусковые реакторы LR1, LR2 ( $K_{св}=0,5$ )	$I_n$ , кА	0,4	0,63	1,0
	$U_n$ , кВ	10	10	10
	$x_p$ , Ом	0,2	0,2	0,2
	$\Delta P_{ном ф}$ , кВт	6	8,5	7,8
Трансформаторы Т3, Т4	$S_n$ , МВА	25	40	63
	$U_n$ , кВ	120,75/10,5	117,87/10,5	115/10,5
	$u_k$ , %	10,5	10,5	10,5
Линия электропередачи W1	$L$ , км	120	140	150
	$x$ , Ом/км	0,43	0,42	0,42
	$r$ , Ом/км	0,13	0,11	0,11
Линия электропередачи W2	$L$ , км	80	90	100
	$x$ , Ом/км	0,43	0,42	0,42
	$r$ , Ом/км	0,13	0,11	0,11
Линия электропередачи W3	$L$ , км	25	40	35
	$x$ , Ом/км	0,41	0,41	0,39
	$r$ , Ом/км	0,17	0,21	0,11
Нагрузка	$S_n$ , МВА	30	45	70

Приложение № 4

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КОТОРЫЕ ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

1. Моделирование как метод познания объектов, процессов, явлений.
2. Понятие системы.
3. Классификация моделей.
4. Переменные в математических моделях
5. Адекватность и эффективность математических моделей.
6. Свойства объектов моделирования.
7. Математические модели на микроуровне.
8. Моделирование на макроуровне.
9. Моделирование на метауровне.
10. Этапы и методы математического моделирования.
11. Модели объектов электротехники.
12. Математические модели элементов электроэнергетических систем.
13. Модели основных элементов энергетической системы и системы в целом.
14. Математическая модель линии с распределенными параметрами.
15. Математические модели линии в виде схем замещения.
16. Упрощенные модели ЛЭП.
17. Математические модели силового трансформатора.
18. Г-образная и П-образная схемы замещения силового трансформатора.
19. Статические характеристики электрической нагрузки.
20. Моделирование генераторных узлов при расчетах статических режимов электроэнергетических систем.
21. Статические модели.
22. Математические модели объектов энергетики, сводящиеся к системам алгебраических уравнений.
23. Формирование и матричная запись уравнений установившегося режима электрических систем.
24. Узловые уравнения установившегося режима.
25. Учет особенностей систем линейных алгебраических уравнений при описании электрических систем.

26. Методы решения линейных уравнений. Метод Гаусса в алгебраической форме
27. Табличная форма метода Гаусса.
28. Метод триангуляции матриц.
29. Обращение матрицы узловых проводимостей.
30. Решение системы линейных уравнений в обращенной форме, область применения такого подхода.
31. Нелинейные модели установившихся режимов.
32. Особенности формирования математической модели при расчете коротких замыканий и установившихся режимов