

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Д. К. Кугучева

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 621.311

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
М. С. Харитонов

Кугучева, Д.К.

Математические задачи электроэнергетики: учеб.-методич. пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины «Математические задачи электроэнергетики» для студ. бакалавриата по направлению подгот. 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / **Д. К. Кугучева.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 36 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины содержится рекомендации по изучению теоретического материала и подготовке к практическим занятиям. Дано описание видов текущего контроля, критерии оценок и условия допуска к текущей и промежуточной аттестации.

Табл. – 4, рис. – 9, список литературы – 10 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 25.11.2022 г., протокол № 03

УДК 621.311

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Кугучева Д. К., 2022 г.

Оглавление

Введение	4
Текущая и промежуточная аттестация студентов	5
Критерии оценивания результатов освоения дисциплины	5
Структура учебно-методического пособия	6
1 Тематический план дисциплины	7
2 Содержание дисциплины.....	7
3 Методические указания по самостоятельной работе студентов	10
Заключение.....	12
Рекомендуемая литература.....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	14
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	24
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	34

Введение

Дисциплина «Математические задачи электроэнергетики» обеспечивает формирование у обучающихся готовности к использованию системы знаний в области электроэнергетики.

Целью освоения дисциплины является знакомство с основными принципами математических задач электроэнергетики.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных понятий, методов, приемов физико-математического аппарата и математического моделирования электроэнергетических режимов;
- приобретение навыков анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- формирование базовых знаний, умений и навыков для успешного (в т.ч. самостоятельного) освоения различных технологий и программно-вычислительных комплексов.

По завершении изучения дисциплины «Электрические станции и подстанции» у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

знать:

- основы проектирования электрических станций и подстанций;
- математические модели объектов электроэнергетики;
- методы составления схем замещения электроэнергетических систем и систем уравнений, описывающих процессы в этих системах;
- основы применения в электроэнергетических задачах численных методов решения систем алгебраических и дифференциальных уравнений;

уметь:

- ориентироваться в областях проектирования и эксплуатации;
- практически применять в работе конкретный математический аппарат при исследованиях, проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем;

владеть:

- навыками составления схем замещения электроэнергетических систем и расчета систем уравнений, описывающих процессы в этих схемах;
- методами математического и имитационного моделирования в профессиональной деятельности;
- методами расчета установившихся режимов электроэнергетических систем.

Текущая и промежуточная аттестация студентов

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

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

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- задания по темам практических занятий (Приложение 1);
- задания к практическим занятиям (задания приведены в соответствующем методическом пособии);
- задания по контрольной работе (Приложение 3);
- тестовые задания (Приложение 2).

Промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. Вопросы к зачету приведены в Приложении 4.

Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Устный опрос проводится на практических занятиях (по очной форме обучения) с целью уточнения правильного понимания рассматриваемых вопросов, оценивается как «верно» или «неверно».

Проверка выполнения индивидуальных практических заданий (для всех форм обучения) осуществляется по критерию: «зачтено» или «не зачтено». Задание считается невыполненным, если в результатах расчетов допущены грубые ошибки, повлиявшие на общий результат, использованы устаревшие (недействующие) нормативные документы, неправильно составлен рабочий чертеж (схема).

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).

Оценка контрольной работы определяется количеством допущенных в ней ошибок:

- «отлично» - ошибок нет;
- «хорошо» - не более трех расчетных ошибок;
- «удовлетворительно» - при четырех расчетных ошибках;

- «неудовлетворительно» - более четырех расчетных ошибок или наличие системной ошибки, приводящей итоговые результаты расчета к теоретически невозможным.

На аттестации положительная оценка («зачтено») выставляется студенту, успешно выполнившему все виды текущего контроля успеваемости и получившему положительные оценки по результатам тестирования. Студент, не выполнивший данные требования, получает оценку «не зачтено».

Структура учебно-методического пособия

Структура учебно-методического пособия представлена тематическим планом изучаемой дисциплины, содержащим: темы занятий; содержание занятий; указания для самостоятельной работы студентов по изучению отдельных тем; перечень вопросов, выносимых на зачет (промежуточную аттестацию). Также пособие содержит список рекомендованной литературы. Содержание и структура практических занятий изложены в учебно-методическом пособии по проведению практических занятий по дисциплине.

1 Тематический план дисциплины

Темы занятий приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Темы занятий по дисциплине

№ п/п	Темы занятий по дисциплине
1	Общие сведения, термины и определения
2	Построение математических моделей
3	Характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы
4	Преобразование математических моделей
5	Уравнения узловых напряжений
6	Методы решения линейных УУН

Примечание: Чтение лекций осуществляется традиционным способом с использованием технических средств обучения.

2 Содержание дисциплины

Тема 1. Общие сведения, термины и определения

Цель и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины. Задачи, возникающие при проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем. Понятие математического моделирования. Математические задачи и компьютерное моделирование в электроэнергетике. Некоторые сведения об электрических системах.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения):

Определение параметров электроэнергетических систем, понятие устойчивости в электроэнергетике, составление математических моделей отдельных элементов систем.

Форма проведения занятий по данной теме:

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов. Задания по практическим занятиям представлены в соответствующем методическом пособии. Номер необходимого к выполнению практического занятия в соответствии с методическим пособием задается преподавателем.

Тема 2. Построение математических моделей

Основные допущения. Понятие о расчетных условиях. Система относительных единиц. Основные принципы составления схемы замещения. Особенности расчета в именованных и относительных единицах.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения):

Определение схемы замещения, уравнения состояния линейной электрической сети, формирование матричных уравнений состояния электрической цепи.

Форма проведения занятий по данной теме:

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов. Задания по практическим занятиям представлены в соответствующем методическом пособии. Номер необходимого к выполнению практического занятия в соответствии с методическим пособием задается преподавателем.

Тема 3. Характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы

Математические модели электроэнергетических систем (ЭЭС), классификация моделей. Схемы замещения и математические модели линий электропередачи, трансформаторов и автотрансформаторов, токоограничивающих реакторов, синхронных и асинхронных машин.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения):

Задание нагрузок и систем при расчетах электроэнергетических режимов.

Форма проведения занятий по данной теме:

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов. Задания по практическим занятиям представлены в соответствующем методическом пособии. Номер необходимого к выполнению практического занятия в соответствии с методическим пособием задается преподавателем.

Тема 4. Преобразование математических моделей

Преобразование схем замещения. Приведение отдельных элементов ЭЭС к одной ступени напряжения. Особенности формирования математической модели при расчете коротких замыканий и установившихся режимов. Применение принципа наложения. Мощность короткого замыкания.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения):

Статические характеристики электрической нагрузки. Моделирование генераторных узлов при расчетах статических режимов электроэнергетических систем.

Форма проведения занятий по данной теме:

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов. Задания по практическим занятиям представлены в соответствующем методическом пособии. Номер необходимого к выполнению практического занятия в соответствии с методическим пособием задается преподавателем.

Тема 5. Уравнения узловых напряжений

Схема замещения электрических систем. Формирование и матричная запись уравнений установившегося режима электрических систем. Уравнения узловых напряжений (УУН) и их матричная запись. Матрица проводимостей. Электрическая сеть, как граф. Матрицы инциденции.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения):

Использование матриц инциденции при формировании и решении уравнений узловых напряжений.

Форма проведения занятий по данной теме:

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов. Задания по практическим занятиям представлены в соответствующем методическом пособии. Номер необходимого к выполнению практического занятия в соответствии с методическим пособием задается преподавателем.

Тема 6. Методы решения линейных УУН

Прямые методы решения УУН. Метод Гаусса в алгебраической форме. Метод триангуляции матриц. Решение линейных УУН с помощью обратной матрицы. Итерационные методы решения УУН. Метод простой итерации. Условия сходимости в методе простой итерации. Метод Зейделя.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения):

Условия сходимости в методе Зейделя.

Форма проведения занятий по данной теме:

Предусмотрены занятия лекционного (лекции) и семинарского (практические) типов. Задания по практическим занятиям представлены в соответствующем методическом пособии. Номер необходимого к выполнению практического занятия в соответствии с методическим пособием задается преподавателем.

3 Методические указания по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая работа, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, является одним из основных видов деятельности обучающихся.

Самостоятельная работа студентов включает в себя изучение лекционного материала и первоисточников, подготовку к практическим занятиям и сообщения, выступления на групповых занятиях, другие задания преподавателя, а также работу над курсовым проектом.

Целью самостоятельных занятий является более глубокое изучение студентами отдельных вопросов курса с использованием рекомендуемой дополнительной литературы и других информационных источников.

Задачами самостоятельной работы обучающихся являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать нормативную и справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности, творческой инициативы, ответственности и организованности.

Основными формами внеаудиторной самостоятельной работы, используемыми при изучении дисциплины «Математические задачи электроэнергетики», являются индивидуальные занятия, включающие:

- изучение программного материала дисциплины (работа с учебником и конспектом лекции);
- изучение и конспектирование рекомендуемых источников;
- работа с электронными информационными ресурсами (ЭИОС КГТУ) и ресурсами Internet;
- подготовка презентаций;
- работа с компьютерными программами;
- получение консультаций по вопросам изучаемой дисциплины (очно, в дни консультаций по расписанию; в любой доступной форме в электронной образовательной среде ЭИОС КГТУ и другими доступными способами);
- поиск (подбор) литературы (в том числе электронных источников информации) по заданной теме;
- подготовка к зачету.

Для подготовки к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации обучающиеся могут воспользоваться электронной библиотекой Университета, где имеется возможность получить доступ к учебно-методическим материалам как библиотеки Университета, так и иных электронных библиотечных систем. Также студенты могут взять на дом необходимую литературу на абонементе или воспользоваться читальным залом. Ответы на вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения), должны быть кратко законспектированы в тетради для лекций. При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется изучить лекционный материал, а также вопросы, выносимые для самостоятельного изучения.

Заключение

В настоящем учебно-методическом пособии даны рекомендации по изучению курса «Математические задачи электроэнергетики». Объем сведений, рассматриваемых в настоящем курсе, призван обеспечить лишь необходимый уровень знаний и умений студентов-бакалавров и предполагает значительный объем самостоятельной работы.

В данном пособии содержится рекомендации по изучению теоретического материала и подготовке к практическим занятиям. Полученные знания в области электроэнергетики, полученные с использованием данного курса, позволят будущим специалистам в дальнейшем успешно решать практические задачи в области электроэнергетики.

Рекомендуемая литература

1. Моделирование в электроэнергетике [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Ф. Шаталов, И. Воротников, М. Мастепаненко и др.; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ставропольский государственный аграрный университет. - Ставрополь: Агрус, 2014. - 140 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
2. Костин, В.Н. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург: Троицкий мост, 2015. - 304 с.
3. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. Учебник для вузов. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 592с.
4. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник для вузов / Л.А. Бессонов, 9-е изд. – Москва: Гардарики, 2001. – 317 с.
5. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для вузов / Л.А. Бессонов, 9-е изд. – Москва: Гардарики, 2001. – 638 с.
6. Мельников Н.А. Электрические сети и системы: учеб. / Н. А. Мельников, 2-е изд., стереотип. - Москва: Энергия, 1975. – 463 с.
7. Голубев, М. Л. Методы расчета токов короткого замыкания в распределительных сетях. – Москва: Энергия, 1967. – 59 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»)
8. Короткие замыкания и несимметричные режимы электроустановок: учебное пособие для студентов вузов / И.П. Крючков, В.А. Старшинов, Ю.П. Гусев, М.В. Пираторов. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2008. – 471 с.
9. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник для вузов / И.П. Крючков, В.А. Старшинов, Ю.П. Гусев, М.В. Пираторов; под ред. И.П. Крюčkова. – 2-е изд., стер. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. – 414 с.
10. Рекус, Г.Г. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники: учеб. пособие / Г.Г. Рекус, А.И. Белоусов. – изд. 2-е, перераб. - Москва: Директ-Медиа, 2014. – 417 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»)

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Моделирование: характеристика, определение, свойства
2. Области использования математических моделей
3. Принцип выполнения практического задания, основные этапы
4. ЛЭП: определение, виды, схема замещения, свойства
5. Уравнения длинной линии – физический смысл
6. Принцип выполнения практического задания, основные этапы
7. Свойства и математические модели ЛЭП
8. Режим передачи мощности по ЛЭП – физический смысл
9. Принцип выполнения практического задания, основные этапы
10. ЭЭС: определение, свойства, режимы
11. Задачи и способы анализа установившихся режимов
12. Формы линейных уравнений состояния – математическая запись и физический смысл
13. Принцип выполнения практического задания, основные этапы
14. Моделирование установившихся режимов ЭЭС: способы
15. Уравнения узловых напряжений: математическая запись и физический смысл
16. Принцип выполнения практического задания, основные этапы
17. Сосредоточенные математические модели макроуровня: определение, физический смысл
18. Дифференциальные уравнения переходного процесса: математическая запись и физический смысл
19. Алгебраический критерий Гурвица: математическая запись и физический смысл
20. Частотный критерий устойчивости Михайлова
21. Принцип выполнения практического задания, основные этапы

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

Вопрос 5. Отношение номинальных напряжений обмоток трансформатора называется

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. $z_{\text{эк}} = \frac{\sqrt{(x_1 + x_2)^2 + (r_1 + r_2)^2}}{\sqrt{x_1^2 + r_1^2} \cdot \sqrt{x_2^2 + r_2^2}}$
2. $z_{\text{эк}} = \frac{z_1 \cdot z_2}{\sqrt{z_1^2 + z_2^2}}$	4. $z_{\text{эк}} = \frac{z_1 \cdot z_2}{\sqrt{(x_1 + x_2)^2 + (r_1 + r_2)^2}}$

Вопрос 12. Схема замещения трехобмоточного трансформатора выполняется в виде

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

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

1. $X''_{*d} > X'_{*d} > X_{*d}$	3. $X''_{*d} < X'_{*d} < X_{*d}$
2. $X''_{*d} < X'_{*d} > X_{*d}$	4. $X''_{*d} > X'_{*d} < X_{*d}$

Вопрос 14. В начальный период 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

Вопрос 15. При трехфазном КЗ ток КЗ определяется фазным напряжением U_{ϕ} и результирующим полным сопротивлением Z_{Σ} одной фазы. Расчет выполняется по соотношению

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 конструкцию 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

<i>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</i>	
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

<i>Вопрос 8. Короткое замыкание в электроустановке, при котором все ее фазы находятся в одинаковых условиях, относится к</i>	
1. Симметричным	3. Неизменяющимся
2. Устойчивым	4. Установившимся коротким замыканиям

<i>Вопрос 9. Короткое замыкание в электроустановке, при котором амплитуды периодической составляющей тока данного источника энергии в начальный и произвольный моменты времени практически одинаковы, считается</i>	
1. Удаленным	3. Изменяющимся
2. Неустойчивым	4. Близким коротким замыканием

<i>Вопрос 10. Активное и индуктивное сопротивления первичной обмотки трансформатора тока определяют</i>	
1. По справочным данным	3. $r_{\text{тр}} = r_0 \cdot l; \quad x_{\text{тр}} = x_0 \cdot l;$
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 $x_0 = 0,1445 \cdot \lg \frac{h}{4 \cdot a_{\text{ср}}}$

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

<i>Вопрос 12. В качестве основной ступени напряжения при расчетах токов и напряжений в электрических схемах принимают</i>	
1. Наивысшее напряжение системы	3. Напряжение в месте КЗ
2. Генераторное напряжение	4. Любое

<i>Вопрос 13. Реактивное сопротивление обмотки среднего напряжения трехобмоточного трансформатора обычно равно</i>	
1. Реактивному сопротивлению обмотки высокого напряжения	3. Реактивному сопротивлению обмотки низкого напряжения
2. Нулю	4. Бесконечности

<i>Вопрос 14. Схема замещения сдвоенного токоограничивающего реактора 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 15. После окончания 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

Вариант № 3

<i>Вопрос 1. Режим, наступающий после аварийного отключения какого-либо элемента системы, называется</i>	
1. Нормальный установившийся	3. Номинальный
2. Послеаварийный установившийся	4. Переходно-установившийся

<i>Вопрос 2. Расчет установившегося режима позволяет</i>	
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

<i>Вопрос 3. Электрическая сеть - 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 4. Электростанция, на которой значительная часть тепловой энергии передается по трубам потребителям и используется непосредственно в технологических процессах, называется</i>	
1. Конденсационные	3. Газотурбинные
2. Теплоэлектроцентрали	4. Нетрадиционные типы электрогенерирующих станций

<i>Вопрос 5. участок электрической сети, в котором ток в любой точке имеет одно и то же значение (действующее), называется</i>	
1. Узел	3. Контур
2. Граф	4. Ветвь

<i>Вопрос 6. Соответствует процессам, связанным с созданием электромагнитного поля в схеме замещения ЛЭП</i>	
1. Активная составляющая проводимости	3. Активное сопротивление
2. Реактивное сопротивление	4. Реактивная составляющая проводимости

<i>Вопрос 7. Активное и индуктивное сопротивления трансформатора определяются для одной фазы следующим образом</i>	
1. Из опыта холостого хода	3. Через активную проводимость
2. Через ток и номинальное напряжение обмотки трансформатора	4. Из опыта короткого замыкания

<i>Вопрос 8. Удаленным КЗ считается короткое замыкание в электроустановке, при котором амплитуды периодической составляющей тока данного источника энергии в начальный и произвольный момент времени</i>	
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–ноль	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 реактивными 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 реактивными сопротивлениям установившегося режима

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

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 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)

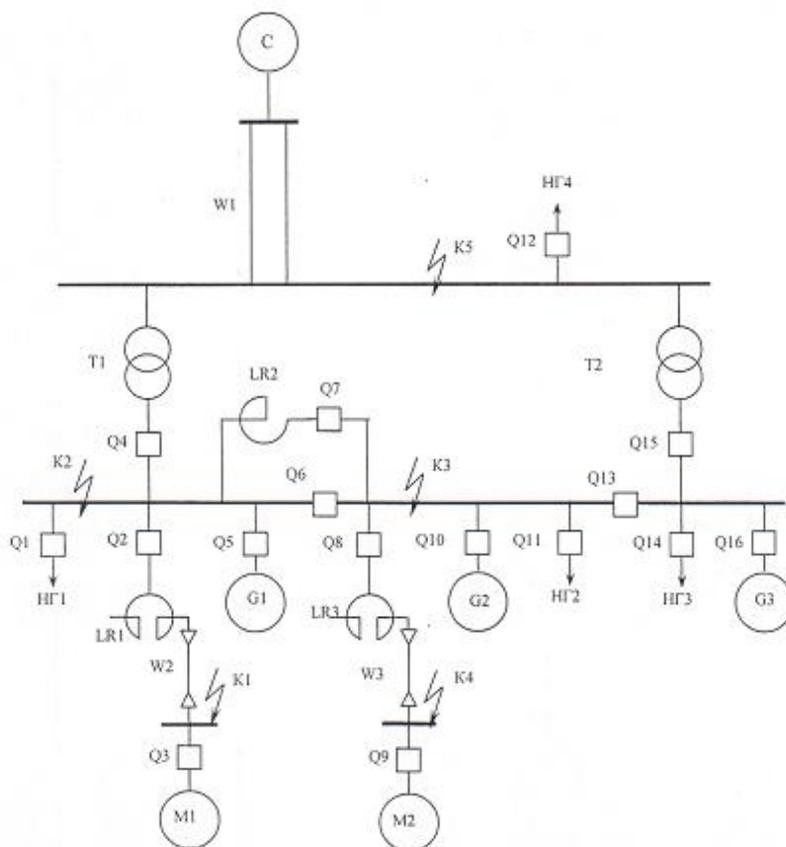


Рисунок 1 – Исходная схема № 1

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 оборудова-	1	2	3
		ния № 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 ($K_{CB}=0,5$)		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 электропереда- чи 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 дви- гатели M1, M2		P_H , МВт	2	3,2	4
		U_H , кВ	6	6	6
		$\cos\varphi$	0,9	0,9	0,91
		I_{II}/I_H	5,5	6,4	5,8
		M_{II}/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

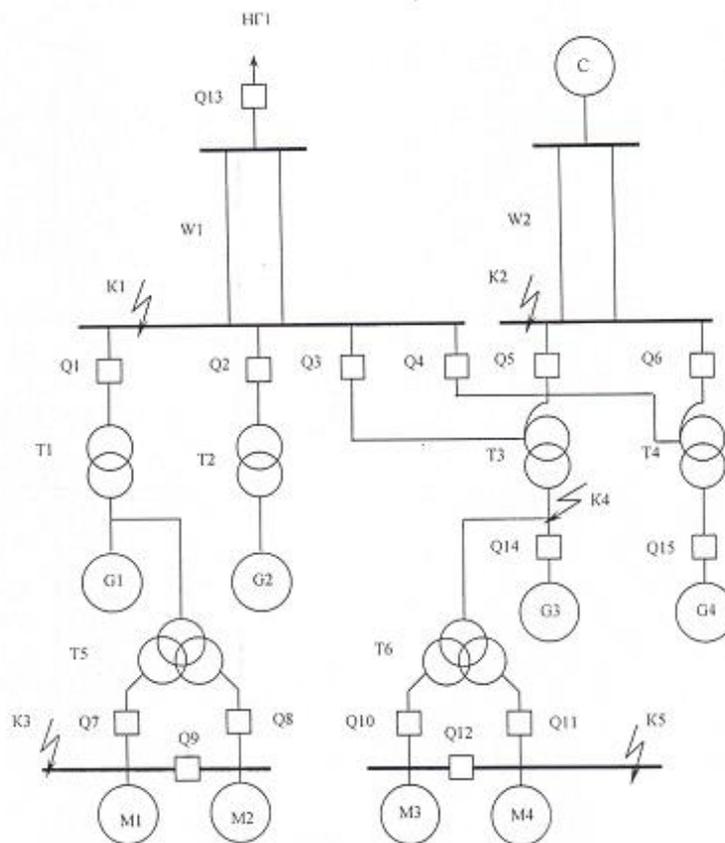


Рисунок 2 – Исходная схема № 2

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

№ варианта	Точка КЗ	Включены выключатели Q
1	K1	1, 4, 6, 7, 8, 13, 15
2	K1	3, 4, 5, 6, 13, 14, 15
3	K2	5, 10, 11, 14
4	K2	5, 6, 10, 11, 14, 15
5	K4	5, 10, 11, 14
6	K4	5, 6, 10, 11, 14, 15
7	K3	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 электро- передачи 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_{II}/I_H	5,6	6,4	5,6
	M_{II}/M_H	0,8	0,9	0,75
	$P_{(0)}/P_H$	0,9	0,7	0,8
Линия электро- передачи 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
	$u_{кчн}$, %	20	20	17,5
Нагрузка НГ1	S_H , МВА	100	200	300

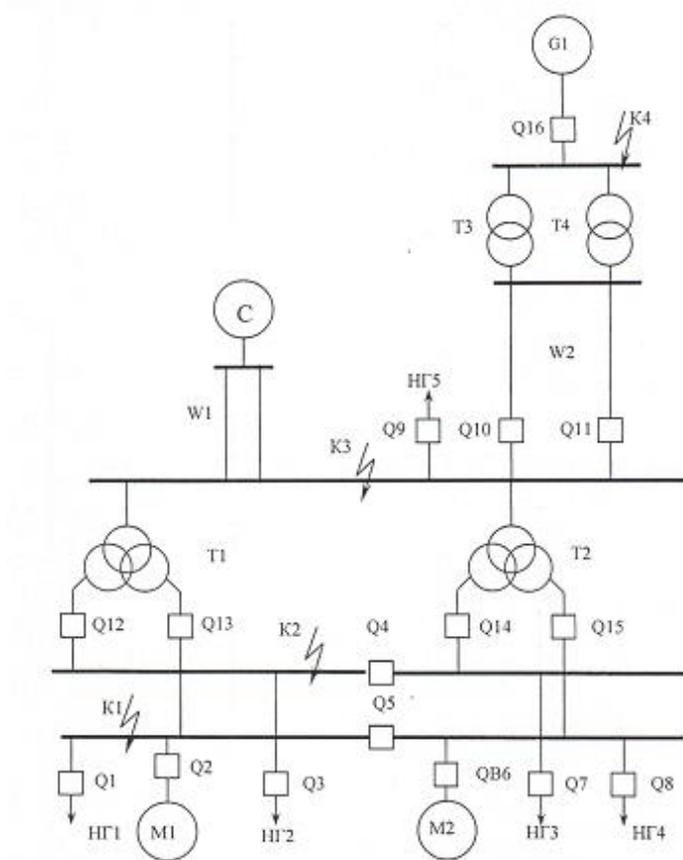


Рисунок 3 – Исходная схема № 3

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 № ва- рианта	1	2	3	
		Генератор G1	P_H , МВт	32	32
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	
Трансформа- торы Т1, Т2	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	
Трансформа- торы Т3, Т4	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 электро- передачи 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 электро- передачи 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_{II}/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

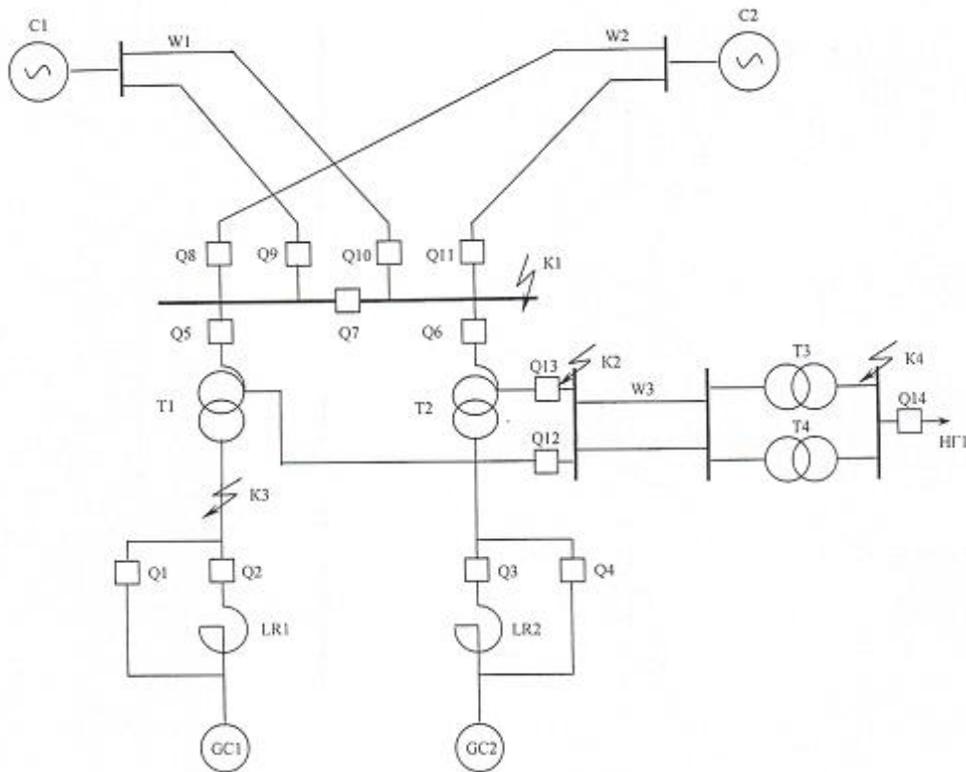


Рисунок 4 – Исходная схема № 4

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 оборудо- вания	1	2	3
	№ варианта			
Автотрансформа- торы T1, T2	S_H , МВА	125	160	200
	U_H , кВ	230/128,2/11	230/125,8/11	230/118,6/11
	$u_{квс}$, %	11	11	11
	$u_{квн}$, %	31	32	32
	$u_{кчн}$, %	19	20	20
Синхронные ком- пенсаторы CG1, CG2	S_H , МВА	32	50	75
	U_H , 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 реак- торы LR1, LR2 ($K_{св}=0,5$)	I_H , кА	0,4	0,63	1,0
	U_H , кВ	10	10	10
	x_p , Ом	0,2	0,2	0,2
	$\Delta P_{ном \phi}$, кВт	6	8,5	7,8
Трансформаторы T3, T4	S_H , МВА	25	40	63
	U_H , кВ	120,75/10,5	117,87/10,5	115/10,5
	u_k , %	10,5	10,5	10,5
Линия электропе- редачи 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 электропе- редачи 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 электропе- редачи 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_H , МВА	30	45	70

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

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

Локальный электронный методический материал

Дарья Константиновна Кугучева

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание
Уч.-изд. л. 2,6. Печ. л. 2,3

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1