

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Электрическая энергия является наиболее универсальным видом энергии. Она очень просто и экономично может быть преобразована в другие виды энергии – тепловую, механическую, световую и т.д. Электрическая энергия находит постоянное применение в устройствах автоматики, электроники и т.п., без которых немислимы современные аппараты и технические сооружения. Поэтому в настоящее время электрическая энергия весьма широко используется во всех отраслях промышленности.

Доставка электроэнергии потребителю осуществляется по электрическим сетям разного номинального напряжения. Электрические сети объединены между собой в электрические системы, куда включены также источники мощности – электрические станции. Электрическим сетям каждого номинального напряжения присущи свои особенности. Линии электропередачи сверхвысокого напряжения (330 кВ– 500 кВ – 750 кВ– 1150 кВ) в связи со спецификой их расчетов изучаются в отдельной дисциплине. В настоящем курсе охватываются особенности расчетов электроэнергетических систем и сетей напряжением 220 кВ и ниже, а также и сети более высоких напряжений, если схемы замещения электропередач сверхвысокого напряжения приведены к П-образным.

Целью изучения дисциплины является знакомство с матричными методами расчетов режимов электрических сетей, когда необходимо выполнять расчеты при большом числе узлов нагрузки – до нескольких сотен. Даются методы совместного расчета режимов электрических сетей с разными номинальными напряжениями, регулирование частоты, перетоков мощности. Изучаются методы расчетов несимметричных режимов, элементы технико-экономических расчетов.

Задачей изучения дисциплины является освоение студентами современных методов расчета с использованием ПЭВМ режимов работы электрических сетей разных номинальных напряжений, приобретение навыков выбора экономически обоснованных решений по сооружению электрических сетей и отдельных электропередач с учетом разновременности расходов и доходов, учет фактора надежности, изучение практических возможностей использования современной вычислительной техники для проектирования, расчетов и управления режимами электроэнергетических систем.

Дисциплина базируется на предшествующих электротехнических дисциплинах, таких, как "Передача и распределение электроэнергии", "Электрические машины", "Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения" и др., тесно связана с параллельно изучаемыми дисциплинами: "Электрические станции и подстанции", "Основы электроснабжения промышленных предприятий" и в свою очередь является базой для последующих дисциплин специальности.

## **ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ НАД ДИСЦИПЛИНОЙ “ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ”**

Работа студента над дисциплиной “Электроэнергетические системы и сети” складывается из следующих элементов: самостоятельное изучение разделов и тем курса по учебникам и учебным пособиям с последующей самопроверкой и решением типовых задач; индивидуальные консультации; выполнение курсового проекта; посещение лекций; сдача экзамена по всей дисциплине.

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА С КНИГОЙ**

Начинать изучение курса необходимо с рассмотрения его содержания по программе, затем приступить к рассмотрению отдельных тем. Сначала знакомятся с содержащимися в данной теме вопросами, их последовательностью, а затем уже приступают к изучению содержания темы. При первом чтении необходимо получить общее представление об излагаемых вопросах. При повторном чтении необходимо вести конспект, в который заносить основные понятия рассматриваемой темы, математические зависимости; важнейшие формулы и уравнения. По возможности старайтесь систематизировать материал, представляйте его в виде красочных графиков, схем, диаграмм, таблиц – это облегчает запоминание материала и позволяет легко восстановить его в памяти при повторном обращении. Не старайтесь наполнить конспект отдельными фактами и цифрами, их всегда можно отыскать в соответствующих справочных материалах. Переходить к изучению новой темы следует только после полного изучения теоретических вопросов, выполнения самопроверки и решения задач по предыдущей теме.

### **САМОПРОВЕРКА**

Закончив изучение темы, ответьте на вопросы для самопроверки, которые акцентируют внимание на наиболее важных вопросах темы. При этом старайтесь не пользоваться конспектом или учебником. Частое обращение к конспекту показывает недостаточное усвоение основных вопросов темы. Необходимость частого обращения к учебнику показывает неумение правильно конспектировать основные понятия и закономерности темы. Внесите коррективы в конспект, который впоследствии поможет при повторении материала в период подготовки к экзамену.

### **ВЫПОЛНЕНИЕ УПРАЖНЕНИЙ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ**

Для более прочного усвоения теоретического материала после самопроверки необходимо выполнить упражнения и решить задачи по пройденной теме. Для этого по всем основным темам приводится литература, указываются страницы учебника и номера задач для решения. При этом, как правило, указываются примеры решения типовых задач.

## **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА И КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

В процессе изучения курса “Электроэнергетические системы и сети” студент должен выполнить контрольную работу в 9 семестре и курсовой проект в 10 семестре. Контрольная работа и курсовой проект должны выполняться самостоятельно, поскольку они являются формой методической помощи студентам при изучении дисциплины. Преподаватель-рецензент указывает студенту на недостатки в усвоении им материала курса.

Варианты контрольной работы и курсового проекта приведены в конце настоящего пособия.

## **КОНСУЛЬТАЦИИ**

При возникновении затруднений при изучении теоретической части курса, поиске ответов на вопросы для самопроверки или решении задач следует обращаться за консультацией к преподавателю. При этом необходимо точно указать вопрос, вызывающий затруднение, место в учебнике, где он разбирается.

## **ЛЕКЦИИ**

В период установочной или лабораторно-экзаменационной сессии студентам читаются лекции обзорного характера, на которых проводится обзор наиболее важных тем и разделов курса, а также рассматриваются вопросы, недостаточно полно или точно освещенные в учебной литературе или вызывающие затруднения у большого числа студентов.

## **ЭКЗАМЕН**

По дисциплине “Электроэнергетические системы и сети” предусмотрен экзамен в восьмом семестре. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие контрольную работу. Контрольная работа, зачтенная преподавателем, предъявляется экзаменатору. При сдаче экзамена необходимо показать знание предмета в объеме программы, умение решать задачи, а также давать пояснения по существу выполненного задания.

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СД.Ф.3**  
**“ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ”**  
**Для студентов заочной формы обучения**

**1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина является одной из базовых при подготовке дипломированных инженеров специальности 140205.65 "Электроэнергетические системы и сети" для студентов заочной формы обучения. Целью дисциплины является изучение основных технических и экономических проблем передачи и распределения электроэнергии; схемы электрических сетей, режимы работы, требования к выбору и применению в электроэнергетических системах (ЭЭС) основного оборудования линий электропередач (ЛЭП) переменного и постоянного тока и преобразовательных подстанций (ПС); освоение методов и специфики расчета режимов сетей; основные методы и способы регулирования напряжения в ЭЭС.

**2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Студенты должны знать технические и экономические основы передачи и распределения электроэнергии, делать выбор основного электрооборудования ЛЭП и ПС, знать статистические характеристики и методы задания электрических нагрузок ЛЭП и узлов электрических сетей, уметь выполнять расчеты режимов различных видов сетей, знать особенности расчета установившихся режимов сложных электрических сетей, делать выбор основного электрооборудования, обосновывать выбор схем электрических сетей.

**3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ**

Семестры	Экзамены	Контрольные работы	Курсовые проекты	Часы учебных занятий				
				Всего	Лекции	Практика	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
9	1	1	–	150	10	4	4	72
10	–	–	1	–	–	–	–	60

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ**

Лекция 1. "Технико-экономические расчеты в ЭЭС" (2 часа).

Лекция 2. "Расчеты рабочих режимов сложных электрических сетей с применением методов матричной алгебры. Нелинейные уравнения установившегося режима" (2 часа).

Лекция 3. "Особые режимы электрических сетей" (2 часа).

Лекция 4. "Неполнофазные режимы" (2 часа).

Лекция 5. "Качество электрической энергии. Регулирование режимов в ЭЭС" (2 часа).

#### **5. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Практическое занятие № 1. Описание схем замещения с помощью матриц соединения. Работа с матрицами. Составление линейных уравнений установившегося режима. Итерационные методы решения уравнений (2 часа).

Практическое занятие № 2. Составление схем замещения при несимметричных режимах. Расчет неполнофазных режимов без учета емкостей линий (2 часа).

#### **6. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**

Лабораторное занятие 1. Расчет режима ЭЭС с разными номинальными напряжениями (2 часа).

Лабораторное занятие 2. Расчет неполнофазных режимов электрической сети (2 часов).

#### **7. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА**

Программа курса "Электроэнергетические системы и сети" состоит из семи разделов. Ниже по каждому разделу приводятся ссылки на литературу, в которых излагается данная тема, а также вопросы для самостоятельного изучения с номерами глав учебников. Далее приводятся вопросы для самопроверки, на которые следует отвечать после изучения каждой темы.

##### **Раздел 1. Основы проектирования электрических сетей**

*Материал, выносимый на лекции*

Технико-экономические основы проектирования электрических сетей. Выбор схем построения сети, критерии выбора оптимального варианта, алгоритм выбора. Учет фактора надежности при проектировании электрических сетей. Выбор сечения проводов и кабелей в сетях различных назначений и номинальных напряжений. Мероприятия по снижению потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях.

*Рекомендуемая литература для углубленной проработки материала:*

1. Лыкин А.В. Электрические системы и сети. Учебное пособие. – М.: Университетская книга; Логос, 2006. – 254 с.
2. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов-н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с.
3. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592с.
4. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 352 с.

*Материал для самостоятельного изучения*

Режимы заземления нейтрали распределительных сетей. Выбор сечений кабелей в сетях различных назначений и номинальных напряжений.

*Литература для самостоятельного изучения*

Электрооборудование Электрических станций и подстанций. Л.Д. Рожкова, Л.П. Карнеева, Т.В. Чиркова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 448 с. Гл. 1.5

Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов-н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 720 с. Гл. 12.7 – 12.9

*Вопросы для самоконтроля*

- Какие вопросы решаются при проектировании схемы электрической сети?
- Как выбирается конфигурация проектируемой электрической сети?
- Какие существуют типы конфигурации схем электрической сети?
- Какие факторы следует учитывать при выборе варианта развития электрической сети?
- Как определяется капитализированная стоимость потерь в электрической сети?
- По какой формуле определяются полные затраты на сооружение и эксплуатацию электрической сети?
- Какие существуют способы выбора номинального напряжения ЛЭП?
- Какие ограничения необходимо учитывать при выборе сечений проводов ЛЭП?

## Раздел 2. Расчеты рабочих режимов сложных электрических сетей с применением методов матричной алгебры

### *Материал, выносимый на лекции*

Основы расчета нормальных режимов сложных электрических сетей методами матричной алгебры. Описание схем с помощью матриц соединения. Закон Ома в матричной форме, законы Кирхгофа. Расчет режима электрической сети «прямым» методом и методом узловых напряжений. Расчеты токораспределения методом контурных токов. Итерационный метод решения узлового уравнения. Итерационные методы.

### *Рекомендуемая литература для углубленной проработки материала:*

1. Лыкин А.В. Электрические системы и сети. Учебное пособие. – М.: Университетская книга; Логос, 2006. – 254 с.
2. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
3. Электрические системы. Т.2. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 1971. – 440 с.
4. Электрические системы в примерах и иллюстрациях / Под ред. В.А.Веникова. М.: Высшая школа, 1983, 504 с.

### *Материал для самостоятельного изучения*

Преобразование сети и исключение узлов; расчеты однородных сетей; учет слабой заполненности матриц; методы эквивалентирования сети.

### *Литература для самостоятельного изучения*

Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Гл. 10.3 ÷ 10.5  
Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

### *Вопросы для самоконтроля*

Из каких элементов состоит граф электрической сети?

Какие матрицы используются для моделирования топологии схем электрических сетей?

Запишите первый закон Кирхгофа в матричной форме.

Как составить матрицу узловых проводимостей?

Какой узел в схеме сети называется балансирующим?

Какой узел в схеме сети называется базисным?

Какими методами можно решить линейные уравнения установившегося режима?

Каким образом можно перейти к уравнениям установившегося режима, которые содержат только вещественные переменные?

### Раздел 3. **Нелинейные уравнения установившегося режима**

#### *Материал, выносимый на лекции*

Причины нелинейности уравнений режима. Формы записи нелинейных уравнений. Решение уравнений методом Гаусса. Применение метода Зейделя для решения нелинейных уравнений узловых напряжений.

#### *Рекомендуемая литература для углубленной проработки материала:*

1. Лыкин А.В. Электрические системы и сети. Учебное пособие. – М.: Университетская книга; Логос, 2006. – 254 с.
2. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
3. Электрические системы в примерах и иллюстрациях / Под ред. В.А.Веникова. М.: Высшая школа, 1983, 504 с.

#### *Материал для самостоятельного изучения*

Решение нелинейных уравнений режима электрической сети методом Ньютона.

#### *Литература для самостоятельного изучения*

- Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с. Гл. 9.7

#### *Вопросы для самоконтроля*

Как из нелинейных уравнений узловых напряжений узловых напряжений в форме баланса узловых токов получить уравнения в форме баланса мощностей?

Каковы достоинства и недостатки решения нелинейных уравнений узловых напряжений при применении на каждом шаге методов Гаусса и матрицы  $Z_y$ ?

Каковы достоинства и недостатки способа ускорения по методу Зейделя?

В чем суть метода Ньютона и какова область его применения?

Что такое сходимость итерационного процесса и какой метод обладает наиболее надежной сходимостью?

### Раздел 4. **Особые режимы электрических сетей**

#### *Материал, выносимый на лекции*

Причины возникновения несимметрии параметров режима. Искажения синусоиды тока и напряжения в электрических сетях. Особенности расчета несимметричных режимов, фазные и симметричные координаты. Параметры элементов сети и составление схем замещения при несимметричных режимах.

#### *Рекомендуемая литература для углубленной проработки материала:*

- 1 Евдокунин Г.А. Электрические системы и сети – С-Пб: Издательство Сизова М.П., 2001, 304 с.



2. Электрические системы. Т.2. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 1971. – 440 с.

3. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

*Материал для самостоятельного изучения*

Источники несимметрии и несинусоидальности в электрических сетях.

*Литература для самостоятельного изучения*

Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989, 592с. Гл. 11.1.

*Вопросы для самоконтроля*

Какие режимы называют особыми и почему их надо рассчитывать?

Как записать уравнение установившегося режима для участка трехфазной линии при несимметричной нагрузке?

В чем преимущества и недостатки применения симметричных составляющих и фазных координат для расчета несимметричных режимов?

В чем состоят основные принципы расчетов режимов при несинусоидальных токах нагрузки?

**Раздел 5. Неполнофазные режимы**

*Материал, выносимый на лекции*

Расчет режима работы линии при обрыве одной и двух фаз. Методы симметрирования параметров режима в электрических сетях, симметрирующий эффект батареи статических конденсаторов.

*Рекомендуемая литература для углубленной проработки материала:*

1 Евдокунин Г.А. Электрические системы и сети – С-Пб: Издательство Сизова М.П., 2001, 304 с.

2. Электрические системы. Т.2. Электрические сети / Под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 1971. – 440 с.

3. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

4. Авербух А.М. Решение задач по неполнофазным режимам и сложным видам коротких замыканий. – Л.: «Энергия», 1972. – 160 с.

*Материал для самостоятельного изучения*

Учет емкости ЛЭП при неполнофазных режимах.

*Литература для самостоятельного изучения*

Авербух А.М. Решение задач по неполнофазным режимам Гл. 2

и сложным видам коротких замыканий. – Л.: «Энергия»,  
1972. – 160 с.

#### *Вопросы для самоконтроля*

В чем принципиальное отличие схем замещения электрической сети при отключении одной и при отключении двух фаз?

Каким параметром можно описать степень несимметрии режима?

В чем заключается принцип симметрирования режима?

### **Раздел 6. Регулирование качества электрической энергии**

#### *Материал, выносимый на лекции*

Взаимосвязь изменений частоты, напряжений, активных и реактивных мощностей в системе. Условия обеспечения нормальных значений частоты и напряжений в сетях электроэнергетической системы. Характеристики зависимости активной и реактивной мощностей потребителей от частоты и напряжения.

#### *Рекомендуемая литература для углубленной проработки материала:*

1. Лыкин А.В. Электрические системы и сети. Учебное пособие. – М.: Университетская книга; Логос, 2006. – 254 с.

2. Маркович И.М. Режимы энергетических систем. – М.: Энергия, 1969. – 352 с.

#### *Материал для самостоятельного изучения*

Автоматическое регулирование частоты и активной мощности.

#### *Литература для самостоятельного изучения*

Веников В.А. Оптимизация режимов Гл. 6.9  
электростанций и энергосистем. – М.:  
Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

#### *Вопросы для самоконтроля*

Какие составляющие входят в баланс активных и реактивных мощностей в ЭЭС?

Какие отклонения частоты в ЭЭС допускаются государственным стандартом?

Что происходит с частотой в ЭЭС при снижении генерируемой активной (реактивной) мощности?

Что происходит с напряжением на шинах станции при снижении генерируемой активной (реактивной) мощности?

Какие электроприемники в основном потребляют реактивную мощность?

## Раздел 7. Регулирование режимов в ЭЭС

### *Материал, выносимый на лекции*

Первичное регулирование частоты в энергосистеме. Принцип действия регулятора скорости турбины. Статизм характеристики регулятора частоты. Вторичное регулирование частоты. Участие электростанций различного типа в покрытии суммарной нагрузки энергосистем.

### *Рекомендуемая литература для углубленной проработки материала:*

1. Лыкин А.В. Электрические системы и сети. Учебное пособие. – М.: Университетская книга; Логос, 2006. – 254 с.
2. Маркович И.М. Режимы энергетических систем. – М.: Энергия, 1969. – 352 с.
3. Веников В.А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

### *Материал для самостоятельного изучения*

Типы компенсирующих устройств, используемых в ЭЭС.

Повышение качества первичного и вторичного регулирования частоты электрического тока в ЕЭС России.

### *Литература для самостоятельного изучения*

Лыкин А.В. Электрические системы и сети. Гл. 4.7  
Учебное пособие. – М.: Университетская книга;  
Логос, 2006. – 254 с.

Официальный сайт ОАО «Системный оператор  
– Центральное диспетчерское управление Единой  
энергетической системы» <http://www.socdu.ru/>

### *Вопросы для самоконтроля*

Какую мощность изменяют на электростанции, чтобы регулировать частоту в ЭЭС?

Под действием какого регулятора выполняют первичное регулирование частоты?

С какой целью осуществляют вторичное регулирование частоты?

Каким требованиям должна удовлетворять станция, выбираемая в ЭЭС в качестве ведущей?

Каким образом производится восстановление частоты в ЭЭС при отсутствии достаточного резерва мощности?

Какое назначение имеют компенсирующие устройства в ЭЭС?

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из двух частей: 1) расчет полнофазного режима электрической сети электроэнергетической системы заданного района; 2) расчет неполнофазного режима работы электроэнергетической системы. Первая часть курсового проекта выполняется студентом в 9-м семестре и сдается в качестве контрольной работы. Вторая часть выполняется в 10 семестре и в совокупности с первой частью студент представляет выполненный курсовой проект.

В контрольной работе необходимо выполнить расчет полнофазного режима электрической сети электроэнергетической системы заданного района. Расчеты выполняются с использованием программы "OPTIMA32.exe", устанавливаемой на ПЭВМ. Все вычисления могут быть выполнены в дисплейном классе кафедры ЭСиС. По желанию студента ему может быть передана программа для выполнения индивидуальных расчетов, для чего следует в установленном порядке переписать программу на свою дискету. Исходные данные после их ввода хранятся в файле "DATA.IBR". Результаты расчетов записываются в файл "report.doc", который должен быть отдельно запрошен для вывода результатов на экран или для их печати.

Значения мощности генерирующих источников вводятся со знаком "+", т.е. знак можно опускать; значения мощности узлов нагрузки вводятся со знаком "-".

Балансирующим и одновременно базисным узлом является подстанция "А" электрической сети (рис. 1) входящая в состав объединенной электроэнергетической системы.

Источниками ЭДС учитывается изменение коэффициента трансформации у трансформаторов в симметричных режимах. При номинальных коэффициентах трансформации значения ЭДС равны нулю.

Нейтрали автотрансформаторов заземлены. На подстанциях потребителей установлены по два трансформатора, число заземленных нейтралей приведено в таблице исходных данных для расчета (табл. 1).

Выбор генератора точки А осуществлять по условию генерации мощности, необходимой для покрытия нагрузки потребителей за вычетом мощностей питающих узлов с учетом потерь мощности в ЭЭС. Наличие регулятора напряжения учитываются нулевыми значениями сопротивлений блока генератор-трансформатор.

Для расчета несимметричного режима выделенного участка электрической сети необходимо предварительно составить схему замещения для каждой последовательности и рассчитать значения элементов схемы замещения. После чего необходимо с использованием программы "OPTIMA32.exe" рассчитать результирующие сопротивления относительно места несимметрии для каждой последовательно в отдельности. Для этого вводится с помощью матрицы соединений схема замещения одной из

последовательностей, в месте несимметрии включается источник ЭДС. Его значение для схем обратной и нулевой последовательностей может быть принято произвольным, рекомендуется – 100 кВ. Сопротивления трансформаторов вводятся также как и для линий электропередачи (программа их не различает), но в строке запроса "Длина электропередачи" вводится единица –1 (км). Из файла "report.doc" находится результирующий ток в месте несимметрии и по закону Ома находится результирующее сопротивление соответствующей последовательности.

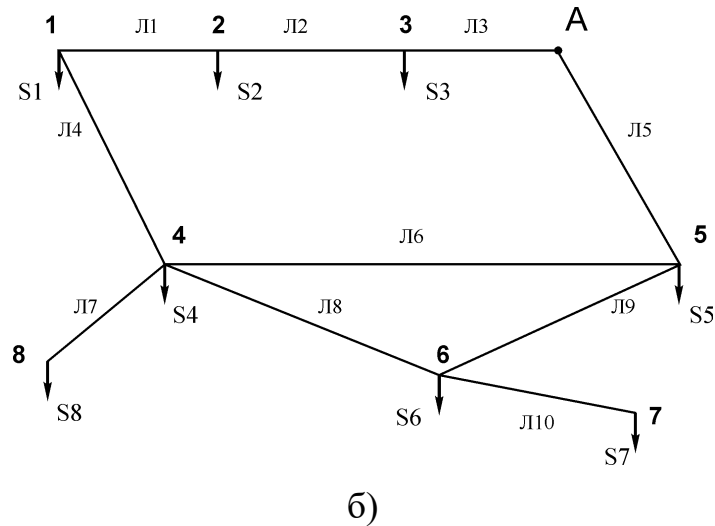
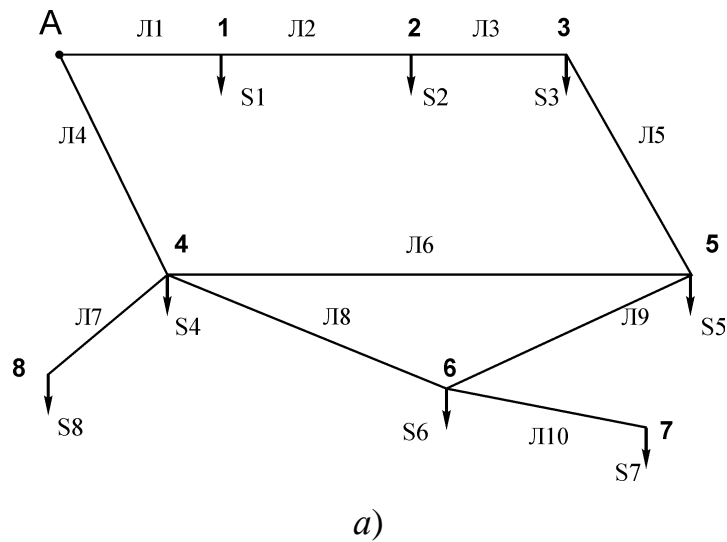


Рис. 1. Варианты схемы электрической сети

После определения всех сопротивлений по известным формулам следует определить все последовательности тока в месте несимметрии и полный ток в каждой фазе.

Для нахождения токов и напряжений на зажимах генератора необходимо двигаться от места появления несимметрии (обрыва) к месту присоединения генератора по схемам замещения, последовательно определяя токи в ветвях и напряжения в узлах с использованием законов Кирхгофа и Ома.

Выбор мощности автотрансформаторов связи выполняется исходя из трансформируемых мощностей на подстанциях 4 и 5.

Критерием правильности выбранных сечений служат два требования:

- плотность тока в режиме максимальных нагрузок не должна превосходить значение  $1,1 \text{ А/мм}^2$ ;
- в аварийном режиме ток в линии электропередачи не должен превосходить допустимый.

Характерными разделами курсового проекта и ориентировочные значения их относительно объема (по трудозатратам) являются следующие:

- ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями, формирование конкретных условий, задач и плана выполнения проекта – 5 %;
- подготовка исходных данных для расчета нормальных режимов – 5 %;
- овладение алгоритмом и программой автоматизированного расчета режимов ЭЭС на ПЭВМ – 15 %;
- расчеты параметров нормальных режимов работы сети – 35 %;
- подготовка схемы замещения для расчета неполнофазного режима выделенного участка электрической сети – 10 %;
- расчет неполнофазного режима – 20 %;
- выполнение графической части проекта – 10 %.

В указанные выше объемы разделов проекта входят и трудозатраты на написание и корректировку (по рекомендациям преподавателей) материалов расчетно-пояснительной записки. Необходимо иметь в виду трудоемкость этой работы, составляющей не менее 5 % общего рабочего времени, затрачиваемого студентами на выполнение проекта.

## **ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ И КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ** **ТЕМА "РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ** **ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ"**

Контрольная работа является первой частью курсового проекта и включает в себя разделы 1÷5 согласно п. А, разделы 1÷4 по п. Б и один чертеж – по п. В.

### **А. Исходные данные на проектирование:**

1. Электроснабжение потребителей электроэнергии в узлах нагрузки возможно осуществить от пункта питания "А" энергосистемы и от электрических станций, входящих в ЭЭС. Географическое расположение подстанции "А" и узлов электрической сети дано на рис. 1 а), б).

2. При расчетах симметричных режимов потерями мощности в трансформаторах пренебречь. Первоначально принять, что автотрансформаторы на подстанциях 4 и 5 работают с номинальными коэффициентами трансформации.

3. Мощность автотрансформаторов связи (по два на подстанциях 4 и 5) выбрать исходя из расчета максимального режима электрической сети (не менее 0,7 от полной мощности нагрузки).

4. В качестве аварийного симметричного режима рассмотреть отключение наиболее нагруженной из двух линий Л1 и Л4 (вариант а) и Л3 и Л5 (вариант б).

5. Уточненный расчет нормального режима проводится при измененных сечениях проводников и измененных коэффициентах трансформации автотрансформаторов. Учет изменения коэффициентов трансформации осуществляется путем добавления в ветви 4 и 5 ЭДС  $\Delta E_a = \Delta E \cdot \cos \varphi$  и  $\Delta E_p = \Delta E \cdot \sin \varphi$ , где  $\varphi$  – фазный угол напряжения в соответствующем узле,  $\Delta E \approx n_{\text{тд}} \frac{\Delta U_{\text{тд}}}{100} U_{\text{н}} \cdot 10^{-3}$ ,  $n_{\text{тд}}$  – номер регулировочного ответвления автотрансформатора.

6. Для проведения расчета неполнофазного режима необходимо предварительно выбрать генератор и трансформатор для питающего узла А. Выбор генератора осуществлять по условию генерации мощности, необходимой для покрытия нагрузки потребителей за вычетом мощностей питающих узлов. При этом необходимо учесть потери в энергосистеме.

7. Перед проведением расчета неполнофазного режима осуществляется расчет рабочего режима с целью определения вектора ЭДС  $\dot{E}$  генератора.

8. При составлении схем замещения каждой последовательности (несимметричный режим) считать, что:

– в работе при несимметричном режиме остаются только линии, приведенные во втором столбце таблицы 2;

– на подстанциях в узлах нагрузки установлены по два двухобмоточных понижающих трансформатора соответствующей мощности (не менее 0,7 от полной мощности нагрузки);

– сопротивления обратной последовательности нагрузок в относительных единицах равны  $Z_{2*} = 0,18 + j0,24$ ;

– сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей системы при 115 кВ соответственно равны  $X_{1c} = X_{2c} = 10$  Ом,  $X_{0c} = 20$  Ом.

– все линии электропередач выполнены со стальными тросами.

9. Для вариантов 1 – 10 узлы 6 и 8 являются генерирующими; для вариантов 11 – 21 узлы 7 и 8 являются генерирующими; для вариантов 22 – 32 узлы 6 и 7 являются генерирующими.

10. Мощности в узлах нагрузок приведены в таблицах 3, 4 и 5.

## **Б. Содержание пояснительной записки курсового проекта:**

1. Расчет приведенных параметров линий электропередачи к одной ступени напряжения.

2. Выбор мощности автотрансформаторов связи.

3. Расчеты режимов максимальной и минимальной нагрузок, а также режима аварийного отключения одной из ЛЭП при номинальном коэффициенте трансформации автотрансформаторов и заданных сечениях проводников.

4. Уточненные расчеты при измененных сечениях проводников и измененных коэффициентах трансформации автотрансформаторов.

5. Выбор генератора и трансформатора для пункта питания А и определение вектора ЭДС  $\dot{E}$  генератора из нормального режима.

6. Параметры схем замещения каждой последовательности, результаты расчетов эквивалентных сопротивлений, расчеты токов в фазах выделенной ЛЭП в режиме отключения заданных фаз, векторная диаграмма токов.

7. Расчет фазных токов и напряжений на зажимах генератора.

### В. Содержание графической части курсового проекта:

(два листа формата А3)

1. Схема замещения, параметры ее и режима работы электрической сети.

2. Схемы замещения каждой последовательности несимметричного режима работы сети.

3. Векторные диаграммы несимметричных токов и напряжений в месте разрыва и на зажимах генератора.

Таблица 1

Параметры линий электропередачи

№ варианта	Сечение провода, мм <sup>2</sup> / Длина линии, км									
	$U_{\text{ном}} = 220 \text{ кВ}$					$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$				
	Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7	Л8	Л9	Л10
1, 10, 18, 25	$\frac{400}{85}$	$\frac{400}{75}$	$\frac{400}{68}$	$\frac{400}{90}$	$\frac{300}{65}$	$\frac{120}{42}$	$\frac{2 \times 95}{50}$	$\frac{120}{54}$	$\frac{120}{60}$	$\frac{2 \times 95}{35}$
2, 11, 19, 26	$\frac{400}{55}$	$\frac{300}{50}$	$\frac{300}{45}$	$\frac{400}{60}$	$\frac{300}{70}$	$\frac{150}{58}$	$\frac{2 \times 150}{60}$	$\frac{240}{58}$	$\frac{120}{60}$	$\frac{2 \times 95}{35}$
3, 12, 20, 27	$\frac{400}{85}$	$\frac{400}{75}$	$\frac{300}{70}$	$\frac{300}{80}$	$\frac{400}{75}$	$\frac{120}{42}$	$\frac{2 \times 95}{50}$	$\frac{120}{44}$	$\frac{120}{50}$	$\frac{2 \times 95}{40}$
4, 13, 21, 28	$\frac{300}{65}$	$\frac{240}{60}$	$\frac{240}{54}$	$\frac{400}{80}$	$\frac{300}{60}$	$\frac{240}{50}$	$\frac{2 \times 150}{60}$	$\frac{185}{68}$	$\frac{185}{50}$	$\frac{2 \times 120}{55}$
5, 14, 22, 29	$\frac{300}{60}$	$\frac{240}{55}$	$\frac{240}{60}$	$\frac{300}{70}$	$\frac{300}{50}$	$\frac{240}{52}$	$\frac{2 \times 240}{50}$	$\frac{240}{64}$	$\frac{240}{60}$	$\frac{2 \times 240}{55}$
6, 15, 23, 30	$\frac{400}{80}$	$\frac{400}{55}$	$\frac{400}{48}$	$\frac{400}{100}$	$\frac{400}{120}$	$\frac{185}{66}$	$\frac{2 \times 150}{50}$	$\frac{185}{47}$	$\frac{185}{60}$	$\frac{2 \times 120}{44}$
7, 16, 24, 31	$\frac{400}{47}$	$\frac{400}{75}$	$\frac{400}{68}$	$\frac{400}{110}$	$\frac{400}{105}$	$\frac{150}{40}$	$\frac{2 \times 150}{55}$	$\frac{120}{54}$	$\frac{120}{60}$	$\frac{2 \times 150}{35}$



8, 9, 17, 32	$\frac{300}{40}$	$\frac{300}{45}$	$\frac{300}{60}$	$\frac{400}{90}$	$\frac{400}{105}$	$\frac{240}{60}$	$\frac{2 \times 240}{66}$	$\frac{240}{58}$	$\frac{120}{40}$	$\frac{2 \times 120}{30}$
--------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------	------------------	---------------------------	------------------	------------------	---------------------------

Таблица 2

Параметры линий электропередачи для расчета неполнофазного режима по схемам, приведенным на рисунке 1 а), б)

№ варианта	Участок электрической сети для расчета несимметричного режима и место несимметрии	Наличие регулятора напряжения в пункте А	Число заземленных нейтралей трансформаторов		
			Узел 1	Узел 2	Узел 3
Варианты 1-16 соответствуют схеме электрической сети рис. 1 а)					
1	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л1	Да	1	0	1
2	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "с" на Л1	Да	0	1	2
3	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л2	Да	1	2	1
4	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "с" на Л2	Да	1	2	2
5	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л3	Да	2	0	1
6	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "с" на Л3	Да	2	1	2
7	Л1-Л2-Л3-Л5, обрыв фазы "а" на Л5	Да	2	0	1
8	Л1-Л2-Л3-Л5, обрыв фаз "b", "с" на Л5	Да	2	2	2
9	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л1	Нет	2	2	2
10	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "с" на Л1	Нет	2	2	1
11	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л2	Нет	2	1	0
12	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "с" на Л2	Нет	2	1	1
13	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л3	Нет	1	2	2
14	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "с" на Л3	Нет	1	2	1
15	Л1-Л2-Л3-Л5,	Нет	1	1	2

	обрыв фазы "а" на Л5				
16	Л1-Л2-Л3-Л5, обрыв фаз "b", "c" на Л5	Нет	1	1	1
Варианты 17-32 соответствуют схеме электрической сети рис. 1 б)					
17	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л1	Да	1	1	0
18	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л1	Да	1	0	2
19	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л2	Да	0	2	1
20	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л2	Да	1	2	0
21	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л3	Да	2	0	1
22	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л3	Да	0	1	2
23	Л4-Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л4	Да	2	2	0
24	Л4-Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л4	Да	2	0	2
25	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л1	Нет	1	2	2
26	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л1	Нет	2	2	0
27	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л2	Нет	2	0	2
28	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л2	Нет	0	1	1
29	Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л3	Нет	1	2	0
30	Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л3	Нет	1	0	1
31	Л4-Л1-Л2-Л3, обрыв фазы "а" на Л4	Нет	0	1	2
32	Л4-Л1-Л2-Л3, обрыв фаз "b", "c" на Л4	Нет	1	1	1

Таблица 3

Параметры нагрузок для группы ЗЭС-1

№	Мощность нагрузки $P/Q$ , МВА							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	99/29,7	65/19,5	54/16,2	61/18,3	49/14,7	45/13,5	35/10,5	15/4,5

2	94/28,2	61/18,3	50/15	64/19,2	55/16,5	36/10,8	28/8,4	25/7,5
3	95/28,5	62/18,6	51/15,3	60/18	48/14,4	40/12	29/8,7	19/5,7
4	93/27,9	66/19,8	55/16,5	65/19,5	67/20,1	35/10,5	22/6,6	23/6,9
5	92/27,6	67/20,1	56/16,8	64/19,2	69/20,7	32/9,6	15/4,5	21/6,3
6	91/27,3	68/20,4	57/17,1	67/20,1	51/15,3	44/13,2	33/9,9	28/8,4
7	90/27	69/20,7	58/17,4	68/20,4	52/15,6	33/9,9	21/6,3	25/7,5
8	98/29,4	64/19,2	53/15,9	62/18,6	50/15	42/12,6	29/8,7	27/8,1
9	88/26,4	61/18,3	50/15	62/18,6	53/15,9	34/10,2	19/5,7	30/9
10	96/28,8	63/18,9	52/15,6	63/18,9	51/15,3	39/11,7	25/7,5	20/6
11	87/26,1	60/18	49/14,7	52/15,6	52/15,6	41/12,3	28/8,4	29/8,7
12	89/26,7	70/21	66/19,8	56/16,8	69/20,7	37/11,1	26/7,8	26/7,8
13	86/25,7	69/20,7	51/15,3	48/14,4	58/17,4	43/12,9	31/9,3	24/7,2
14	97/29,1	63/18,9	52/15,6	63/18,9	51/15,3	38/11,4	27/8,1	22/6,6
15	85/25,5	71/21,3	64/19,2	72/21,6	60/18	31/9,3	22/6,6	31/9,3
16	52/15,6	66/19,8	87/26,1	51/15,3	50/15	38/11,4	17/5,1	35/10,5
17	54/14,2	61/18,3	89/26,7	52/15,6	53/15,9	41/12,3	27/8,1	28/8,4
18	55/16,5	71/21,3	86/25,7	64/19,2	51/15,3	37/11,1	29/8,7	29/8,7
19	55/16,5	64/19,2	97/29,1	55/16,5	52/15,6	43/12,9	21/6,3	22/6,6
20	54/14,2	60/18	85/25,5	65/19,5	69/20,7	38/11,4	29/8,7	15/4,5
21	53/15,9	62/18,6	75/22,5	64/19,2	58/17,4	31/9,3	22/6,6	35/10,5
22	52/15,6	65/29,5	73/21,9	63/18,9	51/15,3	45/13,5	15/4,5	28/8,4
23	56/16,8	66/29,8	74/22,2	51/15,3	65/19,5	34/10,2	19/5,7	44/13,2
24	52/15,6	81/24,3	91/27,3	52/15,6	64/19,2	39/11,7	22/6,6	33/9,9
25	51/15,3	67/20,1	90/27	69/20,7	63/18,9	28/8,4	22/6,6	42/12,6
26	52/15,6	72/21,6	81/24,3	58/17,4	52/15,6	26/7,8	15/4,5	34/10,2
27	50/15	79/23,7	96/28,8	51/15,3	56/16,8	30/9	17/5,1	39/11,7
28	53/15,9	73/21,9	80/24	60/18	52/15,6	36/10,8	27/8,1	41/12,3
29	56/16,8	77/23,1	84/25,2	49/14,7	51/15,3	32/9,6	19/5,7	37/11,1
30	52/15,6	75/22,5	99/29,7	53/15,9	60/18	37/11,1	21/6,3	44/13,2
31	51/15,3	68/20,4	94/28,2	51/15,3	65/19,5	40/12	17/5,1	33/9,9
32	53/15,9	62/18,6	93/27,9	52/15,6	64/19,2	35/10,5	27/8,1	42/12,6

Таблица 4

Параметры нагрузок для группы ЗЭС-2

№	Мощность нагрузки P/Q, МВА							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	87/26,1	60/18	49/14,7	49/14,7	68/20,4	33/9,9	21/6,3	30/9
2	89/26,7	70/21	66/19,8	55/16,5	62/18,6	35/10,5	26/7,8	27/8,1
3	86/25,7	69/20,7	51/15,3	48/14,4	62/18,6	27/8,1	19/5,7	35/10,5
4	97/29,1	63/18,9	52/15,6	67/20,1	48/14,4	29/8,7	18/5,4	25/7,5
5	85/25,5	71/21,3	64/19,2	69/20,7	63/18,9	31/9,3	20/6	34/10,2

6	93/27,9	66/19,8	55/16,5	51/15,3	72/21,6	38/11,4	29/8,7	31/9,3
7	96/28,8	63/18,9	52/15,6	52/15,6	61/18,3	24/7,2	17/5,1	24/7,2
8	99/29,7	65/19,5	54/16,2	50/15	64/19,2	34/10,32	27/8,1	32/9,6
9	94/28,2	61/18,3	50/15	53/15,9	60/18	39/11,7	29/8,7	28/8,4
10	95/28,5	62/18,6	51/15,3	51/15,3	65/19,5	28/8,4	21/6,3	38/11,4
11	92/27,6	67/20,1	56/16,8	52/15,6	64/19,2	26/7,8	16/4,8	36/10,8
12	91/27,3	68/20,4	57/17,1	69/20,7	63/18,9	30/9	19/5,7	26/7,8
13	90/27	69/20,7	58/17,4	58/17,4	52/15,6	36/10,8	22/6,6	37/11,1
14	98/29,4	64/19,2	53/15,9	51/15,3	56/16,8	32/9,6	23/6,9	33/9,9
15	88/26,4	61/18,3	50/15	60/18	52/15,6	37/11,1	26/7,8	29/8,7
16	65/19,5	79/23,7	85/25,5	49/14,7	51/15,3	40/12	28/8,4	44/13,2
17	59/17,7	69/20,7	75/22,5	66/19,8	52/15,6	35/10,5	26/7,8	33/9,9
18	58/17,4	66/19,8	73/21,9	51/15,3	50/15	32/9,6	31/9,3	42/12,6
19	52/15,6	61/18,3	81/24,3	52/15,6	53/15,9	44/13,2	27/8,1	34/10,2
20	63/18,9	71/21,3	85/25,5	64/19,2	51/15,3	39/11,7	22/6,6	39/11,7
21	51/15,3	64/19,2	75/22,5	55/16,5	52/15,6	41/12,3	35/10,5	24/7,2
22	49/14,7	60/18	73/21,9	65/19,5	69/20,7	37/11,1	17/5,1	34/10,32
23	64/19,2	72/21,6	87/26,1	64/19,2	58/17,4	43/12,9	27/8,1	39/11,7
24	66/19,8	75/22,5	89/26,7	63/18,9	51/15,3	38/11,4	29/8,7	28/8,4
25	59/17,7	76/22,8	86/25,7	52/15,6	58/17,4	34/10,2	21/6,3	26/7,8
26	71/21,3	81/24,3	97/29,1	56/16,8	61/18,3	34/10,32	29/8,7	30/9
27	57/17,1	67/20,1	85/25,5	52/15,6	62/18,6	41/12,3	22/6,6	17/5,1
28	72/21,6	82/24,6	92/27,6	51/15,3	51/15,3	37/11,1	15/4,5	27/8,1
29	68/20,4	79/23,7	91/27,3	52/15,6	52/15,6	43/12,9	19/5,7	29/8,7
30	63/18,9	73/21,9	90/27	50/15	55/16,5	38/11,4	22/6,6	21/6,3
31	57/17,1	77/23,1	94/28,2	53/15,9	64/19,2	31/9,3	22/6,6	16/4,8
32	55/16,5	75/22,5	93/27,9	60/18	60/18	45/13,5	15/4,5	19/5,7

Таблица 5

Параметры нагрузок для группы ЗЭС-3

№	Мощность нагрузки $P/Q$ , МВА							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	88/26,4	71/21,3	65/19,5	56/16,8	52/15,6	45/13,5	35/10,5	30/9
2	87/26,1	72/21,6	64/19,2	51/15,3	62/18,6	36/10,8	28/8,4	27/8,1
3	86/25,7	73/21,9	65/19,5	52/15,6	61/18,3	40/12	29/8,7	35/10,5
4	77/23,1	69/20,7	56/16,8	50/15	64/19,2	35/10,5	22/6,6	25/7,5
5	82/24,6	70/21	57/17,1	63/18,9	63/18,9	32/9,6	15/4,5	34/10,2
6	78/23,4	68/20,4	55/16,5	52/15,6	52/15,6	44/13,2	33/9,9	31/9,3
7	76/13,8	61/18,3	52/15,6	67/20,1	48/14,4	33/9,9	21/6,3	24/7,2

8	83/24,9	75/22,5	64/19,2	51/15,3	51/15,3	42/12,6	29/8,7	32/9,6
9	81/24,3	70/21	60/18	56/16,8	52/15,6	34/10,2	19/5,7	28/8,4
10	85/25,5	73/21,9	61/18,3	57/17,1	69/20,7	39/11,7	25/7,5	38/11,4
11	75/22,5	64/19,2	52/15,6	58/17,4	58/17,4	41/12,3	28/8,4	36/10,8
12	73/21,9	63/18,9	50/15	61/18,3	50/15	37/11,1	26/7,8	26/7,8
13	74/22,2	64/19,2	49/14,7	62/18,6	51/15,3	43/12,9	31/9,3	37/11,1
14	80/24	75/22,5	66/19,8	51/15,3	65/19,5	38/11,4	27/8,1	33/9,9
15	84/25,2	76/13,8	67/20,1	52/15,6	64/19,2	31/9,3	22/6,6	29/8,7
16	79/23,7	59/17,7	48/14,4	55/16,5	55/16,5	45/13,5	35/10,5	30/9
17	51/15,3	65/19,5	87/26,1	60/18	58/17,4	45/13,5	17/5,1	17/5,1
18	52/15,6	61/18,3	89/26,7	60/18	65/19,5	36/10,8	27/8,1	27/8,1
19	54/16,2	62/18,6	86/25,7	60/18	60/18	40/12	29/8,7	29/8,7
20	55/16,5	67/20,1	97/29,1	58/17,4	60/18	35/10,5	21/6,3	21/6,3
21	52/15,6	68/20,4	85/25,5	58/17,4	60/18	32/9,6	17/5,1	16/4,8
22	54/16,2	69/20,7	99/29,7	60/18	65/19,5	44/13,2	27/8,1	19/5,7
23	50/15	64/19,2	94/28,2	60/18	65/19,5	39/11,7	29/8,7	34/10,2
24	51/15,3	61/18,3	93/27,9	64/19,2	58/17,4	41/12,3	17/5,1	39/11,7
25	56/16,8	79/23,7	92/27,6	62/18,6	58/17,4	37/11,1	27/8,1	41/12,3
26	57/17,1	69/20,7	91/27,3	56/16,8	56/16,8	43/12,9	29/8,7	37/11,1
27	58/17,4	66/19,8	90/27	56/16,8	56/16,8	38/11,4	21/6,3	43/12,9
28	53/15,9	61/18,3	98/29,4	56/16,8	56/16,8	34/10,2	16/4,8	38/11,4
29	50/15	71/21,3	88/26,4	62/18,6	64/19,2	34/10,2	19/5,7	26/7,8
30	56/16,8	64/19,2	80/24	51/15,3	51/15,3	39/11,7	22/6,6	31/9,3
31	47/14,1	60/18	84/25,2	62/18,6	58/17,4	28/8,4	22/6,6	27/8,1
32	58/17,4	72/21,6	79/23,7	62/18,6	58/17,4	26/7,8	15/4,5	33/9,9

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Общие рекомендации по работе над дисциплиной "Электроэнергетические системы и сети".....	4
Программа дисциплины "Электроэнергетические системы и сети"	6
Методические указания по выполнению контрольной работы и курсового проекта.....	14
Задания на курсовой проект.....	16