

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Амурский государственный университет»



«Кадры для регионов»



ФГБОУ ВО «Амурский государственный  
университет»

Методические указания подготовлены в рамках реализации проекта о  
подготовке высококвалифицированных кадров для предприятий и ор-  
ганизаций регионов («Кадры для регионов»)

Н.В. Савина

## **Электроэнергетические системы и сети**

*Методические указания для самостоятельной работы студентов*

по направлению подготовки 13.03.02  
«Электроэнергетика и электротехника»

Благовещенск  
Издательство АмГУ

2017

***Разработаны в рамках реализации гранта «Подготовка высококвалифицированных кадров в сфере электроэнергетики и горно-металлургической отрасли для предприятий Амурской области» по заказу предприятия-партнера АО «Дальневосточная распределительная сетевая компания»***

*Рецензенты:*

*Ильченко Татьяна Юрьевна, инженер ПТО ОАО «Гидроэлектромонтаж»*

*Теличенко Денис Алексеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры АППиЭ  
ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет».*

**С 13 Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : Методические указания для самостоятельной работы студентов направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника» / Н.В. Савина ; АмГУ. – 2-е изд., испр. и доп. – Благовещенск : Амурский гос. ун-т, 2017. – 54 с.**

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети» предназначены для подготовки бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Соответствуют рабочей программе дисциплины и федеральному государственному образовательному стандарту ВО РФ.

***В авторской редакции.***

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Организация самостоятельной работы	6
1.1. Методические указания студентам по изучению дисциплины	6
1.2. Цели и задачи самостоятельной работы	7
1.3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины	8
1.5. Структура дисциплины и формы самостоятельной работы, предусмотренные при ее изучении	10
2. Содержание разделов и тем, выносимых на самостоятельную работу	13
2.1. Теоретический материал дисциплины, выносимый на самостоятельную проработку	13
2.2. Методические указания к выполнению индивидуальных домашних заданий	25
2.3. Подготовка к лабораторной работе и выполнению отчета по ней	27
3. Банк заданий для самостоятельной работы студентов	28
3.1. Индивидуальные задания для самостоятельной работы студентов	28
3.2. Вопросы для самопроверки	41
Заключение	51
Библиографический список	52

## ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетические системы (ЭЭС) являются базовой отраслью экономики России, создающей необходимые условия для обеспечения жизнедеятельности страны. Производство, передача и распределение электроэнергии является высокотехнологичным, в большей степени автоматизированным процессом, имеющим свои особенности: непрерывность, большая скорость протекания процесса, физическая однородность электрической энергии, переменный режим нагрузки, одновременность производства и потребления электроэнергии. Их необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем и их подсистем – электрических сетей. Электроэнергетические системы являются сложным физико-техническим комплексом, что определило структуру дисциплины, посвященной их изучению. Дисциплина состоит из двух частей. Данные методические указания к самостоятельной работе студентов относятся ко второй части дисциплины.

Электроэнергетические системы и сети находятся в постоянном развитии, что обусловлено ростом электропотребления, износом существующего оборудования, требованиями к надежности электроснабжения. Длительные сроки проектирования и строительства объектов электроэнергетических систем находятся в противоречии с непрерывностью процесса производства и потребления электроэнергии, т.к. необходимо постоянно соблюдать баланс вырабатываемой и потребляемой электроэнергии. От степени сбалансированности вырабатываемой и потребляемой энергии зависит частота в сети. Именно соблюдение баланса и является тем фактором, который определяет объекты для проектирования в электроэнергетических системах. Отсюда и определяются основные задачи изучения второй части курса – ознакомление с современной структурой электроэнергетики, с основами проектирования электроэнергетических систем и сетей, методами и алгоритмами расчета и анализа установившихся режимов сложных систем, улучшения режимной ситуации.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети», обучающихся по направлению подготовки бакалавриата «Электроэнергетика и электротехника».

Назначением методических указаний для самостоятельной работы студентов является оказание помощи в получении необходимых дополнительных знаний в области электроэнергетических систем и сетей.

В методических указаниях даны структура, задания и методика реализации всех видов самостоятельных работ в соответствии с рабочей программой дисциплины. При самостоятельном выполнении различных видов заданий студенты учатся осваивать новый материал, работать с нормативно-правовой базой, учебной и справочной литературой.

Самостоятельная работа позволит студентам освоить основные сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях, конструктивном исполнении линий электропередачи, методах и алгоритмах расчета установившихся режимов, нормативные документы, действующие в электроэнергетике, понять структуру и особенности электроэнергетических систем, изучить технологии анализа и синтеза схем электрических сетей, развить культуру экономически целесообразного выбора проектируемого варианта схемы сети; сформировать системные и профессиональные компетенции по проектированию электрических сетей, по расчету и анализу их установившихся режимов, регулированию частоты и напряжения.

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## 1.1. Методические указания студентам по изучению дисциплины

Самостоятельная работа студентов (СРС) должна носить планомерный и творческий характер. Качественное освоение дисциплины невозможно без использования учебной и справочной литературы и других источников. В первую очередь следует применять литературу, рекомендованную для подготовки к лекции или практическому занятию. Помимо рекомендованной литературы можно пользоваться другими источниками, но только при условии критического отношения к содержащейся в них информации.

При чтении учебника следует обращать внимание на логику рассуждений автора, вычленяя узловые понятия и идеи, понять физический смысл и логику построения всех приведенных формул, разобраться со схемами и их преобразованиями, понять сущность моделей и алгоритмов методов расчета. Текст рекомендуется прочитать не менее двух раз: при первом чтении достигается общее представление о предмете, а при повторном - логика рассуждений, содержание, смысл и значение отдельных идей, моделей, преобразований, методов и алгоритмов.

При самостоятельной работе над разделами теоретического курса бакалаврам необходимо:

самостоятельно изучить дополнительные материалы по программе теоретического курса в соответствии с рабочей программой дисциплины;

подготовить устные ответы на контрольные вопросы по каждой теме;

пройти тестирование.

Прежде чем приступить к выполнению домашних заданий, необходимо изучить соответствующий теоретический материал и разобраться с решением аналогичных задач, рассмотренных на практических занятиях или приведенных в литературе. Индивидуальные домашние задания выполняются с помощью программного комплекса MathCad и графического редактора Visio или AutoCAD.

Подготовка к лабораторной работе – еще один важный аспект самостоятельной работы. При подготовке к ней необходимо изучить теоретический материал, соответствующий теме лабораторной работы. После ее выполнения необходимо выполнить отчет по лабораторной работе и подготовиться к его защите.

Одним из эффективных методов обучения и проверки знаний по дисциплине является тестирование и выполнение расчетных заданий. Предлагаемые тесты и задания предназначены для организации самостоятельной работы и самоконтроля студентов и проверки качества усвоения дисциплины. Содержание тестов отражает основную проблематику дисциплины и требования, предъявляемые к уровню знаний студентов ФГОС ВО.

Процесс подготовки к экзамену должен совпадать с логикой изучения учебной дисциплины. Готовить материал следует модулями (блоками), а не отдельными вопросами, но при этом четко фиксировать содержание каждого конкретного вопроса. Целесообразно использовать конспекты лекций и рабочую программу дисциплины. Особое внимание следует уделить усвоению базовых понятий электроэнергетических систем, методов и алгоритмов проектирования ЭЭС и электрических сетей, расчета установившихся режимов, оценке режимной ситуации, регулированию напряжения и частоты в системе.

## **1.2. Цели и задачи самостоятельной работы**

В результате самостоятельной работы по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети» студенты должны научиться осваивать новый материал, работать с нормативно-правовой базой и учебной литературой, пользоваться справочниками, принимать самостоятельные решения при решении поставленных задач.

Задачи самостоятельной работы следующие: освоение студентами нормативно-правовой базы в области проектирования и функционирования электроэнергетических систем; обоснованное понимание структуры и особенностей современной электроэнергетики, изучение методов и алгоритмов расчетов

установившихся режимов в ЭЭС; приобретение студентами навыков проектирования электрических сетей, регулирования напряжения и частоты в сети.

### **1.3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины обучающийся формирует и демонстрирует обладание следующими профессиональными компетенциями:

*для проектно-конструкторской деятельности:*

способностью принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования (ПК-3);

способностью проводить обоснование проектных решений (ПК-4);

*для производственно-технологической деятельности:*

готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5);

способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

цели, задачи, принципы, методы и алгоритм проектирования электрических сетей; методику выбора номинальных напряжений, конфигурации сети, параметров элементов электрических сетей (ПК-3);

технико-экономические основы проектирования электроэнергетических систем и сетей; критерии выбора оптимального варианта электрической сети (ПК-4);

общие сведения об электроэнергетических системах и их современное состояние; принципы передачи и распределения электроэнергии; конфигурацию электрических сетей и способы присоединений подстанций; основу конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи; схемы



замещения линий, трансформаторов и автотрансформаторов; компенсации параметров и реактивной мощности в электрических сетях; особые режимы электрических сетей, методы регулирования напряжения, мероприятия по снижению потерь мощности и энергии в электрических сетях (ПК-5);

методы расчета режимов работы электроэнергетических систем и сетей; балансы активной мощности и ее связь с частотой; балансы реактивной мощности и ее связь с напряжением; методы преобразования и эквивалентирования сети (ПК-6);

## 2) Уметь:

составлять и анализировать конкурентоспособные варианты конфигурации электрической сети с учетом фактора надежности; выбирать номинальное напряжение сети; выбирать сечения проводов и кабелей, силовые трансформаторы в сетях различных назначений и номинальных напряжений (ПК-3);

рассчитывать технико-экономические показатели вариантов сети и выбирать рациональный вариант схемы сети (ПК-4);

классифицировать электрические сети; составлять схемы замещения и определять параметры схем замещения основных элементов электрических сетей; рассчитывать основные характеристики линий электропередачи, проводить компенсацию реактивной мощности; выбирать средства регулирования напряжения на понижающих подстанциях, в электрической сети, определять потери мощности и электроэнергии и выбирать мероприятия по их снижению (ПК-5);

рассчитывать установившиеся режимы, составлять и обеспечивать балансы активной и реактивной мощностей в ЭЭС; анализировать рабочие режимы ЭЭС (ПК-6);

## 3) Владеть навыками:

проектирования на вариантной основе электрических сетей и применения справочной литературы; выбора оптимальных для рассматриваемой схемы электрической сети параметров (ПК-3);

обоснования проектных решений (ПК-4).

анализа и составления электрических схем электрических сетей; составления схем замещения электрических сетей, расчета параметров компенсирующих устройств и определения места их установки, регулирования напряжения в электрических сетях, анализа потерь мощности и электроэнергии (ПК-5);

расчета параметров режима электрических сетей; обеспечения условий выполнения балансов в ЭЭС, расчетов режимов сложных систем и анализа результатов расчетов режимов работы ЭЭС и электрических сетей (ПК-6).

#### 1.4. Структура дисциплины и формы самостоятельной работы, предусмотренные при ее изучении

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в академических часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				ЛК	ПЗ	ЛР	СРС	
5 семестр								
1	Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	5	1-6	18	4		20	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания
2	Расчет установившихся режимов	5	7-15	26	10		32	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания контрольная работа
3	Рабочие режимы электроэнергетических систем	5	16-18	10	4		20	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания
4	Промежуточная аттестация	5						Экзамен
6 семестр								
1	Проектирование электрических сетей	6	1-8	24	8	2	6	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания защита отчета по лабораторной работе.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в академических часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				ЛК	ПЗ	ЛР	СРС	
2	Расчет установленных режимов сложных электроэнергетических систем	6	9-12	14	6	16	6	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания; защита отчета по лабораторной работе
3	Повышение эффективности и надежности функционирования электроэнергетических систем	6	13-18	16	4		6	блиц-опрос на лекции; опрос на практическом занятии; защита индивидуального домашнего задания; защита отчета по лабораторной работе
4	Курсовой проект	6					36	Контроль хода выполнения курсового проекта раз в две недели
5	Промежуточная аттестация	6 6						Экзамен КП

Примечания: ЛК – лекции, ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы, КП – курсовой проект; СРС – самостоятельная работа студента.

Формы самостоятельной работы студентов показаны в таблице.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в акад. часах
5 семестр			
1	1	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2 4 14
2	2	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение подготовка к контрольной работе	6 12 12 2
3	3	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2 4 14
4		Подготовка к экзамену	36

№ п/п	№ раздела дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в акад. часах
<b>6 семестр</b>			
1	1	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2 2 1 1
2	2	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2 2 1 1
3	3	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	2 2 1 1
4		Выполнение курсового проекта	36
5		Подготовка к экзамену	36

## **2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ, ВЫНОСИМЫХ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ**

### **2.1. Теоретический материал дисциплины, выносимый на самостоятельную проработку**

Базовым учебником при изучении данной дисциплины является авторский курс лекций, изложенный в [1].

В процессе самостоятельной работы студенты должны усовершенствовать полученные знания из курса лекций.

5 семестр

#### *Тема 1. Общие сведения об электроэнергетических системах*

В процессе освоения материала этой темы необходимо изучить определение электроэнергетической системы, электрической станции, электрической сети, подстанции, линии электропередачи. Следует знать классификацию электрических сетей. Понимать типы конфигураций электрических сетей.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: линии электропередачи переменного и постоянного тока, понижающие и преобразовательные подстанции, характеристики оборудования линий и подстанций.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение электроэнергетической системы, электрической станции, электрической сети, подстанции, линии электропередачи.
2. Классификация электрических сетей.
3. Что такое линии электропередачи переменного и постоянного тока.
4. Назовите типы конфигураций электрических сетей.

#### *Тема 2. Схемы электрических сетей*

В процессе освоения материала этой темы необходимо различать и знать структуру, характеристики и область применения разомкнутых сетей, замкнутых. Необходимо знать схемы соединения электрической сети, способы присоединения подстанций к электрической сети и схемы электрических соединений подстанций, уметь по виду схемы ее классифицировать.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: и схемы электрических соединений подстанций

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте понятие разомкнутые сети.
2. Дайте понятие замкнутые сети.
3. Назовите их конфигурацию.
4. Перечислите способы присоединения подстанций к электрической сети.
5. Схемы электрических соединений подстанций.

*Тема 3. Конструкции линий электрических сетей*

В процессе освоения материала этой темы необходимо знать конструктивные элементы воздушных линий электропередачи (ЛЭП), их классификацию и область применения. Следует понимать, чем отличается ВЛИ от ЛЭП с неизолированными проводами. Нужно иметь представление о конструктивных элементах кабельных линий электропередачи, уметь классифицировать кабельные линии, понимать маркировку кабелей, знать конструктивное исполнение кабелей различного уровня номинального напряжения, их область применения.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: линейная арматура; изоляторы, кабельная арматура, прокладка кабелей.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите конструктивные элементы воздушных линий электропередачи (ЛЭП).
2. Классификация и конструктивное исполнение опор.
3. Перечислите линейную арматуру ВЛ.
4. Классификация кабельных линий, кабельная арматура.

*Тема 4. Схемы замещения линий, трансформаторов и автотрансформаторов*

При освоении материалов этой темы необходимо иметь представление о режиме электрической сети и задачах расчета режимов сети. Знать схемы замещения элементов электрических сетей и их параметры. Уметь определять параметров схем замещения воздушных и кабельных линий. Знать схемы замеще-

ния двухобмоточных, трехобмоточных трансформаторов, трансформаторов с расщепленными обмотками, автотрансформаторов и расчет их параметров.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: схемы замещения линий с сосредоточенными и распределенными параметрами. Схемы замещения трансформаторов с расщепленными обмотками и расчет их параметров.

Вопросы для самопроверки:

1. Понятие режима электрической сети и задачи расчета режимов сети.
2. Основные элементы схемы замещения линий.
3. Основные элементы схемы замещения двухобмоточных трансформаторов.
4. Основные элементы схемы замещения трехобмоточных трансформаторов, трансформаторов с расщепленными обмотками, автотрансформаторов.

*Тема 5. Расчет режимов разомкнутых электрических сетей*

В процессе освоения материалов этой темы необходимо знать методики расчета и уметь осуществлять расчет установившихся нормальных и послеаварийных режимов электрических сетей различной конфигурации.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: расчет режима электрической сети при заданном токе нагрузки, построение векторных диаграмм при расчете режимов.

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте понятие приведенная нагрузка узла.
2. Дайте понятие расчетная нагрузка узла
3. Как определяются потери мощности в трансформаторах.
4. Алгоритм расчет режима электрической сети по данным «конца» и по данным «начала».

*Тема 6. Расчет режимов в замкнутых электрических сетях*

В процессе освоения этой темы необходимо знать методы и алгоритмы расчета режимов в замкнутых электрических сетях, уметь определять точку потокораздела. Иметь навыки по расчету режимов кольцевых сетей, сетей с двухсторонним питанием.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: расчет режимов с несколькими точками потокораздела.

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте понятие точка потокораздела.
2. Алгоритм расчета режимов кольцевых сетей.
3. Алгоритм расчета сети с двумя точками потокораздела.
4. Алгоритм расчета режимов сети с двухсторонним питанием.

*Тема 7. Расчет режимов в электрических сетях нескольких классов номинальных напряжений*

При освоении материалов этой темы необходимо знать как определять напряжение на стороне низшего напряжения трансформатора, порядок расчета режима сети любой конфигурации. Уметь производить расчет режимов сети с различными номинальными напряжениями, регулировать напряжение.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: регулирование напряжения с помощью ответвлений РПН трансформаторов, автотрансформаторов и линейных регуляторов.

Вопросы для самопроверки:

1. Порядок расчета режима сети любой конфигурации.
2. Чем регулируется напряжение?
3. Устройство РПН, ПБВ
4. Алгоритмы определения уставок РПН.

*Тема 8. Особенности расчета режимов*

При освоении материала данной темы необходимо знать особенности расчета режима в однородных сетях, сетях с равномерно распределенной нагрузкой. Уметь определять наибольшую потерю напряжения.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: расчет режима в сетях с равномерно распределенной нагрузкой.

Вопросы для самопроверки:

1. Алгоритм расчета режима в однородных сетях.



2. Назовите особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой.

3. Определение наибольшей потери напряжения

*Тема 9. Модели электрических нагрузок узлов электрических сетей при расчетах режимов*

В процессе освоения материала этой темы необходимо знать электрические нагрузки узлов электрических сетей. Иметь представление о статических и динамических характеристиках нагрузок, их физической сущности. Следует освоить способы задания нагрузки при расчетах режимов.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: статические характеристики осветительной нагрузки, двигателей, комплексная нагрузка узла, статические характеристики комплексной нагрузки по напряжению и частоте, регулируемый эффект нагрузки.

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение статические характеристики нагрузок.
2. Дайте определение динамические характеристики нагрузок.
3. Отличие осветительной нагрузки и двигателей.
4. Понятие регулируемый эффект нагрузки.

*Тема 10. Балансы активной и реактивной мощности в энергосистеме*

При освоении материалов этой темы необходимо иметь представление о балансах мощностей в электроэнергетической системе. Знать регулирование частоты вращения турбины. Понимать регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: баланс активной мощности и ее связь с частотой, резерв мощности, статическая и динамическая характеристики турбины, баланс реактивной мощности и ее связь с напряжением, генерация реактивной мощности, потребление реактивной мощности, регулирование напряжения в ЭЭС.

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте понятие балансы мощностей в электроэнергетической системе.

2. Связь активной мощности с частотой.
3. Понятие резерв мощности.
4. Регулирование напряжения в ЭЭС.

6 семестр

*Тема 1. Введение. Современное состояние электроэнергетической системы.* В процессе освоения материала этой темы необходимо изучить современное состояние электроэнергетических систем, топливно-энергетического комплекса и тенденции их развития. Следует знать перспективы развития электроэнергетических систем в России и на Дальнем Востоке. Понимать, что неопределенность при проектировании и функционировании ЭЭС является их фундаментальным свойством.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: топливно-энергетический комплекс, тенденции и перспективы развития ЭЭС, нормативно-правовые документы, регламентирующие деятельность ЭЭС.

Вопросы для самопроверки:

1. Что входит в состав топливно-энергетического комплекса?
2. Какую роль играет ЭЭС в современной энергетике?
3. Перечислить основные проблемы ЭЭС.
4. В чем причины снижения надежности функционирования ЭЭС?
5. Каковы перспективы развития ЭЭС в РФ?
6. Каковы особенности ЭЭС Дальнего Востока?
7. Каковы перспективы развития ЭЭС на Дальнем Востоке?
8. Что понимают под неопределенностью?
9. Почему неопределенность является фундаментальным свойством ЭЭС?

*Тема 2. Исходные данные для проектирования электрических сетей.* При изучении данного материала необходимо понимать, что входит в характеристику района проектирования. Следует изучить электрические нагрузки и их представление при проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем, графики электрических нагрузок (ГЭН) и их анализ при проектировании электрических сетей. Необходимо освоить методику построения ГЭН подстанций

из типовых графиков при различных способах задания информации. Нужно знать особенности долгосрочного прогнозирования ГЭН при проектировании ЭЭС. Необходимо уметь пользоваться формулой сложных процентов при проектировании электрических нагрузок. В процессе изучения темы нужно освоить, как осуществлять переход от реальных ГЭН к ГЭН в относительных единицах и как строить прогнозируемый ГЭН.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: модели электрических нагрузок, вероятностные характеристики и показатели ГЭН, типовые ГЭН и методика работы с ними, методы долгосрочного прогнозирования ГЭН.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Что входит в состав характеристики района проектирования электрических сетей?
2. Какие климатические и географические характеристики нужно знать при проектировании ЭЭС и для каких задач проектирования?
3. Виды ГЭН.
4. Какие вероятностные характеристики ГЭН необходимо знать при проектировании электрических сетей? Для каких целей они определяются?
5. Показатели ГЭН, с какой целью введен каждый из них?
6. Как построить ГЭН по результатам контрольных замеров?
7. Как построить ГЭН, зная максимальную заявленную мощность и типовой ГЭН?
8. Как используя формулу сложных процентов и ГЭН спрогнозировать нагрузку и определить прогнозные вероятностные характеристики?

*Тема 3. Техничко-экономические основы проектирования электрических сетей.* Необходимо представлять задачи и методы проектирования энергетических систем и электрических сетей, знать общие требования к схемам электрических сетей, принципы формирования вариантов конфигурации электрической сети. Следует уяснить, как осуществлять выбор конфигураций схем и основных параметров электрических сетей, выбор схем построения сети. Нужно изучить технико-экономические основы проектирования электрических

сетей, критерии выбора оптимального варианта и алгоритм выбора. Необходимо знать основные экономические показатели систем передачи и распределения электроэнергии. Нужно освоить методику определения потерь электроэнергии в электрической сети при ее проектировании. Необходимо понимать, в чем заключается технико-экономическое сравнение вариантов электрической сети. Следует освоить выбор рационального напряжения сети, числа и мощности силовых трансформаторов на подстанциях. Нужно изучить, как осуществляется выбор сечения проводов и кабелей в сетях различных назначений и номинальных напряжений разными методами, особенности выбора и проверки сечений линий в замкнутых сетях. Следует понимать методику проверки сечений проводов по нагреву длительно допустимым током. Нужно научиться проектированию схемы электрических сетей и учитывать фактор надежности при их проектировании. Изучая среднегодовые эксплуатационные затраты, как критерий сравнения вариантов, необходимо обратить внимание на то, что отчисления от стоимости линий резко отличаются от отчислений от стоимости оборудования подстанций, что потери энергии можно рассчитать, как нормативные.

Знакомясь с методикой выбора сечений проводов магистрали по допустимой потере напряжения, следует обратить внимание на ограничения, накладываемые на исходные условия; уяснить какие проверки необходимо выполнить для выбранных сечений в местных и районных электрических сетях.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: задачи и методы проектирования ЭЭС, критерии выбора оптимального варианта сети, методы выбора и проверки сечений линий электропередачи. Учет надежности при проектировании ЭЭС.

#### Вопросы для самопроверки

1. Какие статьи расходов и отчислений учитываются в формуле приведенных затрат?
2. На что расходуются отчисления от капиталовложений?
3. Как определить потери энергии в линии, если известен график нагрузки?
4. Что такое время использования максимальной нагрузки?

5. Принципы отбора конкурентоспособных вариантов сети.
6. Как выбираются сечение проводов и кабелей в электрических сетях?
7. Какие технико-экономические показатели используют при сравнении вариантов при проектировании электрических сетей?
8. Какие проверки выбранных сечений проводятся при проектировании районных и местных электрических сетей?
9. От каких факторов зависит стоимость потерь электроэнергии?

*Тема 4. Основы расчета установившихся режимов сложных электроэнергетических систем.* При изучении данного материала следует усвоить методы расчета нормальных режимов сложных электрических сетей и систем, специфику этих расчетов. Необходимо ознакомиться с методами и способами преобразования сети и исключения узлов, преобразования сети при расчете режимов электроэнергетических систем большой сложности. Необходимо знать назначение разделения системы на подсистемы и как его осуществлять. Следует освоить способы задания параметров элементов схемы, нагрузочных и генераторных узлов. Необходимо понимать, как осуществлять расчет режимов с помощью современных промышленных программно-вычислительных комплексов и проводить анализ полученных результатов. В процессе работы необходимо обратить внимание на методику организации матриц контурных сопротивлений и узловых проводимостей по конфигурации схемы и параметрам ветвей.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: расчеты однородных сетей, учет слабой заполненности матриц. Расчет сложнзамкнутых сетей методами матричной алгебры: метод контурных токов, метод узловых напряжений, метод обобщенных параметров. Методы эквивалентирования сети. Методы решения уравнений узловых напряжений. Представление системы уравнений узловых напряжений для расчета с помощью программно-вычислительных комплексов (ПВК) на персональном компьютере.

#### Вопросы для самопроверки.

1. Как складываются матрицы?

2. Как умножаются или делятся матрицы?
3. Как формируется матрица соединений в узлах?
4. Как формируется матрица соединений в контурах?
5. Как записывается закон Ома в матричной форме?
6. Как записывается закон Кирхгофа в матричной форме?
7. Что значит транспонированная матрица?
8. Что значит обратная матрица?
9. Какая матрица имеет обратную?
10. Как определяется матрица контурных сопротивлений?
11. Как определяется матрица узловых проводимостей?
12. Какие методы эквивалентирования применяют для сложнзамкнутых электрических сетей?

При изучении данного материала необходимо повторить соответствующие разделы дисциплины «Теоретические основы электротехники».

Тема 5. *Особые режимы электроэнергетических систем.* При изучении данной темы следует понимать что такое особые режимы электрических сетей, уметь определять источники, вызывающие особые режимы в электрической сети. Необходимо освоить методы расчета неполнофазных режимов. Следует изучить условия допустимости неполнофазных режимов. Необходимо освоить методы расчета несимметричных режимов.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: особые режимы ЭЭС, методы расчета несинусоидальных и несимметричных режимов в сложных ЭЭС.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Какие режимы работы сети считаются особыми и почему?
2. Как оценить уровень несимметрии при продольной несимметрии элементов сети?
3. В чем особенность составления схемы замещения сети при несимметрии нагрузки?
4. Как оценить уровень несинусоидальности напряжений и токов в сети?

*Тема 6. Компенсация реактивной мощности и регулирование напряжения в электроэнергетических системах.* При изучении данной темы следует изучить современное состояние проблемы компенсации реактивной мощности. Необходимо знать источники и потребители реактивной мощности в ЭЭС. Следует изучить решение балансовой задачи компенсации реактивной мощности. Нужно понимать, как осуществляется регулирование напряжения в сети, освоить методы регулирования напряжения. Работая над изучением материала, необходимо обратить внимание на особенности регулирования напряжения в местных и районных электрических сетях, области применения того или иного метода регулирования. Нужно изучить методику выбора компенсирующих устройств при продольной и поперечной компенсации реактивной мощности.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: регулирование напряжения в электрических сетях, технические средства компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения; устройства РПН, их регулировочные характеристики.

#### Вопросы для самопроверки:

1. В чем отличие метода регулирования напряжения с помощью трансформаторов с ПБВ и трансформаторов с РПН?
2. В чем особенность метода централизованного регулирования напряжения в центре питания?
3. Что такое встречное регулирование напряжения?
4. Как влияет включение установки продольной компенсации на напряжение в конце линии?
5. Как влияет включение установки поперечной компенсации, подключенной в узловой точке кольцевой сети, на режим напряжений во всех узлах?
6. Как определить балансовый коэффициент реактивной мощности?
7. Как выбрать мощность компенсирующих устройств по предельному коэффициенту реактивной мощности?
8. По каким критериям выбирается мощность компенсирующих устройств?

*Тема 7. Методы расчета и анализа потерь мощности и электрической энергии в электрических сетях.* При освоении материала этой темы следует изучить общую характеристику проблемы потерь электроэнергии. Нужно знать методы расчета потерь мощности и электроэнергии в ЭЭС. Следует освоить технологии структурного анализа потерь. Необходимо изучить основные мероприятия, направленные на снижение потерь электроэнергии.

Материал, выносимый на самостоятельную проработку: современное состояние проблемы потерь электроэнергии в ЭЭС. Мероприятия по снижению технологических потерь. Мероприятия по снижению сверхнормативных и коммерческих потерь.

Вопросы для самопроверки:

1. Какова структура потерь электроэнергии?
2. Чем отличаются технологические и технические потери электроэнергии?
3. Что входит в состав коммерческих потерь электроэнергии?
4. Перечислить методы расчета нормативных потерь электроэнергии и области их применения.
5. Что входит в организационные мероприятия по снижению потерь электроэнергии?
6. Перечислить состав технических мероприятий по снижению потерь электроэнергии.
7. Как снизить метрологические потери?

*Тема 8. Методы регулирования частоты.* При освоении материала этой темы нужно изучить первичное, вторичное и третичное регулирование частоты. Необходимо ознакомиться с противоаварийными мероприятиями при снижении частоты в электроэнергетических системах. Рассматривая способы регулирования частоты необходимо обратить внимание на необходимость учета пропускной способности ЛЭП, связывающей отдельные энергосистемы между собой, на выбор места расположения станции, ведущей частоту, требования, предъявляемые к таким станциям.



Материал, выносимый на самостоятельную проработку: регулирование частоты в электрической системе, противоаварийное управление в ЭЭС.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое первичное регулирование частоты?
2. В чем суть вторичного регулирования частоты?
3. Какие требования предъявляются к станции, ведущей частоту?
4. В чем особенность регулирования частоты в объединенной энергосистеме в отличие от локальной энергосистемы?

Следует помнить, что при изучении отдельных теоретических вопросов курса используются знания, полученные в ранее изученных дисциплинах.

**2.2. Методические указания к выполнению индивидуальных домашних заданий**

Индивидуальные задания на самостоятельную работу подобраны таким образом, что полностью совпадают с тематикой практических занятий. В процессе самостоятельной работы студенты должны усовершенствовать полученные знания из курса лекций и закреплённые на практических занятиях.

В результате выполнения домашних заданий студенты должны научиться: проектировать электрическую сеть, осуществлять компенсацию реактивной мощности, рассчитывать установившиеся режимы сложных систем, регулировать напряжение в сети, определять допустимость неполнофазных режимов.

*Перечень тем индивидуальных заданий 6 семестра:*

1. Расчет параметров электрических схем замещения ЛЭП
2. Расчет параметров схем замещения трансформаторов и автотрансформаторов
3. Составление схем замещения электрической сети. Определение приведенной и расчетной нагрузок узла
4. Расчет режимов в разомкнутых сетях
5. Расчет режимов в кольцевых сетях
6. Расчет режимов в сетях с двухсторонним питанием

7. Выбор ответвлений РПН трансформаторов, автотрансформаторов, линейных регуляторов
8. Расчет режимов в сетях с несколькими номинальными напряжениями

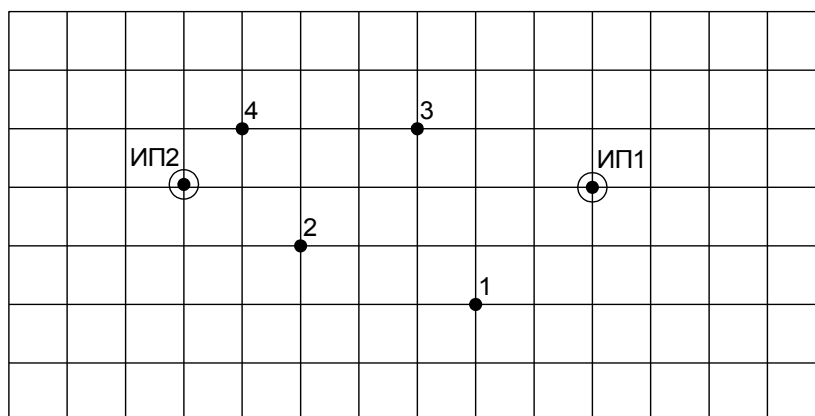
*Перечень тем индивидуальных заданий 6 семестра:*

1. Построение графика электрической нагрузки подстанции и определение его вероятностных характеристик;
2. Разработка вариантов конфигурации электрической сети, их технический анализ;
3. Выбор номинального напряжения сети, числа и мощности силовых трансформаторов на подстанциях, сечений линий электропередачи;
4. Техничко-экономическое сравнение вариантов схем электрических сетей;
5. Регулирование напряжения в сети;
6. Расчет режимов сложных схем электрической сети;
7. Анализ режимов и выбор мероприятий по улучшению схемно-режимной обстановки;
8. Расчет и анализ потерь электроэнергии в сети.

По темам 2 – 5 выдается одно комплексное индивидуальное задание.

*Пример комплексного индивидуального задания*

Выбрать вариант конфигурации схемы электрической сети, рассчитать номинальное напряжение сети, выбрать силовые трансформаторы, разработать схему распределительного устройства высокого напряжения, выбрать сечения линий.



$P_{cp1}=7 \text{ МВт};$

$P_{cp2}=21 \text{ МВт};$

$P_{cp3}=36$  МВт;                     $P_{cp4}=45$  МВт.

Масштаб: в 1 клетке 17 км. Район по гололёду – I.

Алгоритм выполнения домашних заданий лучше осваивать, изучая решения типовых задач. Примеры их решения приведены в [2].

### **2.3. Подготовка к лабораторной работе и выполнению отчета по ней**

В соответствии с рабочей программой по дисциплине должны быть выполнены следующие лабораторные работы:

1. Построение и анализ графиков электрической нагрузки подстанций
2. Исследование симметричного установившегося режима работы разомкнутой электрической сети
3. Исследование симметричного установившегося режима работы замкнутой сети с двумя источниками питания
4. Расчет и анализ установившегося режима с помощью промышленных ПВК
5. Исследование несимметричного установившегося режима работы электрической сети
6. Регулирование напряжения и активной мощности генератора, работающего в параллель с электрической системой

Предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студентов по лабораторному практикуму:

- Изучение теоретического материала по теме лабораторной работы;
- Изучение правил техники безопасности при работе с лабораторным оборудованием, находящимся под напряжением;
- Ознакомление с лабораторным стендом;
- Подготовка шаблонов таблиц по лабораторной работе;
- Подготовка к входному контролю-допуску к выполнению лабораторной работы;
- Оформление отчета по лабораторной работе;
- Подготовка к защите отчета по лабораторной работе.

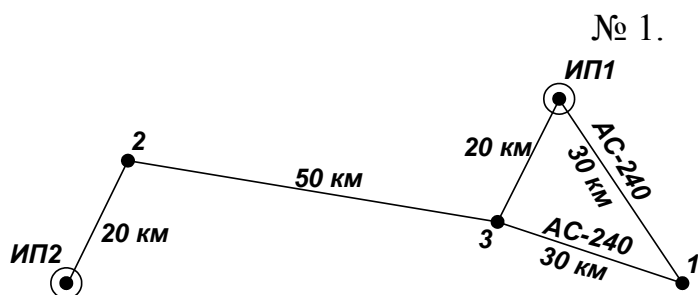
### 3. БАНК ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

#### 3.1. Индивидуальные задания для самостоятельной работы студентов

Полный комплект индивидуальных домашних заданий для 5 семестра приведен [2].

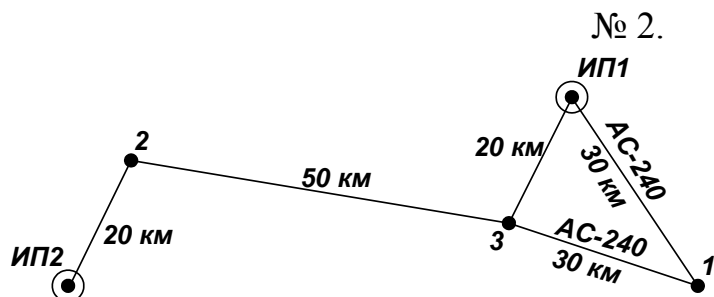
Для развития инженерного подхода к решению проектных задач индивидуальные задания по соответствующим темам 6 семестра разработаны комплексными, остальные задания сформированы по темам. Ниже приведены примеры индивидуальных заданий.

#### Проектирование электрической сети



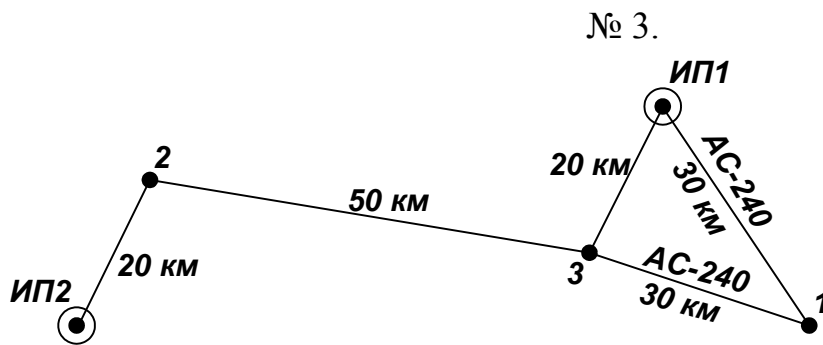
$P_1=9$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_1=0,7$ ;  
 $P_2=52$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_2=0,5$ ;  
 $P_3=26$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_3=0,45$ ;  
Район по гололёду –IV.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 3;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП2–2;
4. Выбрать КУ в сети по предельному коэффициенту реактивной мощности.



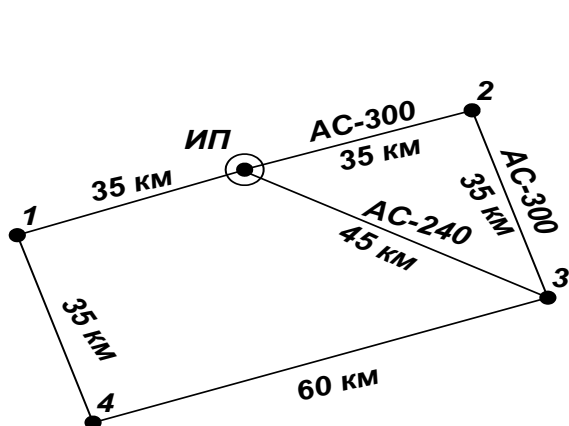
$P_1=15$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_1=0,6$   
 $P_2=46$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_2=0,4$   
 $P_3=28$  МВт,  $\operatorname{tg} \varphi_3=0,5$   
Район по гололёду –I.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 1;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП 2–3;
4. Выбрать КУ по балансирующему коэффициенту реактивной мощности



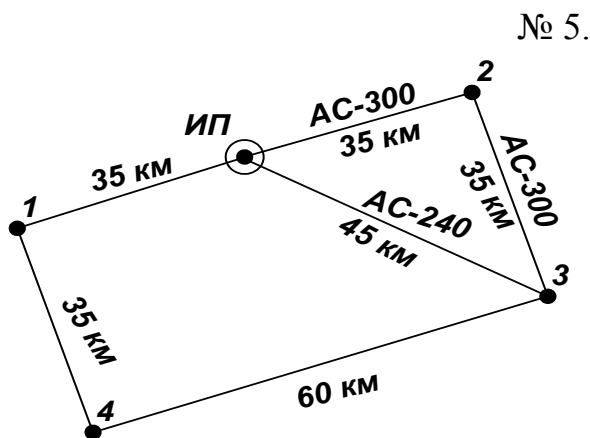
$P_1=25 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,4$   
 $P_2=35 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,5$   
 $P_3=41 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,6$   
 Район по гололёду –II.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 2;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП1–3;
4. Обеспечить на линии ИП 2 – ПС2  $\Delta U_{\text{доп}}=3 \%$ .



$P_1=28 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,6;$   
 $P_2=25 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,6;$   
 $P_3=31 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,5;$   
 $P_4=12 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_4=0,7;$   
 Район по гололёду –III.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 1;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП 3–4;
4. Отрегулировать напряжение на шинах 10 кВ ПС 1 с помощью РПН,  
 $U_{\text{ВН1}}=0,98 \cdot U_{\text{ном}}, \quad U_{\text{ННжел}}=10,5 \text{ кВ}.$

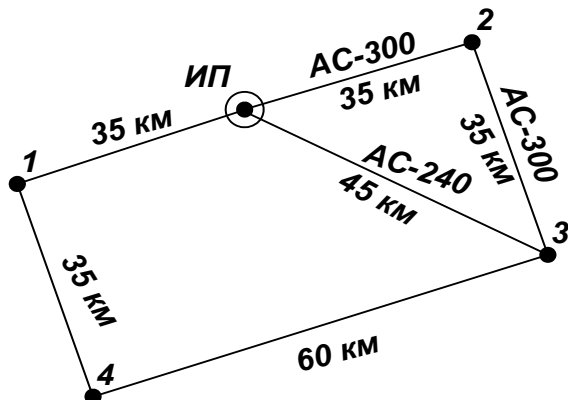


$P_1=40 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,5$   
 $P_2=16 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,4$   
 $P_3=17 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,4$   
 $P_4=50 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_4=0,3$   
 Район по гололёду –II.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 4;

3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП–1;
4. Обеспечить в ВЛ ИП–П1 при  $U_{ИП}=1,05U_{ном}$  падение напряжения  $\Delta U_{доп}=4\%$ .

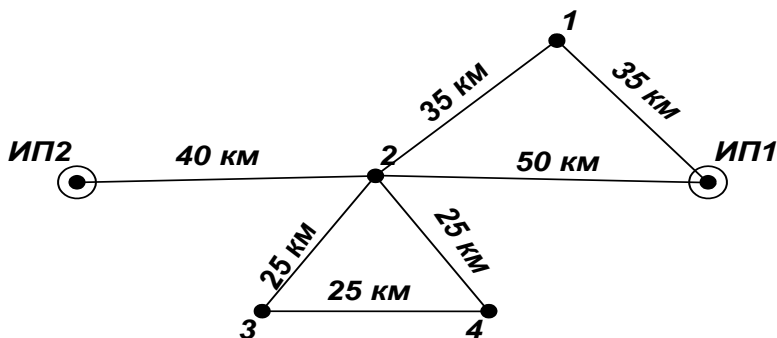
№ 6.



$P_1=21$  МВт,  $\text{tg } \varphi_1=0,4$ ;  
 $P_2=37$  МВт,  $\text{tg } \varphi_2=0,4$ ;  
 $P_3=19$  МВт,  $\text{tg } \varphi_3=0,5$ ;  
 $P_4=25$  МВт,  $\text{tg } \varphi_4=0,5$ ;  
 Район по гололёду –I.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 3;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП 1–4;
4. Обеспечить в ВЛ 1–4 при  $U_{ИП}=U_{ном}$ ,  $\Delta U_{доп}=6\%$ .

№ 7.

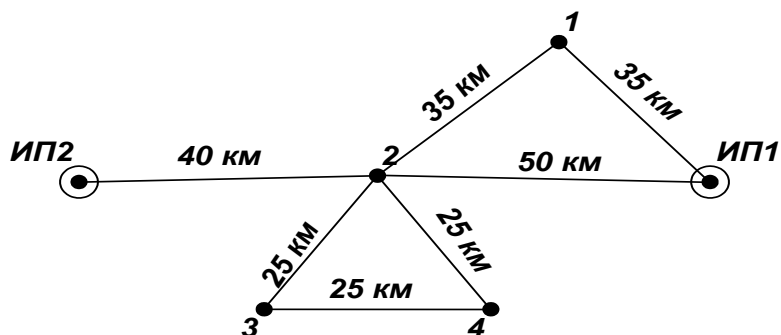


$P_1=48$  МВт,  $\text{tg } \varphi_1=0,7$ ;  
 $P_2=65$  МВт,  $\text{tg } \varphi_2=0,5$ ;  
 $P_3=14$  МВт,  $\text{tg } \varphi_3=0,9$ ;  
 $P_4=21$  МВт,  $\text{tg } \varphi_4=0,8$ ;  
 Район по гололёду –IV.

Номинальное напряжение линий 2–3, 2–4 и 3–4: 110 кВ; остальных – 220 кВ;

1. Выбрать автотрансформаторы для ПС 2;
2. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП1–1;
3. Обеспечить путем регулирования напряжения на ПС 2 при  $U_{ВН2}=225$  кВ,  $U_{СНжел}=115$  кВ;  $U_{ННжел}=10,3$  кВ.

№ 8.



$$P_1=54 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,6$$

$$P_2=70 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,4$$

$$P_3=7 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,7$$

$$P_4=15 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_4=0,8$$

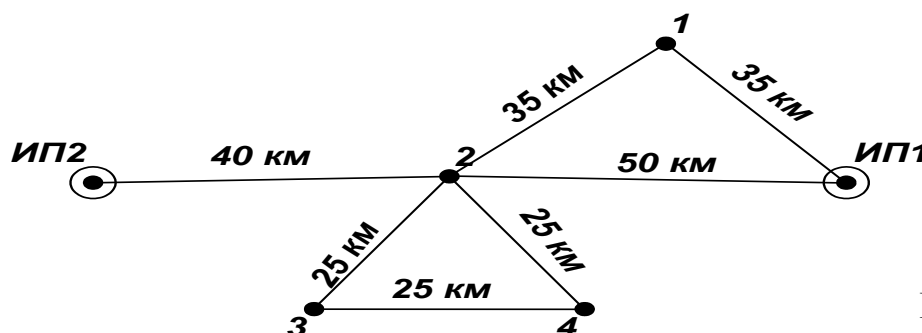
Район по гололёду – III.

Номинальное напряжение линий 2–3, 2–4 и 3–4: 110 кВ; остальных – 220

кВ;

1. Выбрать автотрансформаторы для ПС 2;
2. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП1–2;
3. Обеспечить путем регулирования напряжения на ПС 2 при  $U_{\text{ВН}2}=220$  кВ,  $U_{\text{СНжел}}=116$  кВ;  $U_{\text{ННжел}}=10,4$  кВ.

№ 9.



$$P_1=58 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,5$$

$$P_2=49 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,5$$

$$P_3=12 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,8$$

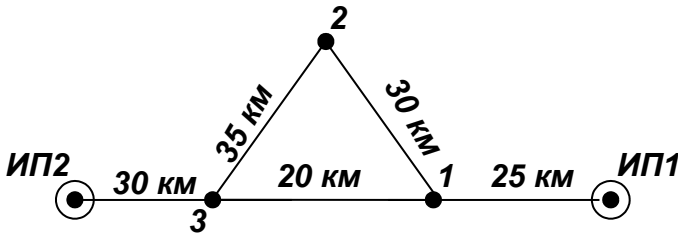
$$P_4=21 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_4=0,6$$

Район по гололёду – II.

Номинальное напряжение линий 2–3, 2–4 и 3–4: 110 кВ; остальных – 220 кВ;

1. Выбрать автотрансформаторы для ПС 2;
2. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП2–2;
3. Обеспечить путем регулирования напряжения на ПС 2 при  $U_{\text{ВН}2}=230$  кВ,  $U_{\text{СНжел}}=119$  кВ;  $U_{\text{ННжел}}=10,5$  кВ.

№ 10.



$$P_1=51 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,5$$

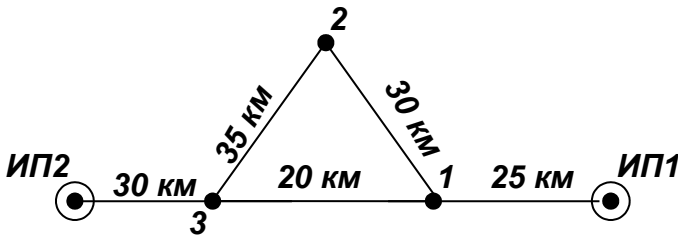
$$P_2=23 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,7$$

$$P_3=39 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,6$$

Район по гололёду –IV.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 1;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП2–3;
4. Отрегулировать напряжение на шинах 10 кВ ПС 1 с помощью РПН,  
 $U_{ВН1}=0,95 \cdot U_{\text{ном}}$ ,  $U_{\text{ННжел}}=10,5 \text{ кВ}$ .

№ 11.



$$P_1=34 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,5$$

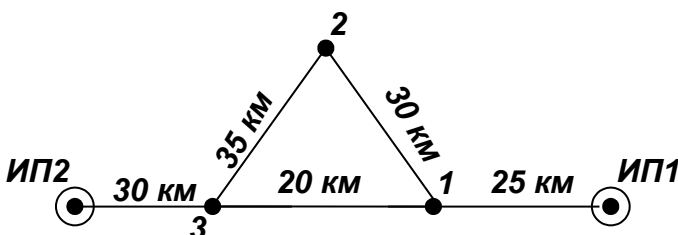
$$P_2=40 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,4$$

$$P_3=80 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,3$$

Район по гололёду –I.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 2;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП 1–2;
4. Отрегулировать напряжение на шинах 10 кВ ПС 2 с помощью РПН,  
 $U_{ВН2}=U_{\text{ном}}$ ,  $U_{\text{ННжел}}=10,3 \text{ кВ}$ .

№ 12.



$$P_1=35 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,5$$

$$P_2=63 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,4$$

$$P_3=41 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,6$$

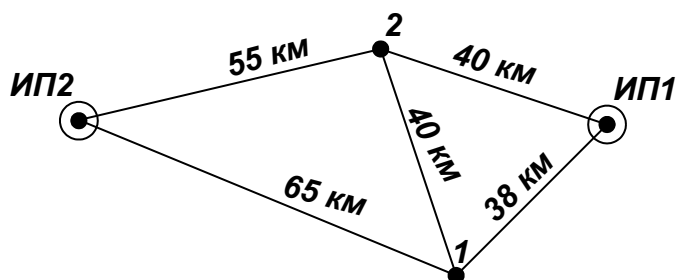
Район по гололёду –II.

1. Определить напряжение сети;



2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 3;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП1–1;
4. Отрегулировать напряжение на шинах 10 кВ ПС 3 с помощью РПН,  
 $U_{ВН3}=U_{ном}$ ,  $U_{ННжел}=10,4$  кВ.

№ 13.



$$P_1=15 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,7$$

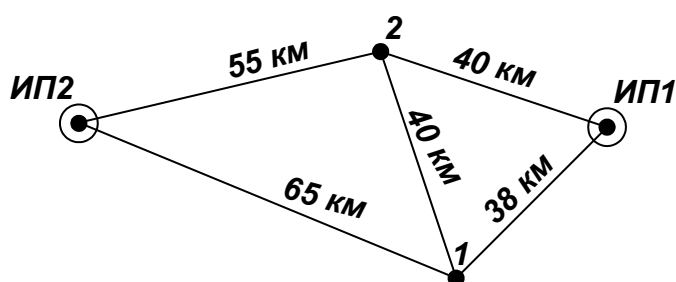
$$P_2=23 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,6$$

Район по гололёду –II.

Напряжение сети 110 кВ;

1. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 1;
2. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП1–1 и 1–2;
3. Отрегулировать напряжение на шинах 10 кВ ПС 1 с помощью РПН,  
 $U_{ВН1}=1,05U_{ном}$ ,  $U_{ННжел}=10$  кВ.

№ 14.



$$P_1=75 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,4$$

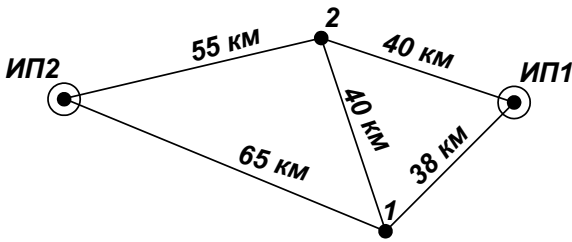
$$P_2=64 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,5$$

Район по гололёду –IV.

Напряжение сети 220 кВ;

1. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 2;
2. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП2–1 и ИП1–2;
3. Отрегулировать напряжение на шинах 10 кВ ПС 2 с помощью дополнительных КУ,  $U_{ВН2}=U_{ном}$ ,  $U_{ННжел}=10,5$  кВ.

№ 15.

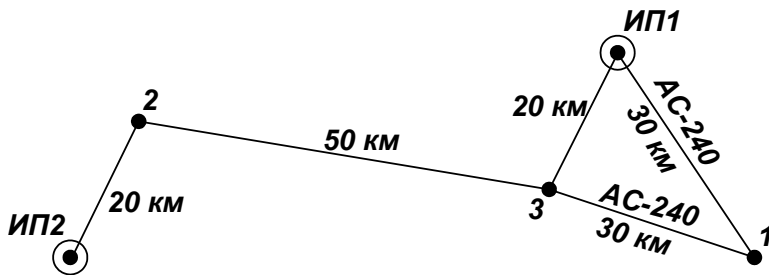


$P_1=27$  МВт,  $\text{tg } \varphi_1=0,6$   
 $P_2=19$  МВт,  $\text{tg } \varphi_2=0,65$   
 Район по гололёду –I.

Напряжение сети 110 кВ;

1. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 1;
2. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП2–1 и 1–2;
3. Отрегулировать напряжение на шинах 10 кВ ПС 1 с помощью дополнительных КУ,  $U_{ВН1}=U_{ном}$ ,  $U_{ННжел}=10,5$  кВ.

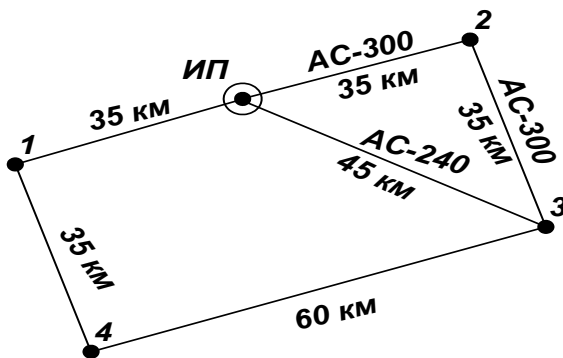
№ 16.



$P_1=19$  МВт,  $\text{tg } \varphi_1=0,6$ ;  
 $P_2=36$  МВт,  $\text{tg } \varphi_2=0,4$ ;  
 $P_3=41$  МВт,  $\text{tg } \varphi_3=0,5$ ;  
 Район по гололёду –I.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 3;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП2–2;
4. Рассчитать потери электроэнергии в выбранных элементах сети,  $K_{лет.сн}=0,7$ .

№ 17.

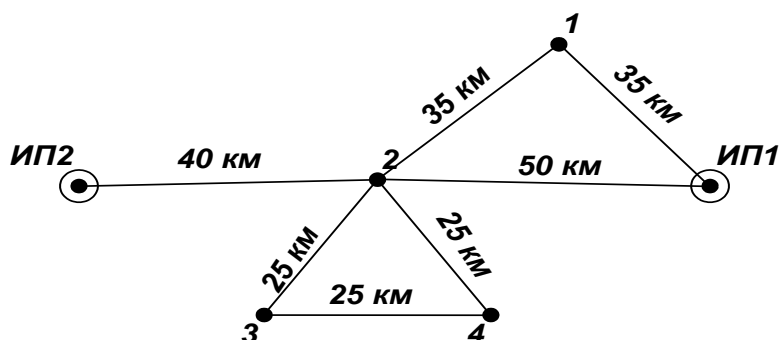


$P_1=24$  МВт,  $\text{tg } \varphi_1=0,6$ ;  
 $P_2=16$  МВт,  $\text{tg } \varphi_2=0,6$ ;  
 $P_3=43$  МВт,  $\text{tg } \varphi_3=0,5$ ;  
 $P_4=17$  МВт,  $\text{tg } \varphi_4=0,4$ ;  
 Район по гололёду –II.

1. Определить напряжение сети;

2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 2;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП 3–4;
4. Рассчитать потери электроэнергии в выбранных элементах сети,  
 $K_{\text{лет.сн}}=0,68$ .

№ 18.

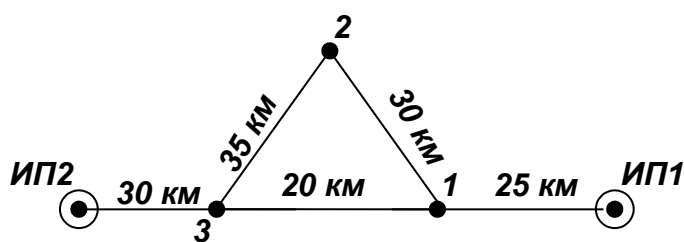


$P_1=41 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,3;$   
 $P_2=56 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,4;$   
 $P_3=15 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,7;$   
 $P_4=17 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_4=0,8;$   
 Район по гололёду –I.

Номинальное напряжение линий 2–3, 2–4 и 3–4: 110 кВ; остальных – 220 кВ;

1. Выбрать трансформаторы для ПС 1;
2. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП1–1 и 2–3;
3. Рассчитать потери электроэнергии в выбранных элементах сети,  
 $K_{\text{лет.сн}}=0,65$ .

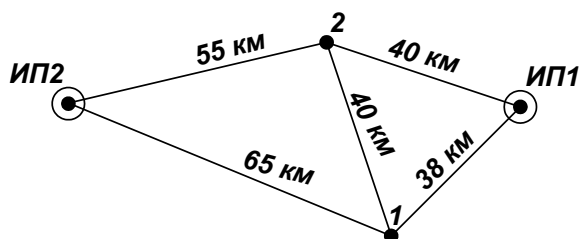
№ 19.



$P_1=65 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,5$   
 $P_2=81 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,5$   
 $P_3=46 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,3$   
 Район по гололёду –I.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 1;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП2–3 и 1–2;
4. Рассчитать потери электроэнергии в выбранных элементах сети,  
 $K_{\text{лет.сн}}=0,75$ .

№ 20.



$$P_1=69 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,4$$

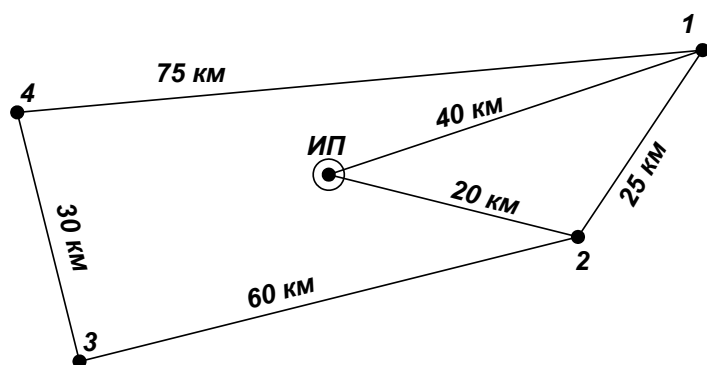
$$P_2=54 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,6$$

Район по гололёду –III.

Напряжение сети 220 кВ;

1. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 2;
2. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП1–1;
3. Произвести компенсацию реактивной мощности при установленном в договоре на технологическое присоединение ПС 2  $\text{tg}\varphi=0,3$ .

№ 21.



$$P_1=38 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,7;$$

$$P_2=12 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,8;$$

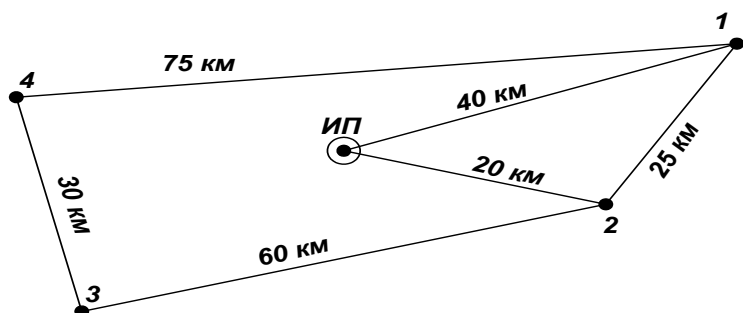
$$P_3=24 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,7;$$

$$P_4=28 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_4=0,6;$$

Район по гололёду –I.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 1;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП–1;
4. Произвести компенсацию реактивной мощности при установленном в договоре на технологическое присоединение ПС 2  $\text{tg}\varphi=0,35$ .

№ 22.



$$P_1=46 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_1=0,5;$$

$$P_2=24 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_2=0,4;$$

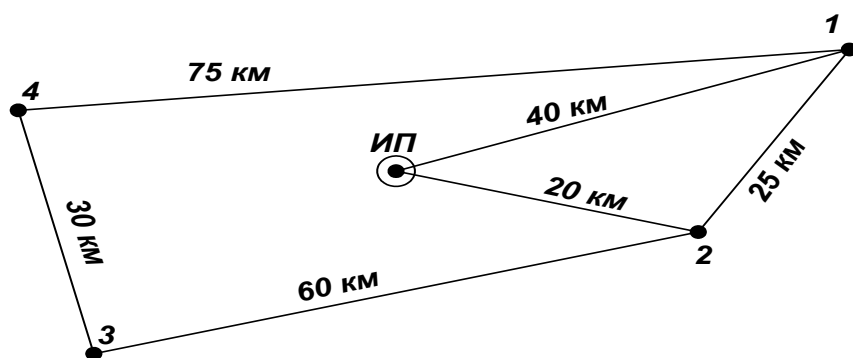
$$P_3=48 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_3=0,3;$$

$$P_4=32 \text{ МВт}, \quad \text{tg } \varphi_4=0,5;$$

Район по гололёду –II.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 2;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП 2–3;
4. Произвести компенсацию реактивной мощности при установленном в договоре на технологическое присоединение ПС 2  $\text{tg}\varphi=0,25$

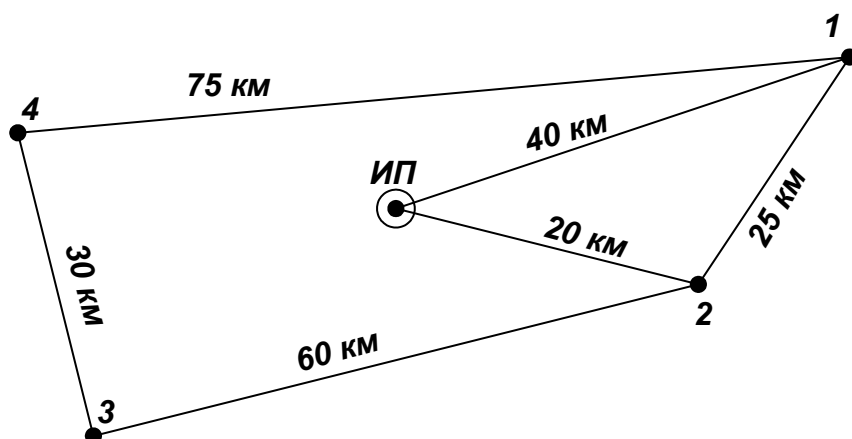
№ 23.



$P_1=30$  МВт,  $\text{tg } \varphi_1=0,6$ ;  
 $P_2=17$  МВт,  $\text{tg } \varphi_2=0,7$ ;  
 $P_3=29$  МВт,  $\text{tg } \varphi_3=0,7$ ;  
 $P_4=56$  МВт,  $\text{tg } \varphi_4=0,4$ ;  
 Район по гололёду –IV.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 3;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП ИП–1;
4. Произвести компенсацию реактивной мощности при установленном в договоре на технологическое присоединение ПС 2  $\text{tg}\varphi=0,3$ .

№ 24.



$P_1=42$  МВт,  $\text{tg } \varphi_1=0,5$ ;  
 $P_2=37$  МВт,  $\text{tg } \varphi_2=0,4$ ;  
 $P_3=26$  МВт,  $\text{tg } \varphi_3=0,3$ ;  
 $P_4=25$  МВт,  $\text{tg } \varphi_4=0,5$ ;  
 Район по гололёду –II.

1. Определить напряжение сети;
2. Выбрать силовые трансформаторы для ПС 4;
3. Выбрать сечение проводов ВЛЭП 3–4;
4. Рассчитать потери электроэнергии в выбранных элементах сети,  $K_{\text{лет.сн}}=0,72$ .

*Выбор синхронных компенсаторов (СК) или  
статических тиристорных компенсаторов (СТК)*

Выбрать тип и число синхронных компенсаторов или СТК для регулирования напряжения в сети. Схема приведена на рис. Исходные данные приведены в табл.3.1.

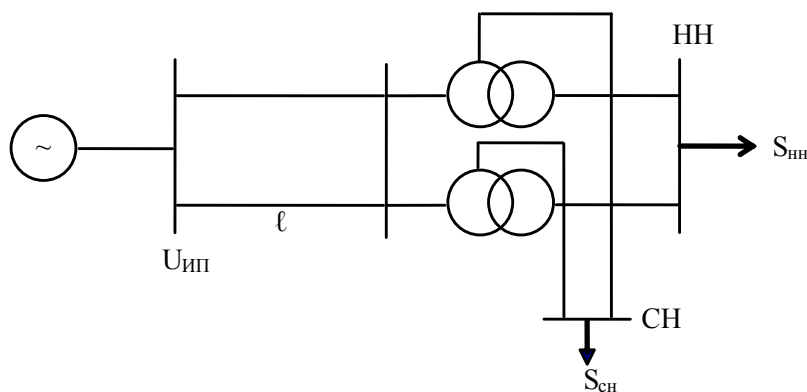


Таблица 3.1. – Исходные данные к индивидуальному заданию

№ варианта	$U_{un,}$ (кВ)	$l,$ (км)	$S_{сн},$ МВА	$S_{нн},$ МВА	$U_{жел,}^{сн},$ (кВ)	$U_{жел,}^{нн},$ (кВ)
1	242	84	91+j48	70+j30	120	10,4
2	237	90	77+j 41	33+ j 20	121	10,2
3	240	103	94+ j32	67 + j35	118	10,5
4	241	102	100+j45	100+ j50	120	10
5	230	105	55+ j26	40+ j18	120	10,5
6	235	84	90+ j40	100+ j45	124	10,3
7	242	110	110+ j50	180+ j80	123	10,1
8	240	67	50+ j22	45+ j20	121	10,5
9	238	94	82+ j54	37+ j20	120	10,3
10	229	91	43+ j22	43+ j21	120	10,5
11	236	112	69+ j45	43+ j30	119	10,4
12	228	100	71+ j42	52+ j27	119	10,4
13	240	94	74+ j40	52+ j35	120	10,3
14	238	70	73+ j38	52+ j30	119	10,4
15	240	86	60+ j37	44+ j28	120	10,5
16	239	111	69+ j39	41+ j27	118	10,5
17	227	96	81+ j40	50+ j29	121	10,4
18	234	120	88+ j64	37+ j20	118	10,5
19	236	120	75+ j40	52+ j33	117	10,5
20	230	85	80+ j45	43+ j21	120	10,4

*Выбор устройств продольной компенсации реактивной мощности (УПК)*

Выбрать установку продольной компенсации, определив необходимое число конденсаторов, номинальное напряжение и установленную мощность батареи конденсаторов для следующих условий. Районная понижающая подстан-

ция связана с центром питания ВЛЭП длиной  $l$ . Наибольшая расчетная нагрузка подстанции приведена в таблице. По условиям работы потребителей потери напряжения в ВЛЭП при этой нагрузке не должны превышать  $\Delta U_{\text{доп}}$ , %, приведенную в таблице. Для снижения потерь напряжения в каждую фазу ВЛ необходимо включить однофазные трансформаторные конденсаторы, напряжением 0,66 кВ. Исходные данные приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2. – Исходные данные к индивидуальному заданию

№ варианта	U источника питания, кВ	Марка провода	Длина ВЛ, км	Количество цепей	Расчетная нагрузка подстанции, МВА	Допустимые потери напряжения, %
1	112	АС-120	100	2	30+j20	5
2	115	АС-185	20	1	45+j25	6
3	220	АС-240	150	1	80+j40	8
4	230	АС-300	180	2	100+j55	7
5	117	АС-150	110	1	40+j25	5
6	225	АС-400	200	2	120+j50	8
7	110	АС-240	105	2	50+j25	6
8	235	АС-240	170	1	110+j50	7
9	120	АС-150	120	2	68+j32	6
10	119	АС-185	135	1	74+j38	5
11	229	АС-400	220	1	160+j38	4
12	116	АС-150	117	2	96+j54	5
13	110	выбрать	90	2	70+j25	5
14	220	выбрать	110	2	85+j51	5,5
15	110	выбрать	105	2	61+j24	5,7
16	10	АС-35	25	1	5+j3	3
17	220	АС-240	110	2	145+j75	5
18	35	АС-120	87	1	40+j25	4,7
19	120	АС-185	87	1	42+j21	5,5
20	232	АС-240	150	1	130+j90	6,5
21	115	АС-120	115	1	15+j10	4,7
22	112	АС-150	93	2	43+j21	4,5
23	117	АС-185	99	1	33+j25	4,6
24	117	АС-150	90	1	51+j20	4,5
25	35	выбрать	42	2	37+j20	5,5
26	117	АС-240	105	1	45+j24	4,3
27	110	выбрать	77	2	49+j28	5,2
28	110	АС-150	120	1	45+j40	7
29	225	АС-240	123	1	77+j50	6,1
30	35	выбрать	42	2	32+j18	5
31	220	выбрать	110	2	110,5+j66,3	5,5
32	220	АС-240	150	1	120+j60	8
33	220	АС-240	110	2	188,5+j97,5	5
34	220	выбрать	110	2	127,5+j76,5	5,5
35	220	АС-240	110	2	217,5+j112,5	5

### *Оценка допустимости неполнофазных режимов*

Проверить возможность неполнофазного режима при отключении одной фазы ВЛ напряжением 220 кВ, питающей трехфазный автотрансформатор АТ. Обмотки автотрансформатора соединены по схеме  $Y_{-0} / \Delta$ . Мощность трехфазного короткого замыкания на шинах 220 кВ автотрансформатора равна 4000 МВА. Исходные данные приведены в табл. 3.1.

#### *Примеры тестового задания*

Выбрать все правильные ответы или дополнить ответ.

**1. Сечения ВЛ 110 кВ правильнее выбирать по**

- а) методу экономических токовых интервалов.
- б) по нагреву длительно допустимым током.
- в) по допустимой потере напряжения.

**2. Для линии длиной 10 км и нагрузкой 10 МВА рациональное напряжение выбирают по формуле:**

- а) Залесского;
- б) Илларионова;
- в) Стилла;

**3. Мощность силового трансформатора выбирают по:**

- а) максимальной активной и реактивной мощности;
- б) по средней активной и некомпенсированной реактивной мощности;
- в) по средней активной и реактивной мощности;
- г) по среднеквадратичной активной и некомпенсированной реактивной мощности.

**4. Регулирование напряжения в короткой сети осуществляют путем:**

- а) поперечной компенсации реактивной мощности;
- б) продольной компенсации реактивной мощности;
- в) с помощью отпаек РПН.

**5. Технико-экономическое сравнение вариантов проводят по**

- а) среднегодовым эквивалентным расходам;



б) ЧДД;

в) простому сроку окупаемости.

**6. Предельный коэффициент реактивной мощности на шинах 10 кВ**

**ПС равен:**

а) 0,5

б) 0,3

в) 0,4

**7. Необходимо подключить новую подстанцию к рядом проходящей двухцепной линии. Какое типовое РУ ВН лучше выбрать?**

а) два блока трансформатор-линия;

б) схема мостик с выключателями в цепях линий;

в) односекционированная система шин с обходной.

**8. При прогнозировании электрических нагрузок распределительной сети время прогноза принимают равным:**

а) 1 год;

б) 5 лет;

в) 10-15 лет.

**9. Эксплуатационные издержки включают в себя:**

а) амортизационные отчисления;

б) капитальные вложения;

в) стоимость потерь электроэнергии;

г) стоимость услуг по передаче электроэнергии по сети;

д) отчисления на ремонт и обслуживание.

**10. При разработке конфигурации электрической сети используют следующие принципы \_\_\_\_\_.**

### **3.2. Вопросы для самопроверки**

Контрольные вопросы и задания к экзамену

5 семестр

1. Общие сведения об электроэнергетических системах.

2. Классификация электрических сетей.
3. Стандартный ряд номинальных напряжений и наибольшие рабочие значения напряжений.
4. Преимущества объединённых энергосистем.
5. Линии электропередачи переменного и постоянного тока.
6. Понижающие и преобразовательные подстанции. Характеристика оборудования подстанций.
7. Системообразующие сети, пример.
8. Питающие сети, пример.
9. Распределительные сети, пример.
10. Типы конфигураций электрических сетей.
11. Способы присоединения подстанций к электрической сети.
12. Схемы электрических соединений подстанций.
13. Конструктивные элементы ВЛЭП и их назначение.
14. Транспозиция проводов, и с какой целью она применяется.
15. Высота опоры, длина пролёта, стрела провеса. Ориентировочные значения длин пролётов ВЛЭП разных классов номинальных напряжений.
16. Провода и их характеристика, конструктивное исполнение.
17. Марки грозозащитных тросов и области их применения.
18. Виды и типы опор. Их назначение и конструктивное исполнение.
19. Унификация конструкций металлических и железобетонных опор.  
Шифры опор.
20. Расположение проводов на опоре.
21. Классификация линейных изоляторов, их конструктивное исполнение.  
Количество изоляторов в гирляндах на ВЛЭП различных номинальных напряжений.
22. Виды линейной арматуры, её назначение.
23. Изолированные воздушные линии (ВЛИ)
24. Классификация кабелей.
25. Кабели напряжением до 1 кВ.

26. Кабели напряжением 3 – 10 кВ.
27. Кабели напряжением 20, 35 кВ.
28. Маслонаполненные кабели низкого давления.
29. Маслонаполненные кабели высокого давления.
30. Газоизолированные линии и газонаполненные кабели.
31. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.
32. Принцип формирования марок кабелей. Примеры маркировки кабелей.
33. Кабельная арматура, её назначение.
34. Прокладка кабелей.
35. Схемы замещения ЛЭП и их параметры.
36. Каталожные данные трансформаторов, основные понятия и определения.
37. Схема соединения обмоток автотрансформатора. Типовая и номинальная мощности автотрансформаторов.
38. Схема замещения двухобмоточного трансформатора и её параметры.
39. Схема замещения трансформатора с расщепленной обмоткой и её параметры.
40. Схема замещения трёхобмоточного трансформатора, её параметры.
41. Схема замещения автотрансформатора, её параметры.
42. Определение потерь мощности в двухобмоточном трансформаторе.
43. Определение потерь мощности в трёхобмоточном трансформаторе и автотрансформаторе.
44. Приведенная и расчётная нагрузка узла.
45. Падение и потеря напряжения.
46. Расчёт режима линий при заданном токе нагрузки по данным «конца».
47. Расчёт режима линий при заданном токе нагрузки по данным «начала».
48. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при расчёте режима линии.
49. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «конца».
50. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «начала».

51. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при расчёте режимов разомкнутых сетей.
52. Определение потоков мощности на головных участках в простых замкнутых сетях и в сетях с двухсторонним питанием.
53. Расчёт кольцевых сетей.
54. Расчет простой замкнутой сети с двумя точками потокораздела.
55. Расчёт режимов сетей с двухсторонним питанием.
56. Определение напряжения на стороне низшего напряжения подстанции с двухобмоточными трансформаторами.
57. Определение напряжения на сторонах среднего и низшего напряжений подстанции с трёхобмоточными трансформаторами и автотрансформаторами.
58. Расчёт сетей с различными номинальными напряжениями.
59. Регулирование напряжения в электрической сети.
60. Выбор ответвлений РПН в двухобмоточных трансформаторах
61. Выбор ответвлений РПН в трехобмоточных трансформаторах
62. Выбор ответвлений РПН в автотрансформаторах.
63. Линейные регуляторы и область их применения. Выбор ответвлений линейных регуляторов.
64. Расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей в послеаварийных режимах.
65. Особенности расчёта режимов в однородных электрических сетях.
66. Определение наибольшей потери напряжения.
67. Особенности расчёта режима сетей с равномерно распределённой нагрузкой.
68. Электрические нагрузки узлов электрических сетей.
69. Статические и динамические характеристики разных видов нагрузок, понятия и физическая сущность.
70. Обобщённые статические нагрузки по напряжению и частоте комплексной нагрузки.

71. Задание нагрузки при расчётах режимов.
72. Представление генераторов при расчётах установившихся режимов.
73. Баланс активной мощности в энергосистеме и его связь с частотой.
74. Регулирование частоты вращения турбины
75. Регулирование частоты в электроэнергетической системе.
76. Баланс реактивной мощности в энергосистеме и его связь с напряжением.

Задания для экзамена сформированы в виде задач, включающих в себя составление схем замещения электрических сетей и определение их параметров, определение приведенной и расчетной мощностей нагрузки узлов электрической сети, расчет режимов разомкнутых и замкнутых сетей, сетей с двумя уровнями номинального напряжения, обеспечение желаемого уровня номинального напряжения на шинах подстанции с помощью РПН и линейных регуляторов.

#### 6 семестр

1. Тенденции и перспективы развития электроэнергетических систем.
2. Цели и задачи проектирования электроэнергетических систем
3. Исходные данные для проектирования электрических сетей, электроэнергетических систем, их достоверность и полнота
4. Графики электрических нагрузок (ГЭН) и их анализ при проектировании электрических сетей
5. Построение ГЭН подстанций из типовых графиков при различных способах задания информации
6. Долгосрочное прогнозирование ГЭН
7. Практическое применение формулы сложных процентов при прогнозировании электрических нагрузок
8. Переход от реальных ГЭН к ГЭН в относительных единицах и построение прогнозируемого ГЭН
9. Влияние режимов работы потребителей на формирование ГЭН подстанций

10. Понятие «Число часов использования наибольшей нагрузки» и его определение
11. Техничко-экономические основы проектирования электрических сетей
12. Характеристика района проектирования электрической сети
13. Общие требования к схемам электрических сетей. Принципы формирования вариантов конфигурации электрической сети
14. Выбор схем построения сети. Принципы технического отбора конкурентоспособных вариантов сетей при проектировании
15. Учет фактора надежности при проектировании электрических сетей
16. Критерии выбора оптимального варианта, алгоритм выбора
17. Капитальные вложения
18. Эксплуатационные издержки
19. Чистый дисконтированный доход, эквивалентные годовые расходы (годовые приведенные затраты) и срок окупаемости капитальных затрат.
20. Техничко-экономическое сравнение вариантов электрической сети. Выбор оптимального варианта схемы электрической сети при проектировании
21. Определение потерь электрической энергии при проектировании электрической сети
22. Выбор рационального напряжения сети
23. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на ПС
24. Определение сечения проводов и кабелей по экономической плотности тока
25. Определение сечения проводов по экономическим токовым интервалам
26. Определение сечений линий в распределительных сетях по допустимой потере напряжения
27. Особенности выбора и проверки сечений в замкнутых сетях
28. Проверка сечений линий по нагреву длительно допустимым током
29. Проектирование схем электрических сетей

30. Основы расчета нормальных режимов сложных электрических сетей
31. Представление системы уравнений узловых напряжений (УУН) для ее решения на ПК. Раздельное решение уравнений узловых напряжений
32. Сходимость решения уравнений установившегося режима
33. Существование решения системы УУН
34. Единственность решения нелинейных УУН
35. Чувствительность решения нелинейных УУН
36. Преобразование сети при расчете режимов электроэнергетических систем большой сложности
37. Исключение узлов при расчете режимов электроэнергетических систем большой сложности
38. Метод расщепления сети. Расчеты однородных сетей
39. Расчет системы УУН при перспективном проектировании схем энергосистем
40. Учет слабой заполненности матрицы узловых проводимостей
41. Методы эквивалентирования сети
42. Эквивалентирование при расчетах УУН систем большой сложности
43. Разделение электроэнергетических систем на подсистемы при расчете режимов
44. Методы решения уравнений узловых напряжений.
45. Матричные и топологические методы расчета режимов электроэнергетических систем
46. Способы задания параметров элементов схемы, нагрузочных и генераторных узлов. Балансирующий узел
47. Расчет режимов с помощью промышленных программно-вычислительных комплексов
48. Анализ установившихся режимов
49. Особые режимы электрических сетей и их анализ
50. Источники, вызывающие особые режимы в электрической сети
51. Симметрирование режима

52. Порядок расчета неполнофазного режима
53. Условия допустимости работы с длительно неполнофазным режимом
54. Представление системы УУН для анализа несинусоидальных режимов
55. Источники и потребители реактивной мощности
56. Балансовая задача компенсации реактивной мощности
57. Экономическая задача компенсации реактивной мощности
58. Регулирование напряжения в сети продольной компенсацией реактивной мощности
59. Регулирование напряжения в сети поперечной компенсацией реактивной мощности
60. Технические средства компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения
61. Расчет потерь мощности и электроэнергии в элементах электрических сетей.
62. Анализ потерь мощности и электроэнергии.
63. Основные мероприятия по снижению потерь электроэнергии.
64. Первичное, вторичное и третичное регулирования частоты
65. Противоаварийные мероприятия при снижении частоты в электроэнергетических системах

Задания для экзамена сформированы в виде инженерных задач, включающих в себя проектирование электрических сетей, регулирование напряжения с помощью компенсирующих устройств, преобразование сложнзамкнутых электрических сетей для расчета режимов, использование практических приемов для ускорения расчетов режимов на ПК, представление схем электрической сети и ее параметров для расчета на ПК, анализ особых режимов.

#### Вопросы к защите курсового проекта (6 семестр)

1. Классификация электрических сетей.
2. Стандартный ряд номинальных напряжений и наибольшие рабочие значения напряжений.
3. Какие бывают опоры? Их назначение.



4. Классификация линейных изоляторов, их конструктивное исполнение.
5. Виды линейной арматуры, её назначение.
6. Задание нагрузки при расчётах режимов.
7. Представление генераторов при расчётах установившихся режимов.
8. Схемы замещения ВЛЭП и их параметры.
9. Схема замещения двухобмоточного трансформатора и её параметры.
10. Схема замещения трансформатора с расщепленной обмоткой и её параметры.
11. Схема замещения трёхобмоточного трансформатора, её параметры.
12. Схема замещения автотрансформатора, её параметры.
13. Определение потерь мощности в двухобмоточном трансформаторе.
14. Определение потерь мощности в трёхобмоточном трансформаторе и автотрансформаторе.
15. Приведенная и расчётная нагрузка узла.
16. Схемы электрических сетей.
17. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «начала».
18. Расчёт кольцевых сетей.
19. Особенности расчёта режимов в однородных электрических сетях.
20. Расчёт режимов сетей с двухсторонним питанием.
21. Определение наибольшей потери напряжения.
22. Определение напряжения на стороне низшего напряжения подстанции с двухобмоточными трансформаторами.
23. Определение напряжения на сторонах среднего и низшего напряжений подстанции с трёхобмоточными трансформаторами и автотрансформаторами.
24. Расчёт сетей с различными номинальными напряжениями.
25. Регулирование напряжения с помощью РПН трансформаторов и линейных регуляторов.
26. Выбор ответвлений РПН в двухобмоточных трансформаторах.
27. Выбор ответвлений РПН в трёхобмоточных трансформаторах.

28. Выбор ответвлений РПН в автотрансформаторах.
29. Способы присоединения подстанций к электрической сети.
30. Схемы электрических соединений подстанций.
31. В чем заключается характеристика района проектирования?
32. Какие климатические характеристики нужно знать при проектировании и для чего?
33. Расчет электрических нагрузок с помощью вероятностных характеристик.
34. Выбор номинального напряжения сети.
35. Принципы составления вариантов конфигурации электрической сети.
36. Выбор сечений проводов ВЛ методом экономических токовых интервалов.
37. Выбор сечений проводников по нагреву длительно-допустимым током.
38. Выбор сечений проводников по допустимой потере напряжения.
39. Технический анализ вариантов конфигурации сети.
40. Чистый дисконтированный доход. Среднегодовые эквивалентные затраты.
41. Капитальные вложения.
42. Эксплуатационные издержки.
43. Расчет потерь электроэнергии.
44. Три задачи компенсации реактивной мощности.
45. Балансовый расчет компенсации реактивной мощности.
46. Выбор компенсирующих устройств методом поперечной компенсации.
47. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов.
48. Схемы распределительных устройств подстанций.
49. Подготовка исходной информации для расчета режимов с помощью ПВК RastrWin.
50. Характеристика ПВК, используемых для расчета режимов.
51. Проверка правильности расчетов режимов с помощью ПВК.
52. В чем заключается анализ режимов, и с какой целью его проводят.
53. Встречное регулирование напряжения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студентов в период обучения.

Рассмотрены следующие виды выполнения самостоятельной работы:

- постановка задания по работе с теоретическим разделом;
- обсуждение результатов работы по теоретическому курсу, выносимому на самостоятельную проработку;
- постановка задания по выполнению индивидуального практического и домашнего задания;
- обсуждение и анализ результатов выполнения индивидуального задания, расчетно-графической работы;
- подготовка к выполнению лабораторной работе и защите отчета по ней, контрольной работе, подготовка к экзамену.

Методические указания направлены на организацию самостоятельной работе студентов, таким образом, чтобы обеспечить качественное усвоение материала дисциплины, научить студентов основам проектирования электроэнергетических систем, методам расчета и анализа установившихся режимов сложнозамкнутых электрических сетей, компенсации реактивной мощности и регулированию напряжения в электрической сети.

В методических указаниях представлены структура, задания и методика реализации всех видов самостоятельной работы в соответствии с рабочей программой дисциплины, что поможет студентам лучше освоить материал дисциплины и получить профессиональные навыки по его применению к реальным объектам электроэнергетической системы и электрических сетей

Приведенные индивидуальные задания направлены на развитие практических навыков по проектированию электрической сети с учетом компенсации реактивной мощности, по расчету и улучшению режимной ситуации сети.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

а) основная литература:

1. Савина, Н.В. Электроэнергетические системы и сети, часть первая [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Савина. – Благовещенск : Амурский гос. ун-т, 2014. – 177 с. - Режим доступа : [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7062.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7062.pdf)
2. Савина, Н.В. Практикум по электрическим сетям [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Савина, Ю.В. Мясоедов, В.Ю. Маркитан. – Благовещенск : Амурский гос. ун-т, 2014. – 254 с. - Режим доступа : [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7127.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7127.pdf)
3. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным занятиям / сост. : В. Ю. Маркитан, В. В. Рябинин. – Благовещенск : Изд-во АмГУ, 2014. – 100 с. - Режим доступа : [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7083.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7083.pdf)
4. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : методические указания к курсовому проектированию / Н. В. Савина. – Благовещенск : Изд-во АмГУ, 2013. – 59 с. - Режим доступа : [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/7154.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7154.pdf)
5. Розанов, Ю.К. Основы современной энергетики. Том 2. Современная электроэнергетика. [Электронный ресурс] : учеб. / Розанов Ю.К., Старшинов В.А., Серебрянников С.В.. — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2010. — 632 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72256>

б) дополнительная литература:

1. Экономика и управление энергетическими предприятиями [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений / Т.Ф. Басова [и др.] / под ред. Н.Н. Кожевникова. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 432 с.
2. Электрические системы. Электрические сети [Текст] : учеб. для электроэнерг. спец. вузов / ред. В. А. Веников. -2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1998. - 512 с.

3. Электротехнический справочник. Том 3: Производство, передача и распределение электрической энергии. [Электронный ресурс] : справ. — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2009. — 964 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72341>
4. Справочник по проектированию электрических сетей [Текст] / под ред. Д. Л. Файбисовича. - 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2009. - 391 с.
5. Поспелов, Г.Е. Электрические системы и сети: проектирование [Текст] : учеб. пособие / Г. Е. Поспелов, В. Т. Федин. - 2-е изд., испр. и доп. - Минск : Высш. шк., 1988. - 308 с.
6. Блок, В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов [Текст] : учеб. пособие / В.М. Блок, Г.К. Обушев, Л.В. Паперно; ред. В.М. Блок. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1990. - 384 с.
7. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии [Текст] : учеб. пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. - М. : КНОРУС, 2012. – 648 с.
8. Ушаков, В. Я. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. Я. Ушаков. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 446 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-00649-0. — Режим доступа : <http://www.biblio-online.ru/book/22CAF331-A36E-4A5D-A512-EF7D3D51F554>
9. Ковалев И.Н. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : учебник / И.Н. Ковалев. — Электрон. текстовые данные. — М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. — 364 с. — 978-5-89035-813-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45349.html>
10. Лыкин, А. В. Электроэнергетические системы и сети : учебник для вузов / А. В. Лыкин. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 360 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-04321-1. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/0708239C-0BAF-4AB2-9959-ED70AFE42F7E](http://www.biblio-online.ru/book/0708239C-0BAF-4AB2-9959-ED70AFE42F7E)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Савина Наталья Викторовна,**  
зав. кафедрой энергетики АмГУ, доктор техн. наук, профессор

**Электроэнергетические системы и сети.** Методические указания для самостоятельной работы.