

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для  
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**Б1.В.ДВ.08.02 Электрические сети и системы**

**Направление подготовки:** 35.03.06 Агроинженерия

**Профиль образовательной программы:** Электрооборудование и электротехнологии

**Форма обучения :** очная

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1.Организация самостоятельной работы.....</b>	<b>3</b>
<b>2.Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов .....</b>	<b>4</b>
<b>3.Методические рекомендации по подготовке к занятиям .....</b>	<b>9</b>
3.1Лабораторная работа № ЛР-1 Измерения параметров установившегося режима работы силового трансформатора.....	9
3.2Лабораторная работа № ЛР-2 Измерения параметровустановившегося режима работы линии электропередач.....	9
3.3Лабораторная работа № ЛР-3 Измерения параметров установившегося режима работы линии электропередач.....	9
3.4Лабораторная работа № ЛР-4 Измерения параметров установившегося режима работы разомкнутой распределительной электросети .....	9
3.5Лабораторная работа № ЛР-5 Снятие статической характеристики мощности по напряжению батареи конденсаторов .....	9
3.6Лабораторная работа № ЛР-6 Влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети.....	10
3.7Лабораторная работа № ЛР-7 Влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети.....	10
3.8Лабораторная работа № ЛР-8 Оперативные переключения в электрических сетях .....	10

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## 1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п.	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы (из табл. 5.1 РПД)				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовка реферата/эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятельное изучение вопросов (СИБ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	Предмет и значение дисциплины				8	4
2	Воздушные и кабельные ЛЭП				6	4
3	Схемы замещения элементов электрических сетей				6	2
4	Виды графиков: суточные, годовые.				6	2
5	Способы расчета расхода электрической энергии по графикам нагрузок, способы построения графиков нагрузок.				6	4
6	Расчет разомкнутых сетей. Расчет простых замкнутых сетей.				6	2
7	Расчет кольцевых сетей с учетом потерь мощности. Расчет сложно-замкнутых сетей.				6	4
8	Выбор числа и мощности трансформаторов по максимальной нагрузке и категории надежности потребителей				6	2
9	Выбор числа и мощности трансформаторов по графику нагрузки				6	4

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО

## САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

### 2.1 Основные понятия о сетях и системах

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.  
Основные понятия и определения

Электрическая энергия производится, передается и распределяется потребителям по специально созданным структурам, которые называются электрическими системами (электрическими сетями). Рассмотрим основные понятия, относящиеся к электрическим системам, и дадим определения установкам, которые их составляют.

Энергетическая система – совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической энергии и теплоты при общем управлении этим режимом.

Электроэнергетической (электрической) системой называется совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы и питающихся от нее приёмников электрической энергии, объединённых общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии

Состояние электрической системы в некотором интервале времени называется режимом, который характеризуется определёнными показателями – параметрами режима, изменяющимися при изменении режима. К параметрам режима относятся напряжения в точках электроэнергетической системы, токи, активные и реактивные мощности протекающих по её элементам.

Различают четыре вида режимов работы электрических систем:

- нормальный установившийся режим, при котором его параметры постоянны (в общем случае их отклонение от номинального значения незначительно);
- режим перегрузки, при котором его параметры значительно отличаются от номинальных, но не достигают критических значений;
- аварийный режим, при котором его параметры превышают критические значения;
- послеаварийный режим – это режим, при котором могут достигать критических значений.

Нормальный режим – это режим, при котором обеспечивается снабжение электроэнергией всех потребителей с поддержанием её качества в установленных пределах. Основными составляющими электрической системы являются электрическая часть электрических станций, электрические сети и электроприёмники.

### 2.2 Состав элементов РЗ

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Активное сопротивление зависит от материала, сечения и температуры. Активное сопротивление обуславливает тепловые потери проводов и кабелей. Определяется материалом токоведущих проводников и площадью их сечения.

Переменный ток, проходя по проводу, образует вокруг него переменное магнитное поле, которое наводит в проводнике ЭДС обратного направления (ЭДС самоиндукции). Сопротивление току, обусловленное противодействием ЭДС самоиндукции, называется реактивным индуктивным сопротивлением.

Величина реактивного индуктивного сопротивления зависит как от значения тока в собственном проводе, так и от величины токов в соседних проводах. Чем дальше расположены фазные провода линии, тем меньше влияние соседних проводов – поток рассеяния и индуктивное сопротивление увеличиваются.

Активная проводимость ( $G$ ) обусловлена потерями активной мощности в диэлектриках. Ее величина зависит от:

- тока утечки по изоляторам (малы, можно пренебречь);

потерь мощности на корону.

Реактивная проводимость обусловлена наличием емкости между фазами и между фазами и землей, так как любую пару проводов можно рассматривать как конденсатор.

### 2.3 Расчет элементов схемы замещения эл.сети

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Итак, ЛЭП характеризуется активным сопротивлением  $R_l$ , реактивным сопротивлением линии  $X_l$ , активной проводимостью  $G_l$ , реактивной проводимостью  $B_l$ . В расчетах ЛЭП может быть представлена симметричными П- и Т-образными схемами

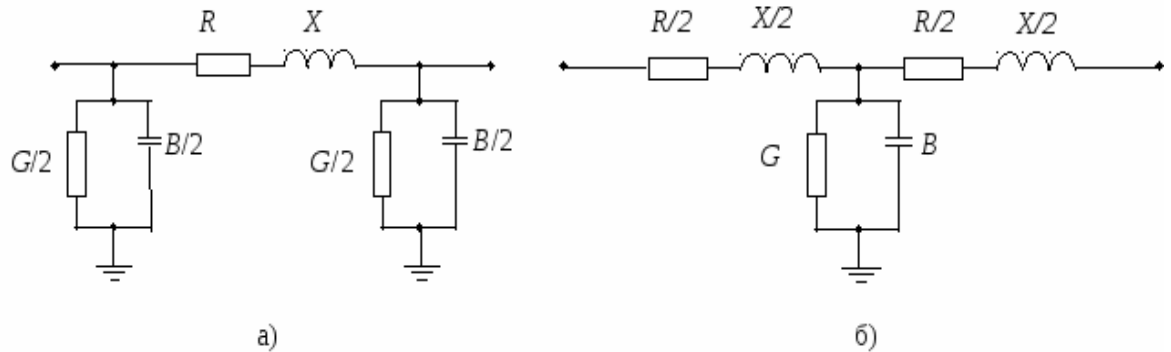


Рисунок 4.6 – Схемы замещения ЛЭП:

а) П – образная;

б) Т - образная

П – образная схема применяется чаще.

В зависимости от класса напряжения теми или иными параметрами полной схемы замещения можно пренебречь (см. рис.4.7):

ВЛЭП напряжением до 220 кВ ( $R_{кор}$ );

ВЛЭП напряжением до 35кВ ( $R_{кор}$ );

КЛЭП напряжением 35кВ (реактивное сопротивление )

КЛЭП напряжением 20 кВ (реактивное сопротивление , диэлектрические потери);

КЛЭП напряжением до 10 кВ (реактивное сопротивление, диэлектрические потери)

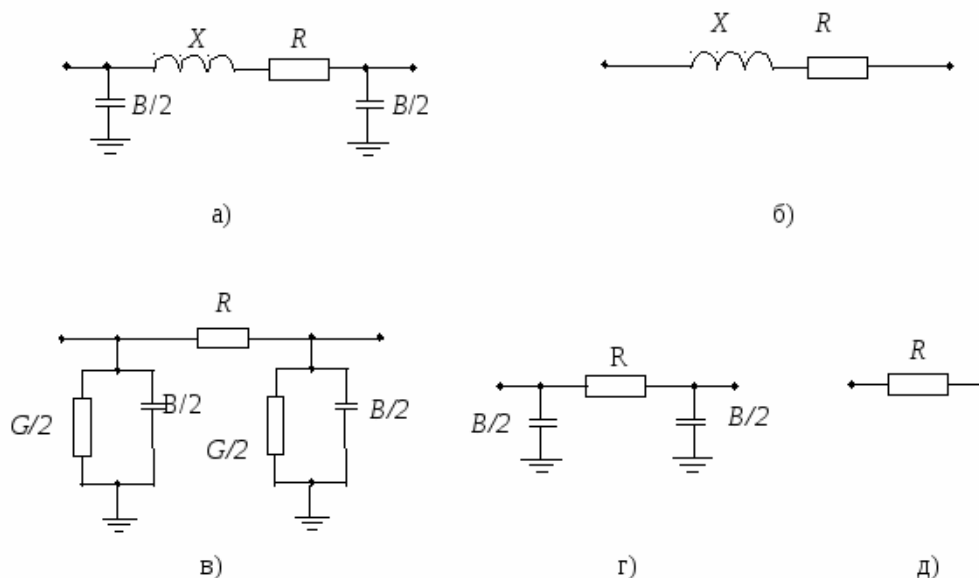


Рисунок 4.7 – Упрощенные схемы замещения ЛЭП:

- а) ВЛЭП при  $U_{\text{ном}}$  до 220 кВ;
- б) ВЛЭП при  $U_{\text{ном}}$  до 35 кВ;
- в) КЛЭП при  $U_{\text{ном}}$  35 кВ;
- г) КЛЭП при  $U_{\text{ном}}$  20 кВ;
- д) КЛЭП при  $U_{\text{ном}}$  6-10 кВ;

## 2.4 Назначение графиков

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

График нагрузки (ГН) представляет собой графическое отображение режима работы электроустановки по различным параметрам.

а) Классификация графиков нагрузок

ГН подразделяются:

1) по виду фиксируемого параметра на:

- график активной мощности -  $P(t)$ ;
- график реактивной мощности -  $Q(t)$ ;
- график полной мощности -  $S(t)$ ;
- график тока электроустановки -  $I(t)$ ;

2) по периоду времени за который они отражают изменение нагрузки:

- суточные;
- сезонные (летние или зимние);
- годовые;

3) по месту изучения режима работы энергосистемы:

- ГН потребителей, отражающие изменение нагрузки на шинах потребительской

п/ст;

- сетевые ГН - на шинах районных и узловых п/ст;
- ГН электростанций;
- ГН в энергосистемах, характеризующие режимы работы энергосистемы в целом.

б) Назначение графиков нагрузок

ГН предназначены для:

- 1) Определения времени пуска и останова агрегата электростанции, а также включения и отключения трансформаторов на п/ст;
- 2) Определения количества вырабатываемой и потребляемой электроэнергии, а также расхода топлива и воды;
- 3) Ведения экономичного режима электроустановки;
- 4) Планирования сроков ремонта электрооборудования;
- 5) Проектирования новых и расширение действующих электроустановок или энергосистем.

## 2.5 .В чем суть построения графиков нагрузок

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Потребление электроэнергии зависит от назначения электроприемника, режима его работы, времени работы и многих других факторов. Процесс потребления электроэнергии во времени отражается графиками нагрузок.

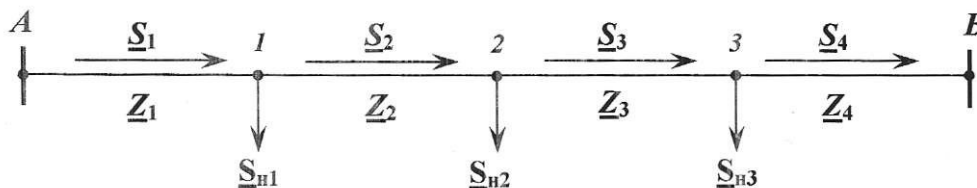
По виду фиксируемого параметра различают графики активной, реактивной, полной (кажущейся) мощности и тока электроприемника.

Графики отражают изменение нагрузки за определенный период времени. По этому признаку их подразделяют на *суточные* (24 ч), *сезонные* и *годовые*.

## 2.6 Частные случаи расчета простых замкнутых сетей

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

К простым замкнутым сетям относятся кольцевые сети и сети с двухсторонним питанием. Кольцевую сеть можно превратить в сеть с двухсторонним питанием, если разрезать ее по источнику питания.



Линия электропередач с двухсторонним питанием

Обратить внимание на формулы расчета.

## 2.7 В чем суть кольцевых сетей

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Существует несколько способов организации электроснабжения потребителей. Выбор того или иного способа зависит от типа высоковольтной сети.

Рассмотрим основные типы принципиальных схем

Электроустановки, подключенные к такой схеме электроснабжения, связывают один или несколько распределительных пункта в общую кольцевую схему электроснабжения, магистраль. Кольцевое соединение происходит таким образом, что высоковольтные шины электроустановок проводят полный ток этой магистрали.

В подстанции, работающей по принципиальной магистральной схеме электроснабжения, распределительное устройство высокого напряжения состоит из трех ячеек, образующих целостный агрегат, а именно:

- две вводные ячейки. Каждая из этих ячеек содержит такие коммутационные аппараты: заземляющий разъединитель, выключатель нагрузки или высоковольтный разъединитель;
- одна выходная ячейка общей защиты. Эта ячейка состоит из таких коммутационных аппаратов: выключатель нагрузки (типа ВН-17) и высоковольтные предохранители, высоковольтный разъединитель с заземляющими ножами (типа РВФЗ), автоматический выключатель и заземляющий разъединитель цепи. Каждый из

установленных коммутационных аппаратов имеет свои номинальные параметры и характеристики, рассчитанные на работу в различных режимах короткого замыкания.

Кольцевая схема проекта электроснабжения предполагает обеспечение потребителя электроэнергией от двух источников питания. Таким образом, увеличивается надежность энергоснабжения системы. Электроустановки с принципиальной кольцевой схемой питания применяются в городских электросетях, главным образом в высоковольтных подземных кабельных каналах общего пользования.

Принципиальная кольцевая схема электропитания представляет собой замкнутый контур, который начинается и заканчивается на одной системе шин. Другими словами – это непрерывная магистраль, начало и конец которой подключаются к системе шин с двумя коммутационными аппаратами. Для удобства коммутирования токов, на шины устанавливается секционный разъединитель, при этом начало и конец фидера присоединяют на разные секции шин. Таким образом, подать напряжение потребителю можно с разных концов магистрали.

## **2.8 Выбор конструктивного исполнения трансформаторов**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

По конструктивному исполнению трансформаторы делят на масляные, заполненные синтетическими жидкостями и сухие.

Основным фактором, определяющим требуемую номинальную мощность трансформатора, является допустимая относительная аварийная нагрузка.

В зависимости от исходных данных различают два метода выбора номинальной мощности трансформаторов:

1. по заданному суточному графику нагрузки цеха за характерные сутки года для нормальных и аварийных режимов;
2. по расчетной мощности для тех же режимов.

## **2.9 Выбор напряжения по формулам Стилла, Илларионова, Зелесского**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Номинальное напряжение электрической сети существенно влияет как на ее технико-экономические показатели, так и на технические характеристики. Так, например, при повышении номинального напряжения снижаются потери мощности и электроэнергии, т. е. снижаются эксплуатационные расходы, уменьшаются сечения проводов и затраты металла на сооружение линий, растут предельные мощности, передаваемые по линиям, облегчается будущее развитие сети, но увеличиваются капитальные вложения на сооружение сети. Сеть меньшего номинального напряжения требует, наоборот, меньших капитальных затрат, но приводит к большим эксплуатационным расходам из-за роста потерь мощности и электроэнергии и, кроме того, обладает меньшей пропускной способностью. Из сказанного очевидна важность правильного выбора номинального напряжения сети при ее проектировании.

Экономически целесообразно номинальное напряжение зависит от многих факторов: мощности нагрузок, удаленности их от источников питания, их расположения относительно друг друга, от выбранной конфигурации электрической сети, способов регулирования напряжения и др.



### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ**

**3.1 Лабораторная работа №1** Измерения параметров установившегося режима работы силового трансформатора.

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Назначение элементов схемы
2. Принципы работы силового трансформатора
3. Общие требования и условия работы силовых трансформаторов
4. Описание процесса выбора силовых трансформаторов

**3.2 Лабораторная работа №2** Измерения параметров установившегося режима работы линии электропередач

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Назначение элементов схемы;
2. Параметры и анализ режимов работы электропередачи;
3. Сборка схемы электрических соединений

**3.3 Лабораторная работа №3** Измерения параметров установившегося режима работы линии электропередач

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Выбор схемы электрических соединений передающей станции и промежуточной подстанции;
2. Каковы минимально допустимые сечения ЛЭП разных номинальных напряжений?

**3.4 Лабораторная работа №4** Измерения параметров установившегося режима работы разомкнутой распределительной электросети

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Назначение элементов схемы.
2. Как классифицируются схемы электрических сетей по функциональному значению?
3. Для чего применяется расщепление проводов ВЛ?
4. Изобразить расположение проводов и фаз ВЛ 500 кВ.

**3.5 Лабораторная работа №5** Снятие статической характеристики мощности по напряжению батареи конденсаторов

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Назначение элементов схемы.
2. Устройство конденсаторной батареи;
3. Принцип действия конденсаторной батареи;
4. Применение на практике схем соединения батареи.

**3.6 Лабораторная работа №6** Влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Назначение элементов схемы;
2. Режимы работы, разомкнутой распределительной электрической сети;
3. Принцип компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи;
4. Векторная диаграмма при компенсации реактивной мощности.

**3.7 Лабораторная работа №7** Влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Назначение элементов схемы;
2. Режимы работы, разомкнутой распределительной электрической сети;
3. Принцип компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи;
4. Векторная диаграмма при компенсации реактивной мощности.

**3.8.Лабораторная работа №8** Оперативные переключения в электрических сетях

Подготовить отчет и ответы на контрольные вопросы.

1. Вывод в ремонт(ввод в работу) выключателя присоединения 10кВ
2. Вывод в ремонт (ввод в работу) трансформатора
3. Перевод присоединения через обходной выключатель с выводом в ремонт выключателя присоединения (обратный перевод)