

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

1. Конспект лекций.....	3
1.1 Лекция № 1 Предмет и значение дисциплины	3
1.2 Лекция № 2 Воздушные и кабельные ЛЭП.....	4
1.3 Лекция № 3 Схемы замещения элементов электрических сетей.....	5
1.4 Лекция № 4 Виды графиков: суточные, годовые.....	5
1.5 Лекция № 5 Способы расчета расхода электрической энергии по графикам нагрузок, способы построения графиков нагрузок.....	6
1.6 Лекция № 6 Расчет разомкнутых сетей. Расчет простых замкнутых сетей.....	7
1.7 Лекция № 7 Расчет кольцевых сетей с учетом потерь мощностей. Расчет сложнзамкнутых сетей.....	7
1.8 Лекция № 8 Выбор числа и мощности трансформаторов по максимальной нагрузке и категории надежности потребителей.....	8
1.9 Лекция № 9 Выбор числа и мощности трансформаторов по графику нагрузки.....	9
2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ.....	10
2.1 Лабораторная работа № 1 Измерения параметров установившегося режима работы силового трансформатора	10
2.2 Лабораторная работа № 2 Измерения параметров установившегося режима работы линии электропередач.....	11
2.3 Лабораторная работа № 3 Измерения параметров установившегося режима работы линии электропередач.....	12
2.4 Лабораторная работа № 4 Измерения параметров установившегося режима работы разомкнутой распределительной электросети.....	12
2.5 Лабораторная работа № 5 Снятие статической характеристики мощности по напряжению батареи конденсаторов.....	13
2.6 Лабораторная работа № 6 Влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети.....	15
2.7 Лабораторная работа № 7 Влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети.....	16
2.8 Лабораторная работа № 8 Оперативные переключения в электрических сетях.....	17

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Предмет и значение дисциплины»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Основные понятия и определения.
2. Понятия об энергосистеме и электросетях.
3. Классификация сетей по назначению, напряжению, конфигурации и т.д.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1 Физическая природа электричества.

Физическая природа электричества может рассматриваться в двух аспектах:

- корпускулярном (молекулярном), т.е. в виде потока электронов;
- в волновом, т.е. в виде электромагнитного поля, которое имеет различные проявления в электроэнергетике.

При молекулярном аспекте за единицу энергии принимают 1 МэВ, при волновом - 1 кВт·ч. Их соотношение таково:

$$1 \text{ МэВ} = 4,42 \cdot 10^{-20} \text{ 1 кВт·ч.}$$

Соотношение этих величин подчеркивает, что энергетические задачи должны рассматриваться не в молекулярном, а в волновом аспекте.

Та огромная роль, которую играет электроэнергия в нашей жизни, обусловлена различными ее свойствами.

2 Понятие об энергосистеме и электросетях.

Энергетическая система - это совокупность всех звеньев цепочки получения, преобразования, распределения и использования тепловой и электрической энергии.

Электрическая или **электроэнергетическая система** представляет собой часть энергетической системы. Из нее исключаются тепловые сети и тепловые потребители.

Электрическая сеть - это совокупность электроустановок для распределения электрической энергии. Она состоит из подстанций, распределительных устройств, воздушных и кабельных линий электропередач.

Линия электропередач (ЛЭП) - это электроустановка, предназначенная для передачи электроэнергии.

Так как передача электроэнергии экономически выгодна только по ЛЭП высокого напряжения, то энергия, которая вырабатывается на ЭС, преобразуется в энергию высокого напряжения при помощи трансформаторов ЭС. Подстанции, на которых производится эта трансформация называются **повышающими (питающими)**. На другом конце электропередачи строится **понижительная (приемная)** подстанция. Второе название условное, т.к. понижительная подстанция может быть одновременно и питающей.

Электроустановки, прием и распределение электроэнергии в которых выполняется на одном уровне напряжения, т.е. без трансформации, называются **распределительными** или **переключательными пунктами**.

3 Классификация электрических сетей.

Электрические сети классифицируются:

- по роду тока;
- по номинальному напряжению;
- по конструктивному исполнению;
- по расположению;
- по конфигурации;
- по степени резервированности;
- по выполняемым функциям;

- по характеру потребителей;
- по назначению в схеме электроснабжения;
- по режиму работы нейтрали.

1.2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Воздушные и кабельные ЛЭП»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Назначение, область применения, конструктивное выполнение.
2. Материалы изготовления.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1 Воздушные линии электропередач (ВЛЭП).

Электрической *воздушной линией электропередачи* называется устройство для передачи электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам инженерных сооружений. Главные элементы воздушной ЛЭП:

- провода, которые служат для передачи электроэнергии;
- грозозащитные тросы для защиты от атмосферных перенапряжений (грозовых разрядов). Они монтируются в верхней части опор;
- опоры, поддерживающие провода и тросы на определенной высоте над поверхностью;
- изоляторы, изолирующие провода от тела опоры;
- арматура, при помощи которой провода закрепляются на изоляторах, а изоляторы на опоре.

По типу опоры ВЛЭП делятся на промежуточные и анкерные. Промежуточные и анкерные различаются способом подвески проводов.

По назначению различают опоры угловые, концевые, специального назначения.

По материалу опор различают деревянные (до 220 кВ), железобетонные (35 - 330 кВ) и металлические (35 кВ и выше).

Провода ВЛЭП располагают на опоре различными способами:

- на одноцепных опорах - треугольником или горизонтально;
- на двухцепных опорах - обратной елкой или шестиугольником в виде "бочки".

2 Кабельные линии электропередач (КЛЭП);

Кабельная линия электропередачи - это линия для передачи электроэнергии, состоящая из одного или нескольких кабелей.

Кабель - это изолированная по всей длине металлическая жила (или несколько жил), поверх которой наложены защитные покрытия.

Токосоводящая жила выполняется из меди или алюминия из одной (до 16 мм) или нескольких проволок. По количеству жил различают кабели:

- одножильные. Применяют на постоянном токе и на переменном токе при напряжении 110 кВ и выше;
- двухжильные. Применяют на постоянном токе;
- трехжильные. Применяют на переменном токе при напряжениях до 35 кВ;
- четырехжильные (три жилы и нулевой провод). Применяют на переменном токе при напряжении до 1000В.

Фазная изоляция предназначена для изоляции жил друг от друга. Выполняют из специальной технической бумаги с вязкой пропиткой, которая увеличивает электрическую прочность.

Поясная изоляция обеспечивает одинаковую электрическую прочность между жилами и между любой фазой и землей.

1.3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Схемы замещения элементов электрических сетей»

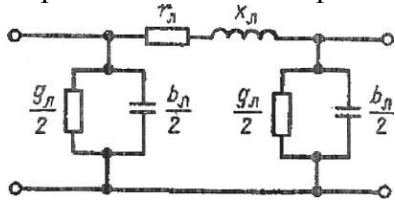
1.3.1 Вопросы лекции:

1. Схемы замещения ВЛ и КЛ, 2-х обмоточных трансформаторов;
2. Схемы замещения ВЛ и КЛ, 3-х обмоточных трансформаторов;

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Схемы замещения ВЛ и КЛ.

Воздушные линии электропередачи напряжением 110 кВ и выше длиной 300-400 км обычно представляются П-образной схемой замещения.



П-образная схема замещения воздушной линии электропередачи.

Активное сопротивление определяется по формуле $r_{\text{л}} = r_0 l$

Реактивное сопротивление определяется следующим образом: $x = x_0 l$

2. Схемы замещения 2-х и 3-х обмоточных трансформаторов;

Двухобмоточный силовой трансформатор.

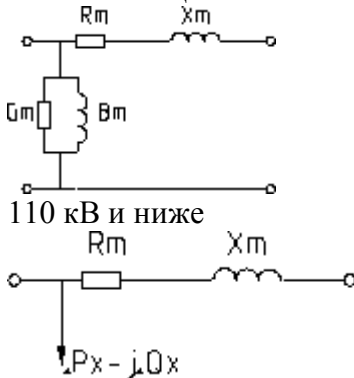


Остальные параметры определяются по каталожным данным:

-потери активной мощности в стали, -потери реактивной мощности в стали

Двухобмоточный силовой трансформатор

Схема замещения 220 кВ и выше:



1.4 Лекция №4 (2 часа).

Тема: «Виды графиков: суточные, годовые»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Принцип построения графиков.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Общие понятия. Принцип построения графиков нагрузок.

Свойства электроприемников, включенных в сеть, обуславливают характер нагрузки и ее техники - экономические показатели, оказывают непосредственное влияние на качество электроэнергии.

Для нормальной работы сетей, улучшения их технико - экономических показателей принимаются различные технические меры. Например, раздельное питание силовых и осветительных электроприемников. Таким образом, особенности работы электроприемников должны учитываться при проектировании, анализе режимов, в эксплуатации сетей.

2 Принцип построения графиков нагрузок.

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*.

1.5 Лекция №5 (2 часа).

Тема: «Способы расчета расхода электрической энергии по графикам нагрузок, способы построения графиков нагрузок»

1.5.1 Вопросы лекции:

- 1.Определение потерь мощности и электроэнергии по графикам.
- 2.Способы расчета.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Определение потерь мощности и электроэнергии по графикам.

Величина потерь электроэнергии в каком-либо элементе сети существенно зависит от характера нагрузки и ее изменения в течение рассматриваемого периода времени. В линии, работающей с постоянной нагрузкой и имеющей потери активной мощности ΔP , потери электроэнергии за время t составят:

$$\Delta W = \Delta P t$$

Наиболее точный метод расчета потерь электроэнергии ΔW —это определение их по графику нагрузок ветви, причем расчет потерь мощности производится для каждой ступени графика. Этот метод иногда называют методом графического интегрирования. При расчете за каждый час получается почасовой расчет потерь электроэнергии.

Достоинством *метода определения потерь по графику нагрузки* является высокая точность. Однако отсутствие информации о графиках нагрузки для всех ветвей сети затрудняет практическое использование данного метода. Кроме того, расчёт трудоёмок, так как ступеней в графике достаточно много.

2 Способы расчета.

Вычисление электроэнергетических потерь в сетевых кабелях и силовых трансформаторах

Форму вычисления потерь в трансформаторе:

$$W_T = \Delta W_{xx} + (\Delta W_{H1} \times W_T / 100), \text{ кВт} \cdot \text{час}, \text{ где}$$

$\Delta W_{xx} = \Delta P_{xx} \times T_0 \times (U_i / U_{ном})^2$ - объём потерь на холостой работе трансформатора, кВт/час.

$W_{H1} = (\Delta W_H / W_T) \times 100\%$ - относительные потери при нагрузках силового трансформатора, %.

$W_H = K_k \times \Delta P_{ср} \times T_p \times K_f^2$ - расчёт нагрузочных потерь, кВт/час.

$K_f^2 = (1 + 2K_3) / 3K_3$ - значение коэффициента формы графика в квадрате за указанный расчётный период, у.е.

$K_3 = [W_T / (S_n \times T_p \times \cos \phi)] \times 10^{-3}$ - значение коэффициента загрузки силового трансформатора, показатели заполнения графика, у.е.

$P_{ср} = 3 \times I_{ср}^2 \times R \times 10^{-3}$ - показатели потери мощности в трансформаторе при работе, кВт.

$I_{cp} = W_T / (\sqrt{3} \times U_{cp} \times T_r \times \cos \varphi)$ - средние показатели значений нагрузки за указанный расчётный период, А.

$R = (\Delta P_{кз} \times U_{2ном} / S_{2ном}) \times 10^{-3}$ - значение активного сопротивления силового трансформатора, Ом.

K_k - значение коэффициента различия между конфигурациями графика реактивной и активной нагрузок. Справочная величина со значением 0,99. У.е.

Вычисление потерь электроэнергии при передаче по линиям

Силовой кабель -

6кВ АСБ 3*240мм²)

Формулы для вычисления:

$W_{кл} = 1,1 \times n \times r \times I^2 \times L / g \times 0,001 \times T$

n - количество фаз в линии - 3.

r - удельное сопротивление, 0,0271.

I - показатели среднеквадратичного тока на указанной линии, 5,3407.

L - длина расчётной линии, м-50

g - поперечное сечение провода, 240 мм²

T - количество часов работы за указанный период, 720 часов.

1.6 Лекция №6 (2 часа).

Тема: «Расчет разомкнутых сетей. Расчет простых замкнутых сетей»

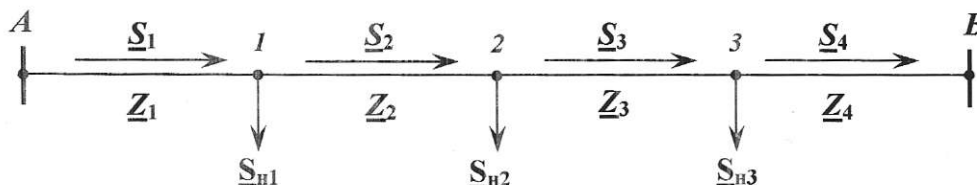
1.6.1 Вопросы лекции:

1. Расчет разомкнутых сетей.
2. Расчет простых замкнутых сетей.
3. Расчет кольцевых сетей.

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Расчет линий с двухсторонним питанием.

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

- 2 Частные случаи расчета простых замкнутых сетей

В общем случае расчет режима сети с двухсторонним питанием производится в комплексной форме. Но возможны следующие частные случаи:

1. Однородная ЛЭП.

В однородной ЛЭП отношение X_i / R_i участков одинаково по всей длине ЛЭП.

2. Однородная ЛЭП с одинаковым сечением проводов на участках.

3. Однородная ЛЭП и одинаковый $\cos \varphi$ нагрузок.

3 Расчет простых замкнутых сетей в отличие от расчета радиальных линий должен сопровождаться проверкой сетей в двух режимах: нормальном, когда потребители одновременно получают питание от двух источников питания А и В, и аварийном, когда один из источников питания, например источник В, или же линия, к нему присоединенная, отключена.

1.7 Лекция №7 (2 часа).

Тема: «Расчет кольцевых сетей с учетом потерь мощностей. Расчет сложнзамкнутых сетей»

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Расчет сложных кольцевых сетей.
2. Расчет кольцевых сетей.

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

Суть метода преобразования

Электрические сети крупных электрических систем, городов и промышленных предприятий содержат большое количество отдельных линий и нагрузок, связанных в общую схему. Расчеты режимов таких сетей представляют собой сложную задачу. Трудности в решении возрастают с ростом числа элементов. Такие сети, как правило, рассчитываются с помощью ЭВМ. Но при разовом расчете сетей небольшой сложности нашли применение методы упрощенных расчетов. Одним из таких методов является метод постепенного преобразования сложноразветвленной схемы.

Идея метода заключается в том, что заданная сложноразветвленная сеть путем постепенных преобразований приводится к линии с двухсторонним питанием. В преобразованной схеме определяются мощности и токи на участках. Затем путем последовательных обратных преобразований находится действительное распределение токов и мощностей в исходной сети.

В результате таких преобразований находятся предварительное распределение мощностей и точки раздела мощностей. Точек раздела активной и реактивной мощностей может быть несколько. Сложноразветвленная сеть разрезается по токам раздела активной мощности. В полученных упрощенных схемах выполняется расчет режима при заданном напряжении на источниках питания.

Метод постепенного преобразования сложноразветвленной сети использует ряд простых приемов. Каждый из приемов позволяет выполнить преобразование участка сети с малым количеством элементов. Для этого участка можно произвести нужный расчет, а затем с помощью обратных преобразований вернуться к исходной схеме.

1.8 Лекция №8 (2 часа).

Тема: «Выбор числа и мощности трансформаторов по максимальной нагрузке и категории надежности потребителей»

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Категории надежности.
2. Максимальная нагрузка и категория надежности потребителей.

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Выбор числа и мощности трансформаторов по максимальной нагрузке и категории надежности потребителей.

На всех подстанциях для изменения напряжения переменного тока служат силовые трансформаторы различного конструктивного исполнения, выпускаемые в широком диапазоне номинальных мощностей и напряжений. Выбор трансформаторов заключается в определении их требуемого числа, типа, номинальных напряжений и мощности, а также группы и схемы соединения обмоток.

Обычно на подстанции выбирают один или два трансформатора. При этом однотрансформаторные подстанции выбирают:

- для питания электроприемников, допускающих питание только от одного нерезервированного источника (электроприемников III категории);
- для питания электроприемников любых категорий через замкнутые сети, подключенные к двум или нескольким подстанциям (или через незамкнутые сети, связанные между собой резервными линиями).

Необходимость в большем числе трансформаторов встречается редко. Однотрансформаторные подстанции рекомендуется применять при наличии в цехе

электроприемников, допускающих перерыв электроснабжения на время доставки «складского» резерва, или при резервировании, осуществляемом по линиям низшего напряжения от соседних ТП, т.е. они допустимы для потребителей III и II категорий, а также при наличии в сети 380-660 В небольшого количества (до 20%) потребителей I категории.

Двухтрансформаторные подстанции рекомендуется применять в следующих случаях:

- в при преобладании потребителей I категории и наличии потребителей
- особой группы (последним необходим третий источник); 3 для сосредоточенной цеховой нагрузки и отдельно стоящих объектов
- общезаводского назначения (компрессорные и насосные подстанции); в для цехов с высокой удельной плотностью нагрузок (выше 0,5-0,7 кВА/м²).

2 Выбор конструктивного исполнения трансформаторов;

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

1.9 Лекция №9 (2 часа).

Тема: «Выбор числа и мощности трансформаторов по графику нагрузки»

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Принцип выбора мощности трансформатора

2. Графики нагрузки

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

1 Выбор номинальной мощности трансформаторов.

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 Выбор числа и мощности трансформаторов по графику нагрузки.

Выбор мощности трансформаторов производится на основании расчётной нагрузки в нормальном режиме работы с учётом режима работы энергоснабжающей организации по реактивной мощности. В послеаварийном режиме для надёжного электроснабжения потребителей предусматривается их питание от оставшегося в работе трансформатора. При этом часть неотвеченных потребителей с целью снижения нагрузки трансформатора может быть отключена.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа № 1 (4часа).

Тема: «Измерения параметров установившегося режима работы силового трансформатора»

2.1.1 Цель работы: определение параметров установившегося режима работы силового трансформатора

2.1.2 Задачи работы:

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

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Однофазный источник питания	218.2
A1	Однофазный трансформатор	372.1
A4, A5	Активная нагрузка	306.4
A6, A7	Индуктивная нагрузка	324.4
A8, A11	Коммутатор измерителя мощностей	349
A9	Автоматический однополюсный выключатель	359
P1	Блок мультиметров	509.2
P2	Измеритель мощностей	507.2

2.1.4 Описание (ход) работы:

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- Отключите (если включен) выключатель A9.
- Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1.
- Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A4... A7.
- Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и измерителя мощностей P2.
- Активизируйте используемые мультиметры.
- Включите выключатель A9.
- С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока P1 измеряйте напряжения до и после исследуемого трансформатора A1.
- Меняя положение переключателя коммутатора A8, с помощью измерителя P2 измеряйте величины потоков активной и реактивной мощностей до и после исследуемого трансформатора A1 и по ним определяйте потери активной и реактивной мощностей в нем.

- По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P1.

2.2 Лабораторная работа № 2 (6 часа).

Тема: «Измерения параметров установившегося режима работы линии электропередач»

2.2.1 Цель работы: определение параметров установившегося режима работы линии электропередач

2.2.2 Задачи работы:

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

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Однофазный источник питания	218.2
A1	Однофазный трансформатор	372.1
A4, A5	Активная нагрузка	306.4
A6, A7	Индуктивная нагрузка	324.4
A8, A11	Коммутатор измерителя мощностей	349
A9	Автоматический однополюсный выключатель	359
P1	Блок мультиметров	509.2
P2	Измеритель мощностей	507.2
A2	ль линии электропередачи	313.3

2.2.4 Описание (ход) работы:

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" однофазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- Отключите (если включен) выключатель A9.
- Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1.
- Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A4... A7.
- Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и измерителя мощностей P2.
- Активизируйте используемые мультиметры.
- Включите выключатель A9.
- С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока P1 измеряйте напряжения до и после исследуемой линии электропередачи A2.
- Меняя положение переключателя коммутатора A8, с помощью измерителя P2 измеряйте величины потоков активной и реактивной мощностей до и после исследуемой линии электропередачи A2.
- и по ним определяйте потери активной и реактивной мощностей в ней.
- По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P1.

2.3 Лабораторная работа № 3 (4 часа).

Тема: «Измерения параметров установившегося режима работы линии электропередач»

2.3.1 Цель работы: определение параметров установившегося режима работы линии электропередач

2.3.2 Задачи работы:

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

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Однофазный источник питания	218.2
A1	Однофазный трансформатор	372.1
A4, A5	Активная нагрузка	306.4
A6, A7	Индуктивная нагрузка	324.4
A8, A11	Коммутатор измерителя мощностей	349
A9	Автоматический однополюсный выключатель	359
P1	Блок мультиметров	509.2
P2	Измеритель мощностей	507.2
A2	ль линии электропередачи	313.3

2.3.4 Описание (ход) работы:

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- Отключите (если включен) выключатель A9.
- Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1.
- Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A4... A7.
- Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и измерителя мощностей P2.
- Активизируйте используемые мультиметры.
- Включите выключатель A9.
- С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока P1 измеряйте напряжения до и после исследуемой линии электропередачи A2.
- Меняя положение переключателя коммутатора A8, с помощью измерителя P2 измеряйте величины потоков активной и реактивной мощностей до и после исследуемой линии электропередачи A2.
- и по ним определяйте потери активной и реактивной мощностей в ней.
- По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P1.

2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 (4 часа).

Тема: «Измерения параметров установившегося режима работы разомкнутой распределительной электросети»

2.4.1 Цель работы: определение параметров установившегося режима работы разомкнутой распределительной электросети

2.4.2 Задачи работы:

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.

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Однофазный источник питания	218.2
A1	Однофазный трансформатор	372.1
A4, A5	Активная нагрузка	306.4
A6, A7	Индуктивная нагрузка	324.4
A8, A11	Коммутатор измерителя мощностей	349
A9	Автоматический однополюсный выключатель	359
P1	Блок мультиметров	509.2
P2	Измеритель мощностей	507.2
A2, A3	Линия электропередачи	313.3

2.4.4 Описание (ход) работы:

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" однофазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений.
- Отключите (если включен) выключатель A9.
- Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1.
- Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A4... A7.
- Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и измерителя мощностей P2.
- Активизируйте используемые мультиметры.
- Включите выключатель A9.
- С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока P1 измеряйте напряжения до и после исследуемой линии электропередачи A2.
- Меняя положение переключателя коммутатора A8, с помощью измерителя P2 измеряйте величины активной и реактивной мощностей в интересующих точках исследуемой распределительной сети.

По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P1.

2.5 Лабораторная работа № 5 (4 часа).

Тема: «Снятие статической характеристики мощности по напряжению батареи конденсаторов»

2.5.1 Цель работы: определить характеристики мощности батареи конденсаторов

2.5.2 Задачи работы:

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

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Однофазный источник питания	218.2
A1	Однофазный трансформатор	372.1
A4, A5	Активная нагрузка	306.4
A6, A7	Индуктивная нагрузка	324.4
A12	Емкостная нагрузка	317.3
A9	Автоматический однополюсный выключатель	359
P1	Блок мультиметров	509.2
P2	Измеритель мощностей	507.2
A2, A3	ль линии электропередачи	313.3

2.5.4 Описание (ход) работы:

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- Отключите (если включен) выключатель A9.
- Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1.
- Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A4... A7.
- Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и измерителя мощностей P2.
- Активизируйте используемые мультиметры.
- Включите выключатель A9.
- Варьируя коэффициент трансформации трансформатора A1, изменяйте напряжение U на емкостной нагрузке A12 (батареи конденсаторов) и заносите показания мультиметра, включенного как вольтметр, блока P1 а также варметра измерителя P2(реактивную мощность Q, потребляемую емкостной нагрузкой A12(батареи конденсаторов)) в таблицу 4.1.

U, В								
Q,ВАр								

- По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P1.
- Используя данные таблицы 4.1, постройте искомую статическую характеристику по напряжению $Q=f(U)$ батареи конденсаторов.

2.6 Лабораторная работа № 6 (4 часа).

Тема: «Влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети»

2.6.1 Цель работы: собрать схему электрическая соединений, определить влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети

2.6.2 Задачи работы:

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.

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Однофазный источник питания	218.2
A1	Однофазный трансформатор	372.1
A4, A5	Активная нагрузка	306.4
A6, A7	Индуктивная нагрузка	324.4
A8, A11	Коммутатор измерителя мощностей	349
A9	Автоматический однополюсный выключатель	359
P1	Блок мультиметров	509.2
A12	емкостная нагрузка	317.3
P2	Измеритель мощностей	507.2
A2, A3	Линия электропередачи	313.3

2.6.4 Описание (ход) работы:

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- Отключите (если включен) выключатель A9.
- Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1.
- Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A4... A7.
- Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и измерителя мощностей P2.
- Активизируйте используемые мультиметры.
- Включите выключатель A9.
- С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока P1 измеряйте напряжения до и после исследуемой линии электропередачи A2.
- Меняя положение переключателя коммутатора A8, с помощью измерителя P2 измеряйте величины активной и реактивной мощностей в интересующих точках исследуемой распределительной сети.
- Измерения проводите при различных значениях мощности емкостной нагрузки A12(батареи конденсаторов).
- Сравнивая результаты измерений, делайте выводы о влиянии компенсации реактивной

мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима работы разомкнутой распределительной электрической сети.

- По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P1.

2.7 Лабораторная работа № 7 (4 часа).

Тема: «Влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети»

2.7.1 Цель работы: определить влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети

2.7.2 Задачи работы:

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.

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Однофазный источник питания	218.2
A1	Однофазный трансформатор	372.1
A4, A5	Активная нагрузка	306.4
A6, A7	Индуктивная нагрузка	324.4
A8, A11	Коммутатор измерителя мощностей	349
A9	Автоматический однополюсный выключатель	359
P1	Блок мультиметров	509.2
A12	стная нагрузка	317.3
P2	Измеритель мощностей	507.2
A2, A3	ль линии электропередачи	313.3

2.7.4 Описание (ход) работы:

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" однофазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений.
- Отключите (если включен) выключатель A9.
- Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1.
- Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A4... A7.
- Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и измерителя мощностей P2.
- Активизируйте используемые мультиметры.
- Включите выключатель A9.
- С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока P1 измеряйте напряжения до и после исследуемой линии электропередачи A2.
- Меняя положение переключателя коммутатора A8, с помощью измерителя P2

измеряйте величины активной и реактивной мощностей в интересующих точках исследуемой распределительной сети.

- Измерения проводите при различных значениях мощности емкостной нагрузки А12(батареи конденсаторов).
- Сравнивая результаты измерений, делайте выводы о влиянии компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима работы, разомкнутой распределительной электрической сети.
- По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P1.

2.8 Лабораторная работа № 8 (4 часа).

Тема: «Оперативные переключения в электрических сетях»

2.8.1 Цель работы: состоит в изучении организации и порядка производства переключений в электрических установках станций и подстанций

2.8.2 Задачи работы:

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)

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Тренажер оперативных переключений TRW-12

2.8.4 Описание (ход) работы:

Выполнить переключения согласно сценарию тренировки