

**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 заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	3
1.1 Лекция № 1 Предмет и значение дисциплины	3
1.2 Лекция № 2 Воздушные и кабельные ЛЭП. Схемы замещения элементов электрических сетей.....	4
1.3 Лекция № 3 Виды графиков: суточные, годовые. Способы расчета расхода электрической энергии по графикам нагрузок, способы построения графиков нагрузок.....	5
2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ	8
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Измерения параметров установившегося режима работы силового трансформатора, линии электропередач	8
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Измерения параметров установившегося режима работы разомкнутой распределительной электросети.....	9
2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Снятие статической характеристики мощности по напряжению батареи конденсаторов.....	10
2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Влияние компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи на параметры установившегося режима разомкнутой распределительной электрической сети.....	11

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. Основные понятия и определения.

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:

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

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 сетей по назначению, напряжению, конфигурации и т.д.

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. Схемы замещения элементов электрических сетей»

1.2.1 Вопросы лекции:

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

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Назначение, область применения, конструктивное выполнения.

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 Материалы изготовления.

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.

Токопроводящая 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;

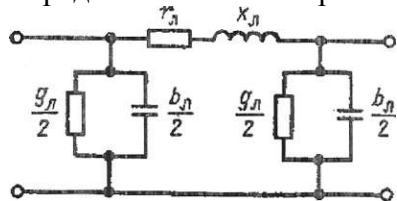
- трехжильные. Применяют на переменном токе при напряжениях до 35 кВ;
- четырехжильные (три жилы и нулевой провод). Применяют на переменном токе при напряжении до 1000В.

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.

Схемы замещения ВЛ и КЛ.

Воздушные линии электропередачи напряжением 110кВ 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.

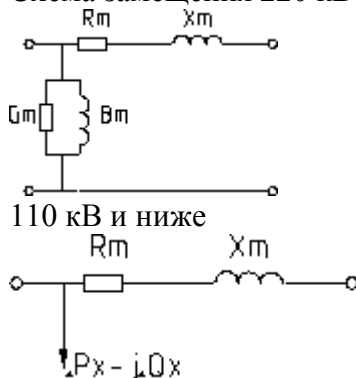


Остальные параметры определяются по каталожным данным:

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

Двухобмоточный силовой трансформатор

Схема замещения 220 кВ и выше:



1.3 Лекция №4 (2 часа).

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

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия. Принцип построения графиков.
2. Способы расчета расхода электрической энергии по графикам нагрузок, способы построения графиков нагрузок.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1 Общие понятия. Принцип построения графиков.

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.

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*.

2) 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 расхода электрической энергии по графикам нагрузок, способы построения графиков нагрузок.

Вычисление электроэнергетических потерь в сетевых кабелях и силовых трансформаторах

Форму вычисления потерь в трансформаторе:

$$W_T = \Delta W_{xx} + (\Delta W_{n1} \times W_T / 100), \text{ кВт} \cdot \text{час}, \text{ где}$$

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

$W_{n1} = (\Delta W_n / W_T) \times 100\%$ - относительные потери при нагрузках силового трансформатора, %.

$W_n = K_k \times \Delta P_{ср} \times T_p \times K_{ф2}$ - расчёт нагрузочных потерь, кВт/час.

$K_{ф2} = (1 + 2K_3) / 3K_3$ - 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.

$I_{ср} = W_T / (\sqrt{3} \times U_{ср} \times T_p \times \cos \phi)$ - 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:

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

n - количество фаз в линии - 3.

p - 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.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: «Измерения параметров установившегося режима работы силового трансформатора, линии электропередач»

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 напряже-

ния до и после исследуемого трансформатора А1.

- Меняя положение переключателя коммутатора А8, с помощью измерителя Р2 измеряйте величины потоков активной и реактивной мощностей до и после исследуемого трансформатора А1 и по ним определяйте потери активной и реактивной мощностей в нем.
- По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей Р2 и блока мультиметров Р1.

2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).

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

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

2.2.2 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.

2.2.3 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, A3	Линия 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 "РЕ" однофазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- Отключите (если включен) выключатель А9.
- Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора А1.
- Установите переключателями желаемые параметры нагрузок А4... А7.
- Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и измерителя мощностей Р2.

- Активизируйте используемые мультиметры.
- Включите выключатель А9.
- С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока Р1 измеряйте напряжения до и после исследуемой линии электропередачи А2.
- Меняя положение переключателя коммутатора А8, с помощью измерителя Р2 измеряйте величины активной и реактивной мощностей в интересующих точках исследуемой распределительной сети.

По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей Р2 и блока мультиметров Р1.

2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).

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

2.3.1 Цель работы: определить характеристики мощности батареи конденсаторов

2.3.2 Задачи работы:

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

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
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

2.3.4 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 А9.
- Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора А1.
- Установите переключателями желаемые параметры нагрузок А4... А7.
- Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и измерителя мощностей Р2.
- Активизируйте используемые мультиметры.
- Включите выключатель А9.

- Варьируя коэффициент трансформации трансформатора А1, изменяйте напряжение U на емкостной нагрузке А12 (батарея конденсаторов) и заносите показания мультиметра, включённого как вольтметр, блока Р1 а также варметра измерителя Р2(реактивную мощность Q, потребляемую емкостной нагрузкой А12(батарея конденсаторов)) в таблицу 4.1.

U, В								
Q,ВАр								

- По завершении эксперимента отключите источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей Р2 и блока мультиметров Р1.
- Используя данные таблицы 4.1, постройте искомую статическую характеристику по напряжению $Q=f(U)$ батареи конденсаторов.

2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

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

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

2.3.2 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.

2.3.3 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
PI	Блок мультиметров	509.2
A12	емкостная нагрузка	317.3
P2	Измеритель мощностей	507.2
A2, A3	линия 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 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.