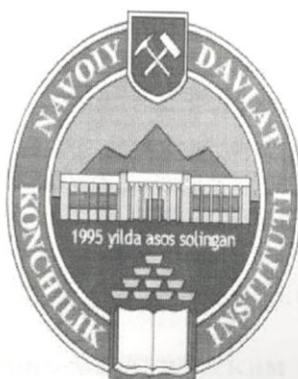


МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

Проректор по учебной части:  
*Н. Абдуазизов*  
«30» 08 2015 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ



Доц. Шайматов Б.Х., Холмуродов М.Б

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по дисциплине

### «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»

Шайматов Б.Х. ,Холмуродов М.Б Учебно-методический комплекс по предмету «Электрические сети и системы»Навои: НГТИ. – 2015г.243 стр.

**Составители:**

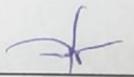
Доц. Б.Х.Шайматов. ,ассистент Холмуродов М.Б

Методический комплекс по дисциплине «Электрические сети и системы» входит: типовая программа, учебно-рабочая программа, лекционные занятия, технология обрзование и технологическая карта лекционных, лабораторных и практических занятий, общие вопросы, тесты, варианты итогового контроля, глосарий и критери оценки и предназначен для самостоятельной подготовки лекционных занятий, порядок выполнения лабораторных работ и решение практических работ, а также для выполнения курсовых проектов. Студенты, выполняющие, эти работы одновременно изучают теории данного курса.

Данная УМК рекомендуется преподавателям для обучения студентов по направлению «Электроэнергетика (ЭЭ)», Также научных сотрудников, аспирантов и научным исследователм

УМК обсуждена на заседание кафедры «Электроэнергетика (ЭЭ)» от 26 августа 2015 г. пр №1 , и рекомендована на рассмотрение учебно-методическим советом факультета.

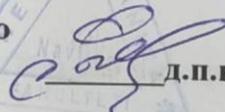
**Зав кафедрой**



к.т.н., доц. Товбаев А.Н.

УМК рассмотрена учебно-методическим советом факультета (пр №1 от «28» августа 2015г.) и рекомендована на утверждение учебно-методическим советом института.

**Председатель учебно-методического совета факультета**



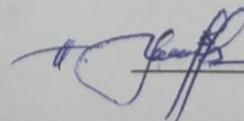
д.п.н., проф. Бозорова С.Ж.

УМК решением учебно-методическим советом института от “ \_\_\_ ” августа 2015 г протоколом №1 рекомендована в учебный процесс.

**Секретарь учебно-методического совета института** \_\_\_\_\_ Норматова М.

**Согласовано:**

**Начальник учебно-методического отдела**



Толипов Н.У.

# ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

Рўйхатга олинди  
№ БД 5310200 3.15  
2015 йил “16” 07



## ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИ ВА ТИЗИМЛАРИ

### ФАН ДАСТУРИ

Билим соҳалари:	Таълим	100.000 - Гуматинар соҳа; 300.000 - Ишлаб чиқариш техник соҳа.
соҳалари:	Таълим	110.000 - Педагогика; 310.000 - Мухандислик иши.
йўналишлари:		5310200 - Электр энергетикаси (электр таъминоти); 5111000 - Касб таълими (5310200 - Электрэнергетикаси).

Фан ўқув дастури Олий ва ўрта махсус, касб-хунар таълими йўналишлари бўйича Ўқув-услубий бирлашмалар фаолиятини мувофиқлаштирувчи Кенгашининг 2015 йил “16” 07 даги №4 - сонли баённомаси билан маъқулланган. Фаннинг ўқув дастури Тошкент давлат техника университетида ишлаб чиқилди.

**Тузувчилар:**

Расулов А.Н.

Мамарасулова Т.С.

- «Электр таъминоти» кафедраси доценти, т.ф.н.;
- «Электр таъминоти» кафедраси катта ўқитувчиси.

**Такризчилар:**

Абдумаликов М.И.

- «Марказий магистрал электр тармоқлари» жорхонаси ишлаб чиқариш бўлими бошлиғи.;

Н.Б. Пирматов

- ТошДТУ «Электрмеханикаси ва кабель техникаси» кафедраси мудири, т.ф.д

Фаннинг ўқув дастури Тошкент давлат техника университети Илмий-услубий кенгашида кўриб чиқилган ва тавсия қилинган (2015 йил “25” сентябрдаги 1 - сонли баённома

## **1. Кириш**

Ушбу фан доирасида замонавий электр тармоқлари ва системаларининг тузилиши; алмаштириш схемалари ва ҳисоб параметрлари; нормал ҳолатларини ҳисоблаш; уларда юз берувчи жараёнларнинг физик маъноси; электр тармоқлари тараққиётини лойиҳалаш; электр тармоқлари иш ҳолатининг иқтисодийлигини ошириш тадбирлари; ҳаводаги электр узатиш линияларининг конструктив-механик қисмларини ҳисоблаш бўйича зарурий билим, кўникма ва малака шакллантирилади.

### **1.1. Ўқув фанининг мақсади ва вазифалари**

Фан ўқитилишидан мақсад-замонавий электр тармоқларини ўрганиш, ҳисоблаш ва лойиҳалаш асослари бўйича йўналиш профилига мос, таълим стандартида талаб қилинган билимлар, кўникмалар ва тажрибалар даражасини таъминлашдир.

Ўқув фанини ўрганишнинг асосий вазифалари: электр тармоқлар параметрларини аниқлаш услубларини, тармоқлар иш тартибларини, улардаги қувват ва энергия исрофларини ҳисоблашни, элементларни танлашни, жумладан, тармоқларнинг ишончлигини ва энергия сифатини ошириш методларини талаблар ўзлаштиришдир.

### **1.2. Фан бўйича талабаларнинг билимига, кўникма ва малакасига қўйиладиган талаблар**

Билим, малака ва кўникмаларга эга бўлиш учун талабалар қуйдагиларни ўзлаштириши лозим: электр системаси ва тармоқлари уларнинг турлари, ҳаво линияси ва кабелларнинг элементлари, электр узатиш линияларининг параметрлари ва алмаштирув схемалари, трансформаторларнинг параметрлари ва схемалари, электр тармоқларнинг ҳисоблаш усуллари, электр узатиш линияларида ва трансформаторларда қувват ва энергия исрофлари, ёпиқ электр тармоқларини ҳисоблаш, электр энергиясини сифати ва уни бошқариш.

### **1.3. Фаннинг ўқув режадаги бошқа фанлар билан ўзаро боғлиқлиги ва услубий жихатидан узвий кетма-кетлиги**

Электр таъминоти тизимида электр тармоқлар фани асосий электр энергетика фани ҳисобланиб 7-8 семестрларда ўқитилади. Дастурни амалга ошириш ўқув режасида режалаштирилган математик ва табиий (олий математика, физика, назарий механика), умумқасбий (машина деталлари; материаллар қаршилиги, машина ва механизмлар назарияси;) матерология, стандартлаштириш ва сертификатлаш; энергетика (гидро ва иссиқлик қурилмалари); электр энергетика асослари (электр энергиясни ишлаб чиқариш), узатиш, тақсимлаш, станция; ва подстанцияларнинг электр қисми ўткинчи жараёнлар ва х.к фанлардан етарли билим ва кўникмаларга эга бўлишлик талаб этилади.

### **1.4. Фаннинг ишлаб чиқаришдаги ўрни**

Электр таъминоти элементларини лойиҳалаш, қуриш, монтаж қилиш, ишлатиш ва ҳикаларини билиш, алмаштириш схемаларини қуриш, нормал ҳолатларини ҳисоблаш, ҳолатларни таҳлил қилиш зарурдир.

Ушбу фан талабага юқоридаги вазифаларни бажариш учун зарурий билимларни беради. Шунинг учун ушбу электр энергетика асослари фани ҳисобланиб, ишлаб чиқариш техналогик тизимининг ажралмас бўғиндир.

### **1.5. Фанни ўқитишда замонавий ахборот ва педагогик техналогиялар**

Талабалар электр таъминоти тизимида электр тармоқлар фанини ўзлаштиришлари учун ўқитишнинг илғор ва замонавий усулларида фойдаланиш, янги информацион-педагогик техналогияларни тадбиқ қилиш муҳим аҳамиятга эгадир. Фанни ўзлаштиришда дарслик, ўқув ва услубий қўлланмалар, маъруза матинлари, тарқатма материаллар, электрон материаллар, виртуал стендлар ва макетлардан фойдалинилади. Маъруза, амалий, тажриба ва курс лойиҳа дарсларида мос равишдаги илғор педагогик техналогиялардан фойдаланилади.

## **2. АСОСИЙ ҚИСМ**

### **2.1. Фаннинг назарий машғулоти мазмуни**

#### **Асосий тушунчалар**

Электр система ва тармоқларни классификацияси, электр тармоқ ва системаларини турлари. Электр система элементларини номинал кучланишлари. Кучланишни ростлаш тушунчаси.

#### **Ҳаво ва кабел линияларини асосий элементлари**

Ҳаво линияларини иш шароитлари, уларнинг тузилиши, ишлатиладиган материалларга талаблар.

Кабелларни тузилиши, уларни ўтказиш усуллари, юқори кучланишли кабеллар. Саноат корхоналарининг ток ўтказгичлари.

#### **Электр тармоқлари**

Электр тармоқ ва электр юкламаларини тавсифи, параметрлари ва алмаштириш схемалари. Истеъмолчилар юкламаларини тавсифи. Юкламалар графиги. Электр тармоғига қўйиладиган талаблар. Электр узатув лшшясини (ЭУЛ) параметрлари. Улар нимани ифода қилади? Улар асосидаги ҳодиса ва жараёнлар. ЭУЛ параметрларига таъсир этиш имкониятлари. Параметрлар орасидаги ҳарактерли боғланишлар ва ЭУЛни алмаштирув схемалари. Икки ва уч чулғамли трнсформаторлар, чулғамлари бўлинган трансформаторлар. Ва автотрансформатор-ларининг параметрларини ҳисоблаш ва уларни алмаштирув схемалари.

#### **Электр тармоқлар линиялари бўйича электр энергияни узатиш назариясини элементлари**

Тармоқлар иш тартибини анализ. Электр қувватини коиплекс ифодаси. Линиялардаги қувват исрофи. Асосий боғланиш ва хулосалар. Трансформаторларидаги Қувват исрофлари. Линия ва трансформаторлардаги энергия исрофи. Максимал юкламадан фойдаланиш соатлар сони  $T_{\max}$  ва максимал исроф вақти тушунчалари.

## **Линия участкасини вектор диаграммаси**

Кучланиш пасайиши ва йўқотилиши. Очiq занжирли таъминловчи тармоқларни узатув охиридаги (бошидаги), маълумотларга кўра иш тартибини ҳисоблаш. Тўрт кутбликлардан фойдаланилган ҳолда ЭУЛни ҳисоблаш.

Электр тармоқлар иш тартибларини ҳисоблаш. Электр тармоқлар иш тартибларини ҳисоблашдаги мақсад ва хусусиятлар, асосий содалаш йўллари.

Икки тарафдан таъминловчи линия ва ҳалқасимон тармоқлар иш тартибини ҳисоблаш, ҳисобларини осонлаштириш имкониятлари. Район электр тармоқлари.

Линияни заряд токи ва заряд қуввати. ЭУЛ ни вектор диаграммаси. Узунлиги катта бўлган ЭУЛ ни ҳисоблаш ҳақида асосий маълумотлар. ЭУЛ ни ўтказиш қобилияти ҳақида тушунча.

## **Ёпиқ занжирларли тармоқлар**

Бита энергия манбаси бўлган тармоқларни контур қувватлари ва тугун кучланишлари усуллари ёрдамида ҳисоблаш. Бир неча энергия манбаси мавжудлигида ҳисоблаш хусусиятлари.

Тармоқни ўзгартириш усули. Мураккаб берк занжирли тармоқларни ҳисоблаш учун ЭХМ-дан фойдаланиш.

Қувват исрофини камайтириш бўйича чоралар. Электр таъминот тизимлари ва қувват исрофини камайтириш чоралари.

Реактив қувват баланси ва уни бузулиш оқибатлари. Тизимда актив ва реактив қувват тақсимотини мувоффиқлаштириш (оптималлаштириш. тизими айрим элементларни ишга тушуриш ва ўчириш, электр энергия сарифини назорат қилиш.

## **Электр системаларини лойихалаш асослари.**

Энергетика системаларининг электр тармоқларини техник-иқтисодий ҳисоблашнинг асослари. Электр тармоқ ривожланишини лойихалаштиришнинг масалалари. Асосий техник-иқтисодий кўрсаткичлар. Электр тармоқ вариантларини солиштириш. Вариантларни солиштиришда ишончлилик даражасини эътиборга олиш.

ЭУЛ ўтказгичларининг кўндаланг кесимларини токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш. ЭУЛ ўтказгичларининг кўндаланг кесимларини иқтисодий интерваллар ва рухсат этилган кучланиш усуллари бўйича танлаш. Танланган кесим юзаларини тожланиш ва рухсат этилган қизиш шартлари бўйича текшириш.

## **Ўта юқори кучланишли электр узатиш линиялари (ЭУЛ).**

Ўта юқори кучланишли ЭУЛнинг умумий характеристикалари. Ўта юқори кучланишли ЭУЛни электр ҳисоблаш. Узатилувчи қувват ва линия давомидаги кучланишнинг линия узунлигига боғлиқлиги. Линиянинг қувват узатиш қобилиятини ошириш.

## **Электр энергия сифати**

Электр истеъмолчилар ва электр аппаратлар ишига электр энергия сифатини таъсири. Электр энергия сифати ва иқтисодийлик, электр энергия сифати ва маҳсулот сифати ва ҳ.к. ораларидаги боғланиш. ГОСТ бўйича электр энергия сифатини кўрсаткичлари.

Иш тартибилари (режимларни) бошқариш. Бошқариш системаларини тузилиши. Частота ва актив қувватини бошқариш. АЧР ни аҳамияти. Кучланиш ва реактив қувватни бошқариш. Шикаситланишга (аврияга) қарши бошқариш тизимлари. ўзгарувчан ток ЭУЛ бўйича узатиш қувватини ошириш усуллари. Узунлиги катта ЭУЛларида ўзгарма токни қўллаш.

### **2.2. Амалий машғулотларини ташкил этиш бўйича кўрсатма ва тавсиялар**

Амалий машғулотларда талабалар тармоқ параметрларини, улвардагт қувват ва энергия исрофларини аниқлашни, ҳар хил тармоқларни иш тартибини ҳисоблашни ўрганадилар.

1. ЭУЛ алмаштирув схемаларини параметрларини аниқлаш.
2. Трансформаторлар ва автотрансформатор алмаштирув схемалари параметрларини аниқлаш.
3. Линия ва трансформаторларда қувват ва энергия исрофларини аниқлаш.
4. Ҳар хил номинал кучланишдаги очиқ занжирли электр тармоқлар иш тартибини ҳисоблаш.
5. Ҳалқасимон тармоқни иш тартибини ҳисоблаш.
6. Икки тарафдан таъминланувчи ЭУЛ-ни иш тартибини ҳисоблаш.
7. Иккита номинал кучланишли электр тармоқ иш тартибини ҳисоблаш.
8. Юкламалари қувватлари ва таъминловчи тугунда кучланиш маълум бўлган очиқ электр тармоқлар ҳолатларини ҳисоблаш
9. Кучланишни пасайтирувчи подстанцияларда кучланишни ростлаш.
10. Электр тармоқда кучланишни тармоқ қаршилигини ва реактив қувватни компенсациялаш орқали ростлаш.
11. Электр тармоқнинг номинал кучланишини танлаш.
12. ЭУЛ ўтказгичи кўндаланг кесимини токнинг иқтисодий зичлиги, иқтисодий интерваллар ва рухсат этилган кучланиш усуллари бўйича танлаш.

### **2.3. Лаборатория ишларини ташкил этиш бўйича кўрсатма ва тавсиялар**

1. Лаборатория ишларида талабалар ўзгарувчан ва ўзгармас ток ҳисоблаш моделларини ўрганади ва улар асосида ҳар хил тармоқларни иш тартибини амалда ўрганади.

2. Кўп шаҳобчали маҳаллий тармоқда қувват тақсимотини ўзгармас ток ҳисоблаш столи ёрдамида, аниқлаш.

3. Мураккаб берк занжирли бир хил тузилган тармоқда қувват тақсимотини ўзгармас ток ҳисоблаш столи ёрдамида аниқлаш.

4. Электр тармоқни нормал ҳолатини (иш тартибини) ўзгарувчан ток моделида ҳисоблаш.

5. Оддий берк занжирли 110/220 кВ электр тармоғида турғунли ҳолатларини (иш тартибларини) ўрганиш.
6. Электр тармоқнинг нормал ҳолатини Гаусс-Зейдел ва Ньютон-Рафсон усули ёрдамида ҳисоблаш.
7. Ўта юқори кучланишли линияларнинг ҳолатларини тадқиқ қилиш.
8. Электр тармоқларида кучланишни ростлаш.

#### **2.4. Курс ишларини ташкил этиш бўйича кўрсатма ва тавсиялар**

Курс лойиҳаси талабаларни мустақил ишлаш қобилиятини ривожлантиради. Ҳар бир талабга шахсий топшириқ берилади. Курс лойиҳаси топшириғи намуналари: очик занжирли система билан бевосита (трансформаторлар орқали) уланган тармоқ (истеъмолчилар қуввати, масофалар, ўзаро жойлашиш берилган) лойиҳасини; ёпиқ занжирли, энергия манбаси бор ва система билан бевосита (трансформаторлар орқали) уланган, тармоқ, (истеъмолчилар қуввати, масофалар, ўзаро жойлашиш берилган) лойиҳалансин.

#### **2.5. Мустақил ишларни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни**

Ушбу ўқув фани бўйича талабанинг мустақил иши маърузалар конспект ва тавсия этилган адабиётлар ҳамда даврий журналлар ва интернет материаллари билан ишлашни, лаборатория ишларини ўтишга тайёргарлик кўришни, рефератлар ёзиши, курс лойиҳасига ижодий ёндошиб, стандарт талабаларга мос равишда ва ҳисоблаш техникасида фойдаланиб мустақил бажариши ўз ичига олади.

Талаба мустақил ишни тайёрлашда муайян фаннинг хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги шакллардан фойдаланиш тавсия этилади:

- дарслик ва ўқув қўлланма бўйича фан боблари ва мавзуларини ўрганиш;
  - тарқатма материаллар бўйича маъруза қисмини ўзгартириш;
- автоматлаштирилган ўргатувчи ва назорат қилувчи тизимлар билан ишлаш;
  - махсус адабиётлар бўйича фанлар бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;
- янги техникаларни, аппаратураларни, жараёнлар ва технологияларни ўрганиш;
- талабанинг ўқув-илмий-тадқиқот ишларини бажариш билан боғлиқ бўлган фанлар бўлимлари ва мавзуларни чуқур ўрганиш;
- фаол ва муаммоли ўқитиш услубидан фойдаланадиган ўқув машгулотлари;
- масофавий (дистанцион) таълим.

#### **Мустақил ишларнинг тавсия этилаётган мавзулари:**

1. Ўта мураккаб электр тармоқлари ҳолатларини ҳисоблаш ва таҳлил қилиш.

2. Электр узатиш линиялари параметрларининг айланма вектор диаграммалари.
3. Бир жинсли ёпиқ электр тармоқларда қувват оқимларининг тақсимланишини схемаларга ажратиб ҳисоблаш.

### **3. Дастурнинг инфармацион-услугий таъминоти**

Мазкур фанни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий (хусусан, интерфаол) методлари, педагогик ва ахборат-коммуникация (медиа таълим, амалий дастур пакетлари, презентацион, электрон-дидактив) технологиялари қўлланилиши назарда тутилган.

#### **3.1. Фойдаланилган асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар рўйхати**

##### **Асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар**

1. Идельчик В.И.-Электрические сети и системы. Учебник М. Энергоатомиздат, 1989г.
2. Блок В.М.-Электрические сети и системы-М. «Высшая школа», 1986г.
3. Каримов Х.Г. Расулов А.Н. Электр тармоқлари ва системалари. 1 қисм Тошкент 1996 г. 165 бет.
4. Электроэнергетические системы в примерах и шюстрациях. Учебное пособие (под. Ред. Веникова В.А.) энергоатомиздат,1983г.
5. Строев В.А. Электрические системы и сети. Учебник. М. «Высшая школа», 512с. 1998г. 3
6. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энертаи. Под общ. ред. профессоров МЭИ. М: издательство МЭИ,2004.964с.
7. Гойибов Т.Ш. электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар тўплами. Ўқув қўлланма.-Т: ТошДТУ,2006.
8. Гойибов Т.Ш. Электр тармоқлари ва тизимлари/Ўқув қўлланма. – Т.: «Ворис-нашриёт». 2010. 160 б.
9. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан курс лойиҳасини бажариш бўйича услубий қўлланма./Шарипов У.Б., Хамидов Ш.В., Хайдаров С.Ж. – Т.: ТошДТУ, 2003.
10. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан курс лойиҳасини бажариш бўйича услубий қўлланма./КаримовХ.Г., Таслимов А.Д., Мамарасулова Т.С.. – Т.: ТошДТУ, 2006.
11. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан тажриба ишлари учун услубий қўлланма./Гайибов Т.Ш., Тазинбаева А.К. – Т.: ТошДТУ, 2007.
12. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан тажриба ишлари учун услубий қўлланма./Таслимов А.Д., Рисмухамедоа Д.А., Мамарасулова Т.С. – Т.: ТошДТУ, 2004.

#### **3.2. Қўшимча адабиётлар**

1. Электрические системы. /Электрические сети/ Под ред. В.А.Веникова - М.: Высшая школа, 1981. - 439 с.

2. Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем. - Л.: Энергия, 1987, 391 с.
3. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях: Учебное пособие для ВУЗов/Ю.Н.Астахов, В.А.Веников, В.В.Ежков и др. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, В.В. Ежнов, Г.К. Зарудский, Э.И.Зуев под.ред. Строева В.А. М. «Высшая школа» 352с. 1999г.

### **3.3. Электрон ресурслар**

1. Сайт: [www/energystrategy.ru](http://www/energystrategy.ru)
2. Сайт: [www/uzenergy.uzpak.uz](http://www/uzenergy.uzpak.uz)

РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

“ЭНЕРГО-МЕХАНИЧЕСКИЙ” ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

Зарегистрирована:  
№ 8-22(П)  
201 5 г. 28.05



УТВЕРЖДАЮ  
Директор по учебной части:  
И. Абдуазизов  
2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

### « ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ »

(для бакалавров по направлению «5310200 “Электроэнергетика»)

Производственно  
техническая сфера                      300 000 – Инженерное дело

Направление отраслям                      310 000 – Энергетика (по отраслям)

Направление образования:              310200 – Электроэнергетика (по отраслям и  
направлениям)

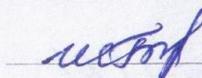
Семестр	7	8	Всего
Общие аудиторные часы	54	40	94
В том числе:			
Лекция	36	10	46
Практические занятия	8	20	28
Лабораторные работы	10	10	20
Самостоятельные работы	30	54	84
Итого	84	94	178

НАВОИ - 2015

Рабочая программа составлена на основе рабочего учебного плана и учебной программы для бакалавров, обучающихся по направлению 5310200 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА» на основании государственного стандарта республики Узбекистан от 2012 года и типовой программы, разработанной и утверждённой Учёным советом ТашГТУ.

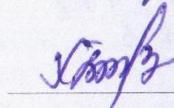
Составили:

Доц. кафедры «Электроэнергетика»:



Б.Х.Шайматов

Ассистент кафедры  
«Электроэнергетика»



Холмуродов М.Б

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА», протокол № 1 «26» 08 2015 г.

Зав кафедрой:



Товбаев А.Н.

Рабочая программа рассмотрена на заседании Энергомеханического факультета и рекомендована для использования. (утверждена протоколом № 1 «28» 08 2015 г.)

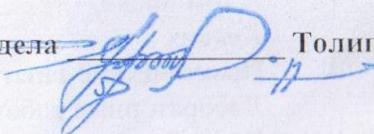
Председатель совета факультета:



Бозорова С.Ж.

Согласовано:

Начальник учебно-методического отдела



Толипов Н.У.

## **1. Предисловие**

В энергетической программе Узбекистана сформулированы важнейшие задачи развития промышленности путём интенсификации и повышения эффективности производства на базе научно-технического процесса.

В области электрических сетей и систем предусматривается повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональной эксплуатации высоконадёжного электрооборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при её передаче, при распределении и потреблении.

### **1.1 Цель и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе**

Развитие и усложнение структуры электрических сетей и систем, возрастающие требования к экономичности и надёжности их работы в сочетании с изменяющейся структурой и характером потребителей электроэнергии на базе современной вычислительной техники ставит проблему подготовки высококвалифицированных специалистов.

Изучение и рассмотрение вопросов электрических сетей в системах электроснабжения. Развитие системы электроснабжения в Узбекистане. Общая система электроснабжения, место систем электроснабжения. Свойства электроснабжения в промышленных предприятиях.

### **1.2.Требование по предмету, по которым студент должен обучаться.**

Задачи дисциплины: Изучение выбора рационального напряжения, мощности и количество силовых трансформаторов. Выбор цеховых трансформаторов, распределительных устройств, компенсация реактивной мощностей, автоматизация и диспетчеризация, а также экономика электроэнергии.

### **1.3 Перечень дисциплин для изучения данной дисциплины:**

- а) Теоретические основы электротехники
- б) Электрические измерение
- в) Электрические машины
- г) Электрические станций и подстанции в СЭС
- д) Применение информатики и ЭВМ
- е) Электроснабжение
- ж) Математические задачи энергетики

### **1.4 Новые технологии по обучению дисциплины.**

Для проведения занятий использовать новые методы средства обучения. Такие как ТСО, электронное обучение, а также использовать методы расчётов по ЭВМ.

### **1.5 Объём часов проводимых по дисциплине.**

**Занятия по дисциплине проводится на 7-8 семестр и распределение часов следующее:**

Количество общих обучаемых работ 178 ч.в том числе аудиторное занятие 94 ч. , самостоятельная работа -84 ч, лекционные занятие - 46 ч, лабораторные работы-20 ч и практические занятия-28 ч должны быть спланированы.

## 7 семестр

№	Название раздела	Аудиторный час			Самостоятельные
		Лекция	Прак. занятия	Лаб. занятия	
1	Введение. Цель и задачи дисциплины. Основы определения расчётных параметров однофазных эквивалентов элементов трехфазной электрической сети. Расчётные параметры и схемы замещения одноцепной трехфазной линии электропередачи (ЛЭП) Расчётные параметры и схемы замещения двухобмоточного трехфазного трансформатора. Трехполосники как однофазные эквиваленты ЛЭП и двухобмоточные трансформаторы. Расчетные параметры и схемы замещения трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов.	6	-	-	6
2	<b>Элементы теории передачи электроэнергии по ЛЭП на большие расстояния.</b> Основные технико-экономические проблемы передач электроэнергии на большие расстояния. Пути, методы и средства увеличения пропускной способности и экономичности работы дальних электропередач. Уравнения длинной линии. Натуральные мощности длинной линии. Выражения для передаваемой мощности по длинной линии. Закономерности распределения напряжения вдоль ЛЭП в зависимости от нагрузки. Определение внутренние электрических сетей и их параметре, схемы.	14	4	4	6
3	Расчёт режимов разомкнутых электрических сетей. Расчёт режима ЛЭП по данным конца и начала. Расчёт режима разомкнутой электрической сети при известных мощных нагрузок и напряжения источника питания методами последовательных приближений.	6	-	-	6
4	Расчёт режимов замкнутых электрических цепей. Расчёт потоков мощности в кольцевых электрических сетях без учета и с учетом потерь. Расчёт потоков мощности в сетях с двухсторонним питанием при одинаковых и равных напряжениях в ее концах. Расчет потоков мощностей в сложно-замкнутых электрических сетях методом расщепления схемы.	6	4	6	6
5	Расчет режимов электрических сетей	4	-	-	6

на основе использования уравнения узловых напряжений (УУН) УУН в форме баланса токов и баланса мощности. Алгебраическая и тригонометрическая формы записи УУН в матричной форме. Исходная и обратная формы записи УУН.				
<b>всего</b>	<b>36</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>30</b>
<b>итого</b>	<b>84</b>			

**8 семестр**

№	Название раздела	Аудиторный час			Самостоятельные
		Лекция	Прак. занятия	Лаб. занятия	
<b>1</b>	<b>Баланса активной мощности и его связь с частотой. Потеря и падение напряжение.</b> Регулирование частоты в электроэнергетической системе. Понятие об оптимальном распределении активной мощности между электростанциями..	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	Баланса реактивной мощности и его связь с напряжением. Сведение о сложно замкнутых электрических сетях. Регулирующий эффект нагрузки. Потребители и источники реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности. Компенсирующие устройства реактивной мощности: батарей статических конденсаторов.	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
<b>1.</b>	Качество электрической энергии и его обеспечение. Показатели качества электрической энергии. Методы регулирования напряжения. Техно-экономические расчеты в электрических сетях энергосистем. Техно-экономическое сравнение вариантов электрической сети. Выбор варианта электрической сети с учетом надежности. Выбор номинального напряжения. Определение сечений проводов и кабелей по экономической плотности тока. Мероприятия по уменьшению потерь мощности и электроэнергии. Методы расчёта потерь электроэнергии в сетях. Расчёт воздушных линий электропередач на механическую прочность. Характеристика задач и исходных условия расчета конструктивной части ЛЭП.	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>16</b>
	<b>всего</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>54</b>
	<b>итого</b>	<b>94</b>			

## 1.6. Новые технологии по обучению дисциплины.

Для проведения занятий использовать новые методы средства обучения. Такие как ТСО, электронный обучение, а также использовать новое разработки в области энергетики.

## 2. СТРУКТУРА ПРЕДМЕТА.

### 2.1. Содержание темы по лекции.

#### 7-семестр

Введение. Цель и задачи дисциплины. Основы определения расчётных параметров однофазных эквивалентов элементов трехфазной электрической сети....

**Расчётные параметры и схемы замещения одноцепной трехфазной линии электропередачи (ЛЭП) ..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Конспект лекции, слайд-презентация*

**Расчётные параметры и схемы замещения двухобмоточного трехфазного трансформатора. Трехполюсники как однофазные эквиваленты ЛЭП и двухобмоточные трансформаторы..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Визуализация, фокусирующие вопросы, стратегия «Б-Б-Б», видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Расчетные параметры и схемы замещения трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Лекция – визуализация, техники: блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

Элементы теории передачи электроэнергии по ЛЭП на дальние расстояния

**Основные технико-экономические проблемы передач электроэнергии на большие расстояния..... 4 час**

*Используемые пед. технологии: Лекция – визуализация, техники: блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Пути, методы и средства увеличения пропускной способности и экономичности работы дальних электропередач..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Визуализация, фокусирующие вопросы, стратегия «Б-Б-Б», видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Уравнения длинной линии. Натуральные мощности длинной линии.**

**Выражения для передаваемой мощности по длинной линии..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Визуализация, фокусирующие вопросы, стратегия «Б-Б-Б», видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Закономерности распределения напряжения вдоль ЛЭП в зависимости от нагрузки.....2 час.**

*Используемые пед. технологии: Лекция – визуализация, техники: блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Определение внутренние электрических сетей и их параметре, схемы....2 час**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Конспект лекции, слайд-презентация*

**Расчёт режимов разомкнутых электрических сетей Расчёт режима ЛЭП по данным конца и начала.....2 час**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Конспект лекции, слайд-презентация*

**Расчёт режима разомкнутой электрической сети при известных мощных нагрузок и напряжения источника питания методами последовательных приближений..... 4 час**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Конспект лекции, слайд-презентация*

**Расчёт режимов замкнутых электрических цепей.Расчёт потоков мощности в кольцевых электрических сетях без учета и с учетом потерь..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Визуализация, фокусирующие вопросы, стратегия «Б-Б-Б», видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Расчёт потоков мощности в сетях с двухсторонним питанием при одинаковых и равных напряжениях в ее концах..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение., объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Конспект лекции, слайд-презентация*

**Расчет потоков мощностей в сложно-замкнутых электрических сетях методом расщепления схемы..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение., объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Конспект лекции, слайд-презентация*

**Расчет режимов электрических сетей на основе использования уравнения узловых напряжений (УУН). УУН в форме баланса токов и баланса мощности. Алгебраическая и тригонометрическая формы записи УУН в матричной форме ..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение., объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Конспект лекции, слайд-презентация*

**Исходная и обратная формы записи УУН..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение., объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”.*

Конспект лекции, слайд-презентация

**Преимущества объединения электроэнергетических систем, управление электроэнергетических систем..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Визуализация, фокусирующие вопросы, стратегия «Б-Б-Б», видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Всего: 36 часов**

## **2.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

**Расчёт потоков мощностей в замкнутых электрических сетях.....4 час.**

*Используемые пед. технологии: Блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Выбор трансформаторов и сечение проводов.....4 час**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение., объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. слайд-презентация*

**Итого : 8 часов.**

## **2.3.ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

**Ознакомление с основными элементами воздушных линий.....4 час.**

*Используемые пед. технологии: Блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Расчет номинального режима на статической модели переменного тока.....4час..**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение., объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. слайд-презентация*

**Исследование режимов работы дальних линий электропередач.....2час..**

*Используемые пед. технологии: Блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Итого : 10 часов.**

## **8-семестр (Лекция)**

**Баланса активной мощности и его связь с частотой. Потеря и падение напряжение. Регулирование частоты в электроэнергетической системе..... 2 час.**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”.*

*Конспект лекции, слайд-презентация*

**Понятие об оптимальном распределении активной мощности между электростанциями..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Визуализация, фокусирующие вопросы, стратегия «Б-Б-Б», видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Баланса реактивной мощности и его связь с напряжением. Сведение сложно замкнутых электрических сетей.....2 час.**  
Регулирующий эффект нагрузки. Потребители и источники реактивной мощности.

*Используемые пед. технологии: Лекция – визуализация, техники: блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Компенсация реактивной мощности. Компенсирующие устройства реактивной мощности: батарей статических конденсаторов..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Лекция – визуализация, техники: блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Качество электрической энергии и его обеспечение Показатели качества электрической энергии. Методы регулирования напряжения. Техно-экономические расчеты в электрических сетях энергосистем. Техно-экономическое сравнение вариантов электрической сети. Выбор варианта электрической сети с учетом надежности. Выбор номинального напряжения. Определение сечений проводов и кабелей по экономической плотности тока. Мероприятия по уменьшению потерь мощности и электроэнергии. Методы расчёта потерь электроэнергии в сетях. Расчёт воздушных линий электропередач на механическую прочность. Характеристика задач и исходных условия расчета конструктивной части ЛЭП..... 2 час**

*Используемые пед. технологии: Визуализация, фокусирующие вопросы, стратегия «Б-Б-Б», видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Всего:**

**10 часов**

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

**Расчёт потерь мощностей трансформаторов и ЛЭП.....4 час.**

*Используемые пед. технологии: Блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Расчёт потерь энергии трансформаторов и ЛЭП.....4 час.**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение., объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. слайд-презентация*

**Расчёт потерь напряжения в ЛЭП.....4 час.**

*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение., объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. слайд-презентация*

**Расчет режим работы замкнутых электрических сетей. ....4 час.**  
*Используемые пед. технологии: Блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Расчет режим работы ЛЭП двухсторонних питание..... 4 час.**  
*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение., объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. слайд-презентация*

**Итого : 20 часов.**

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

**Исследование холостого хода дальних ЛЭП..... 4 час**  
*Используемые пед. технологии: Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение., объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. слайд-презентация*

**Регулирование напряжения в районных электрических сетях..... 6 час**  
*Используемые пед. технологии: Блиц-опрос, фокусирующие вопросы, «думай – работай в паре – делись», техника «да- нет», объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”. Видеопроектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.*

**Итого : 10 часов.**

### **2.4. Курсовой проект**

Для выполнения курсового проекта предусмотрено проектировать районные электрические сети.

- 1) Ознакомление задание курсового проекта и расчет баланса мощностей.
- 2) Выбор схем электрических сетей.
- 3) Определение точки потока распределения .
- 4) Выбор номинального напряжения электрической сети.
- 5) Выбор силовых трансформаторов.
- 6) Выбор сечения проводов для сети.
- 7) Техничко-экономические расчеты электрических сетей и систем.
- 8) Начертить однолинейную схему и схему замещения электрической сети.

### **2.5. Самостоятельная работа**

- 1) Категории потребителей районных электрических сетей.
- 2) Конструкции и элементы воздушных линий.
- 3) Понятие о мощностей.
- 4) Трансформаторы и их потери.

- 5) Понятие об радиальных и кольцевых электрических сетях.

### **3. Информационно-методическое обеспечение Основная литература**

- 1.Идельчик Б.И. Электрические системы и сети. М: Энергоатомиздат 1989 г,592 с
- 2.Блок В.М. Электрические системы и сети. М:Высшая школа,1986 г,430 с
- 3.Электрические системы.1,2 Электрические сети.Под.ред В.А Веникова М:Высшая школа,1981 г,438 с
- 4.Солдаткина Л.А. Электрические системы и сети.М:Энергия 1978 г
- 5.Боровиков В.А,Косарев В.К,Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем.Л:Энергия 1977 г,391 с
- 6.Электрические системы и сети.Под ред.Г.И Денисенко,Киев,1986 г
7. Строев ВА. Электрические системы и сети. Учебник.-М., «Высшая школа», 512 с. 1998 г.
8. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. /Под общ.ред.профессоров МЭИ.-М.: Издательство МЭИ, 2004, 964 с.
9. Ғойибов Т.Ш. Электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар тўплами . /ПодЎқув қўлланма.-Т.: ТошДТУ, 2006.

### **Дополнительная литература**

- 1."Электр тармоқлари ва системалари" фанидан тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Ташкент:ТашПИ 1991,40 б.(Т.Ш Гайибоев,А.М Мирбабаев)
2. Шайматов Б.Х. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан назорат ишлари ва курс лойихасини бажариш учун ўқув-услугий қўлланма. Навоий 2005й.
1. Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А-Электрические энергетические системы.-Ленинград, Энергия ., 1977
2. Каримов Х.Г., Таслимов А.Д., Мамарасулова Ф.С.-Электр тармоқлари, тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Тошкент, ТошДТУ, 2004.
3. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, В.В.Ежнов, Г.К.Зарудский, Э.И.Зуев под.ред. Строева В.А. М., «Высшая школа», 352 с, 1999г.
4. Сайт: [www.energystrategy.ru](http://www.energystrategy.ru)
5. Сайт: [www.uzenergy.uzpak.uz](http://www.uzenergy.uzpak.uz)

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**КАРТА УЧЕБНОГО ТЕХНОЛОГИИ  
по дисциплине  
«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

**ТЕМА: Основы определения расчётных параметров однофазных эквивалентов элементов трехфазной электрической сети.**

<i>Время лекции – 4 ч</i>	<i>Количество студентов – 20-50</i>
<b>Форма учебного занятия</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Посещения учебного курса</li> <li>2. Укрепления знания.</li> <li>3. Раздача конспект лекции.</li> <li>4. Передача лекции по технологиям обучений.</li> <li>5. Определения основных понятий темы.</li> <li>6. Заключения.</li> </ol>
<b>Цель учебного занятия:</b>	Сформировать целостное представление о содержании курса « <b>Электрические сети и системы в электроснабжение</b> », о ее предмете, методе, истории развития, задачах, связи с другими науками.
<b>Педагогические задания:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Раскрывать построения предмета;</li> <li>2) Определения цели и задачи предмета;</li> <li>3) Определения основных категории предмета;</li> <li>4) Выявлять методологических основ предмета;</li> <li>5) Рассказать о взаимосвязи предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризовать научно-исследовательский метод предмета.</li> </ol>	<b>Результаты учебной деятельности:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Назвать учебные разделы курса и изложить последовательность их изучения;</li> <li>2) Ознакомление с целями и задачами предмета;</li> <li>3) Изучение основных категории предмета;</li> <li>4) Представление о методологии предмета;</li> <li>5) Сравнение взаимосвязь предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризовать научно-исследовательский метод предмета</li> </ol>
<b>Методы обучения</b>	Лекция, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”.
<b>Техника обучения</b>	Лекция
<b>Средство обучения</b>	Конспект лекции, слайд-презентация.
<b>Условия обучения</b>	Аудитория.
<b>Контроль</b>	Контролировать самого себя.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЛЕКЦИИ

Этапы , время	Деятельность	
	Преподаватель	Студент
<b>1-этап.</b> <b>Актуаль-</b> <b>ность</b> <b>знаний</b>  (20 минут)	1.1.Изложить названия , план и цель темы. 1.2. Просит заполнить первый пункт по стратегию “Б-Б-Б” 1.3. Предлагает структуру и объясняет модули предмета. 1.4. Ознакомление с методикой предмета.	Слушают, напишут и заполняют первый пункт стратегию “Б-Б-Б”. Задают вопросы и имеют представлению о предмете.
<b>2-этап.</b> <b>Информа-</b> <b>ционный</b>  (50 минут)	2.1. Просит, заполнить второй пункт стратегию “Б-Б-Б”. 2.2. Раздает конспект лекции и ознакомит планом темы. 2.3. Изложить теоретическую часть темы с помощью технологии. Показывает основные понятия предмета .Задаёт вопросы по тематике. Делает выводы по пунктам лекции.	Заполняют второй пункт стратегию “Б-Б-Б” . Слушают, отвечают на вопросы. Переписывают таблицы, чертежи и формулы в тетрадь.
<b>3-этап.</b> <b>Заключи-</b> <b>тельный</b>  (10 минут)	3.1. Просит, заполнить третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. 3.2. Определяет представление студентов с помощью стратегию “Б-Б-Б”. 3.3. Если представление студентов не удовлетворяет, основные части лекции объясняет повторно. 3.4. Дает задания для самостоятельных работ.	Заполняют третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. Сравнивает свои представление с другими студентами Записывает задания для самостоятельных работ.

### Таблица Б/Б/Б.

**Таблица Б/Б/Б-** Биладман (знаю)/ Биладшнн хоҳлайман (хочу узнать)/ Биладб олдим (узнал) . Дает возможность изучения цели и задачи конспекта лекции, развивает научную мысль.

Студенты:

1. Ознакомиться составлением таблицы Оформляют таблицу по отдельным группам.
2. Отвечают на вопросы “Что вы знаете по теме” и “Что вы хотите знать”.  
Заполняют 1 и 2 пункты таблицы.
3. Слушают лекцию, самостоятельно читают.
4. Заполняют самостоятельно 3 пункт таблицы.

Таблица Б/БХ/Б		
Знаю	Хочу узнать	Узнал

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ТЕМА: Элементы теории передачи электроэнергии по ЛЭП на дальние расстояния

<i>Время лекции – 6 ч</i>	<i>Количество студентов – 20-50</i>
<b>Форма учебного занятия</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Посещения учебного курса</li> <li>2. Укрепления знания.</li> <li>3. Раздача конспект лекции.</li> <li>4. Передача лекции по технологиям обучений.</li> <li>5. Определения основных понятий темы.</li> <li>6. Заключения.</li> </ol>
<b>Цель учебного занятия:</b>	Сформировать целостное представление о содержании курса « <b>Электрические сети и системы в электроснабжение</b> », о ее предмете, методе, истории развития, задачах, связи с другими науками.
<b>Педагогические задания:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Раскрывать построения предмета;</li> <li>2) Определения цели и задачи предмета;</li> <li>3) Определения основных категории предмета;</li> <li>4) Выявлять методологических основ предмета;</li> <li>5) Рассказать о взаимосвязи предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризировать научно-исследовательский метод предмета.</li> </ol>	<b>Результаты учебной деятельности:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Назвать учебные разделы курса и изложить последовательность их изучения;</li> <li>2) Ознакомление с целями и задачами предмета;</li> <li>3) Изучение основных категории предмета;</li> <li>4) Представление о методологии предмета;</li> <li>5) Сравнение взаимосвязь предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризовать научно-исследовательский метод предмета</li> </ol>
<b>Методы обучения</b>	Лекция, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”.
<b>Техника обучения</b>	Лекция
<b>Средство обучения</b>	Конспект лекции, слайд-презентация.
<b>Условия обучения</b>	Аудитория.
<b>Контроль</b>	Контролировать самого себя.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЛЕКЦИИ

Этапы , время	Деятельность	
	Преподаватель	Студент
<b>1-этап.</b> <b>Актуаль-</b> <b>ност</b> <b>знаний</b>  (20 минут)	1.1.Изложить названия , план и цель темы. 1.2. Просит заполнить первый пункт по стратегию “Б-Б-Б” 1.3. Предлагает структуру и объясняет модули предмета. 1.4. Ознакомление с методикой предмета.	Слушают, напишут и заполняют первый пункт стратегию “Б-Б-Б”. Задают вопросы и имеют представлению о предмете.
<b>2-этап.</b> <b>Информа-</b> <b>ционный</b>  (50 минут)	2.1. Просит, заполнить второй пункт стратегию “Б-Б-Б”. 2.2. Раздает конспект лекции и ознакомит планом темы. 2.3. Изложить теоретическую часть темы с помощью технологии. Показывает основные понятия предмета .Задаёт вопросы по тематике. Делает выводы по пунктам лекции.	Заполняют второй пункт стратегию “Б-Б-Б” . Слушают, отвечают на вопросы. Переписывают таблицы, чертежи и формулы в тетрадь.
<b>3-этап.</b> <b>Заключи-</b> <b>тельный</b>  (10 минут)	3.1. Просит, заполнить третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. 3.2. Определяет представление студентов с помощью стратегию “Б-Б-Б”. 3.3. Если представление студентов не удовлетворяет, основные части лекции объясняет повторно. 3.4. Дает задания для самостоятельных работ.	Заполняют третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. Сравнивает свои представление с другими студентами Записывает задания для самостоятельных работ.

**Таблица Б/Б/Б.**

**Таблица Б/Б/Б-** Билаган (знаю)/ Билагини хохламан (хочу узнать)/ Билаг олдим (узнал) . Дает возможность изучения цели и задачи конспекта лекции, развивает научную мысль.

Студенты:

- 1.Ознакомиться составлением таблицы Оформляют таблицу по отдельным группам.
  - 2.Отвечают на вопросы “Что вы знаете по теме” и “Что вы хотите знать”.
- Заполняют 1 и 2 пункты таблицы.
- 3.Слушают лекцию, самостоятельно читают.
  - 4.Заполняют самостоятельно 3 пункт таблицы.

<b>Таблица Б/БХ/Б</b>		
Знаю	Хочу узнать	Узнал

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ТЕМА: Расчёт режимов разомкнутых электрических сетей

<i>Время лекции – 4 ч</i>	<i>Количество студентов – 20-50</i>
<b>Форма учебного занятия</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Посещения учебного курса</li> <li>2. Укрепления знания.</li> <li>3. Раздача конспект лекции.</li> <li>4. Передача лекции по технологиям обучений.</li> <li>5. Определения основных понятий темы.</li> <li>6. Заключение.</li> </ol>
<b>Цель учебного занятия:</b>	Сформировать целостное представление о содержании курса « <b>Электрические сети и системы в электроснабжение</b> », о ее предмете, методе, истории развития, задачах, связи с другими науками.
<b>Педагогические задания:</b> 1) Раскрывать построения предмета; 2) Определения цели и задачи предмета; 3) Определения основных категории предмета; 4) Выявлять методологических основ предмета; 5) Рассказать о взаимосвязи предмета с другими предметами; 6) Характеризировать научно-исследовательский метод предмета.	<b>Результаты учебной деятельности:</b> 1) Назвать учебные разделы курса и изложить последовательность их изучения; 2) Ознакомление с целями и задачами предмета; 3) Изучение основных категории предмета; 4) Представление о методологии предмета; 5) Сравнение взаимосвязь предмета с другими предметами; 6) Характеризовать научно-исследовательский метод предмета
<b>Методы обучения</b>	Лекция, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”.
<b>Техника обучения</b>	Лекция
<b>Средство обучения</b>	Конспект лекции, слайд-презентация.
<b>Условия обучения</b>	Аудитория.
<b>Контроль</b>	Контролировать самого себя.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЛЕКЦИИ

Этапы , время	Деятельность	
	Преподаватель	Студент
<b>1-этап.</b> <b>Актуаль-</b> <b>ност</b> <b>знаний</b>  (20 минут)	1.1.Изложить названия , план и цель темы. 1.2. Просит заполнить первый пункт по стратегию “Б-Б-Б” 1.3. Предлагает структуру и объясняет модули предмета. 1.4. Ознакомление с методикой предмета.	Слушают, напишут и заполняют первый пункт стратегию “Б-Б-Б”. Задают вопросы и имеют представлению о предмете.
<b>2-этап.</b> <b>Информа-</b> <b>ционный</b>  (50 минут)	2.1. Просит, заполнить второй пункт стратегию “Б-Б-Б”. 2.2. Раздает конспект лекции и ознакомит планом темы. 2.3. Изложить теоретическую часть темы с помощью технологии. Показывает основные понятия предмета .Задает вопросы по тематике. Делает выводы по пунктам лекции.	Заполняют второй пункт стратегию “Б-Б-Б” . Слушают, отвечают на вопросы. Переписывают таблицы, чертежи и формулы в тетрадь.
<b>3-этап.</b> <b>Заключи-</b> <b>тельный</b>  (10 минут)	3.1. Просит, заполнить третей пункт стратегию “Б-Б-Б”. 3.2. Определяет представление студентов с помощью стратегию “Б-Б-Б”. 3.3. Если представление студентов не удовлетворяет, основные части лекции объясняет повторно. 3.4. Дает задания для самостоятельных работ.	Заполняют третей пункт стратегию “Б-Б-Б”. Сравнивает свои представление с другими студентами Записывает задания для самостоятель-ных работ.

### Таблица Б/Б/Б.

**Таблица Б/Б/Б-** Биламан (знаю)/ Билишни хоҳлайман (хочу узнать)/ Билиб олдим (узнал) . Дает возможность изучения цели и задачи конспекта лекции, развивает научную мысль.

Студенты:

- 1.Ознакомиться составлением таблицы Оформляют таблицу по отдельным группам.
  - 2.Отвечают на вопросы “Что вы знаете по теме” и “Что вы хотите знать”.
- Заполняют 1 и 2 пункты таблицы.
- 3.Слушают лекцию, самостоятельно читают.
  - 4.Заполняют самостоятельно 3 пункт таблицы.

Таблица Б/БХ/Б		
Знаю	Хочу узнать	Узнал

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ТЕМА: Расчёт режимов замкнутых электрических цепей.

<i>Время лекции – 4 ч</i>	<i>Количество студентов – 20-50</i>
<b>Форма учебного занятия</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Посещения учебного курса</li> <li>2. Укрепления знания.</li> <li>3. Раздача конспект лекции.</li> <li>4. Передача лекции по технологиям обучений.</li> <li>5. Определения основных понятий темы.</li> <li>6. Заключение.</li> </ol>
<b>Цель учебного занятия:</b>	Сформировать целостное представление о содержании курса « <b>Электрические сети и системы в электроснабжение</b> », о ее предмете, методе, истории развития, задачах, связи с другими науками.
<b>Педагогические задания:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Раскрывать построения предмета;</li> <li>2) Определения цели и задачи предмета;</li> <li>3) Определения основных категории предмета;</li> <li>4) Выявлять методологических основ предмета;</li> <li>5) Рассказать о взаимосвязи предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризировать научно-исследовательский метод предмета.</li> </ol>	<b>Результаты учебной деятельности:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Назвать учебные разделы курса и изложить последовательность их изучения;</li> <li>2) Ознакомление с целями и задачами предмета;</li> <li>3) Изучение основных категории предмета;</li> <li>4) Представление о методологии предмета;</li> <li>5) Сравнение взаимосвязь предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризовать научно-исследовательский метод предмета</li> </ol>
<b>Методы обучения</b>	Лекция, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”.
<b>Техника обучения</b>	Лекция
<b>Средство обучения</b>	Конспект лекции, слайд-презентация.
<b>Условия обучения</b>	Аудитория.
<b>Контроль</b>	Контролировать самого себя.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЛЕКЦИИ

Этапы , время	Деятельность	
	Преподаватель	Студент
<b>1-этап.</b> <b>Актуаль-</b> <b>ност</b> <b>знаний</b>  <b>(20</b> <b>минут)</b>	1.1.Изложить названия , план и цель темы. 1.2. Просит заполнить первый пункт по стратегию “Б-Б-Б” 1.3. Предлагает структуру и объясняет модули предмета. 1.4. Ознакомление с методикой предмета.	Слушают, напишут и заполняют первый пункт стратегию “Б-Б-Б”. Задают вопросы и имеют представлению о предмете.
<b>2-этап.</b> <b>Информа-</b> <b>ционный</b>  <b>(50</b> <b>минут)</b>	2.1. Просит, заполнить второй пункт стратегию “Б-Б-Б”. 2.2. Раздает конспект лекции и ознакомит планом темы. 2.3. Изложить теоретическую часть темы с помощью технологии. Показывает основные понятия предмета .Задаёт вопросы по тематике. Делает выводы по пунктам лекции.	Заполняют второй пункт стратегию “Б-Б-Б” . Слушают, отвечают на вопросы. Переписывают таблицы, чертежи и формулы в тетрадь.
<b>3-этап.</b> <b>Заключи-</b> <b>тельный</b>  <b>(10</b> <b>минут)</b>	3.1. Просит, заполнить третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. 3.2. Определяет представление студентов с помощью стратегию “Б-Б-Б”. 3.3. Если представление студентов не удовлетворяет, основные части лекции объясняет повторно. 3.4. Дает задания для самостоятельных работ.	Заполняют третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. Сравнивает свои представление с другими студентами Записывает задания для самостоятель-ных работ.

### Таблица Б/Б/Б.

**Таблица Б/Б/Б-** Биладман (знаю)/ Бишлишни ҳоҳлайман (хочу узнать)/ Бишлиб олдим (узнал) . Дает возможность изучения цели и задачи конспекта лекции, развивает научную мысль.

Студенты:

- 1.Ознакомиться составлением таблицы Оформляют таблицу по отдельным группам.
- 2.Отвечают на вопросы “Что вы знаете по теме” и “Что вы хотите знать”.  
Заполняют 1 и 2 пункты таблицы.
- 3.Слушают лекцию, самостоятельно читают.
- 4.Заполняют самостоятельно 3 пункт таблицы.

Таблица Б/БХ/Б		
Знаю	Хочу узнать	Узнал

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ТЕМА: Расчет режимов электрических сетей на основе использования уравнения узловых напряжений (УУН)

<i>Время лекции – 4 ч</i>	<i>Количество студентов – 20-50</i>
<b><i>Форма учебного занятия</i></b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Посещения учебного курса</li> <li>2. Укрепления знания.</li> <li>3. Раздача конспект лекции.</li> <li>4. Передача лекции по технологиям обучений.</li> <li>5. Определения основных понятий темы.</li> <li>6. Заключения.</li> </ol>
<b><i>Цель учебного занятия:</i></b>	Сформировать целостное представление о содержании курса « <b>Электрические сети и системы в электроснабжение</b> », о ее предмете, методе, истории развития, задачах, связи с другими науками.
<p style="text-align: center;"><b><i>Педагогические задания:</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Раскрывать построения предмета;</li> <li>2) Определения цели и задачи предмета;</li> <li>3) Определения основных категории предмета;</li> <li>4) Выявлять методологических основ предмета;</li> <li>5) Рассказать о взаимосвязи предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризировать научно-исследовательский метод предмета.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b><i>Результаты учебной деятельности:</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Назвать учебные разделы курса и изложить последовательность их изучения;</li> <li>2) Ознакомление с целями и задачами предмета;</li> <li>3) Изучение основных категории предмета;</li> <li>4) Представление о методологии предмета;</li> <li>5) Сравнение взаимосвязь предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризовать научно-исследовательский метод предмета</li> </ol>
<b><i>Методы обучения</i></b>	Лекция, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”.
<b><i>Техника обучения</i></b>	Лекция
<b><i>Средство обучения</i></b>	Конспект лекции, слайд-презентация.
<b><i>Условия обучения</i></b>	Аудитория.
<b><i>Контроль</i></b>	Контролировать самого себя.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЛЕКЦИИ

Этапы , время	Деятельность	
	Преподаватель	Студент
<b>1-этап.</b> <b>Актуаль-</b> <b>ность</b> <b>знаний</b>  <b>(20</b> <b>минут)</b>	1.1.Изложить названия , план и цель темы. 1.2. Просит заполнить первый пункт по стратегию “Б-Б-Б” 1.3. Предлагает структуру и объясняет модули предмета. 1.4. Ознакомление с методикой предмета.	Слушают, напишут и заполняют первый пункт стратегию “Б-Б-Б”. Задают вопросы и имеют представлению о предмете.
<b>2-этап.</b> <b>Информа-</b> <b>ционный</b>  <b>(50</b> <b>минут)</b>	2.1. Просит, заполнить второй пункт стратегию “Б-Б-Б”. 2.2. Раздает конспект лекции и ознакомит планом темы. 2.3. Изложить теоретическую часть темы с помощью технологии. Показывает основные понятия предмета . Задаёт вопросы по тематике. Делает выводы по пунктам лекции.	Заполняют второй пункт стратегию “Б-Б-Б” . Слушают, отвечают на вопросы. Переписывают таблицы, чертежи и формулы в тетрадь.
<b>3-этап.</b> <b>Заключи-</b> <b>тельный</b>  <b>(10</b> <b>минут)</b>	3.1. Просит, заполнить третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. 3.2. Определяет представление студентов с помощью стратегию “Б-Б-Б”. 3.3. Если представление студентов не удовлетворяет, основные части лекции объясняет повторно. 3.4. Дает задания для самостоятельных работ.	Заполняют третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. Сравнивает свои представление с другими студентами Записывает задания для самостоятель-ных работ.

### Таблица Б/Б/Б.

**Таблица Б/Б/Б-** Биламан (знаю)/ Билишни хоҳлайман (хочу узнать)/ Билиб олдим (узнал) . Дает возможность изучения цели и задачи конспекта лекции, развивает научную мысль.

Студенты:

- 1.Ознакомится составлением таблицы Оформляют таблицу по отдельным группам.
  - 2.Отвечают на вопросы “Что вы знаете по теме” и “Что вы хотите знать”.
- Заполняют 1 и 2 пункты таблицы.
- 3.Слушают лекцию, самостоятельно читают.
  - 4.Заполняют самостоятельно 3 пункт таблицы.

Таблица Б/БХ/Б		
Знаю	Хочу узнать	Узнал

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ТЕМА: Баланса активной мощности и его связь с частотой. Потеря и падение напряжение.

<i>Время лекции – 4 ч</i>	<i>Количество студентов – 20-50</i>
<b>Форма учебного занятия</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Посещения учебного курса</li> <li>2. Укрепления знания.</li> <li>3. Раздача конспект лекции.</li> <li>4. Передача лекции по технологиям обучений.</li> <li>5. Определения основных понятий темы.</li> <li>6. Заключения.</li> </ol>
<b>Цель учебного занятия:</b>	Сформировать целостное представление о содержании курса « <b>Электрические сети и системы в электроснабжение</b> », о ее предмете, методе, истории развития, задачах, связи с другими науками.
<b>Педагогические задания:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Раскрывать построения предмета;</li> <li>2) Определения цели и задачи предмета;</li> <li>3) Определения основных категории предмета;</li> <li>4) Выявлять методологических основ предмета;</li> <li>5) Рассказать о взаимосвязи предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризировать научно-исследовательский метод предмета.</li> </ol>	<b>Результаты учебной деятельности:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Назвать учебные разделы курса и изложить последовательность их изучения;</li> <li>2) Ознакомление с целями и задачами предмета;</li> <li>3) Изучение основных категории предмета;</li> <li>4) Представление о методологии предмета;</li> <li>5) Сравнение взаимосвязь предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризовать научно-исследовательский метод предмета</li> </ol>
<b>Методы обучения</b>	Лекция, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”.
<b>Техника обучения</b>	Лекция
<b>Средство обучения</b>	Конспект лекции, слайд-презентация.
<b>Условия обучения</b>	Аудитория.
<b>Контроль</b>	Контролировать самого себя.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЛЕКЦИИ

Этапы , время	Деятельность	
	Преподаватель	Студент
<b>1-этап.</b> <b>Актуаль-</b> <b>ность</b> <b>знаний</b>  (20 минут)	1.1. Изложить названия , план и цель темы. 1.2. Просит заполнить первый пункт по стратегию “Б-Б-Б” 1.3. Предлагает структуру и объясняет модули предмета. 1.4. Ознакомление с методикой предмета.	Слушают, напишут и заполняют первый пункт стратегию “Б-Б-Б”. Задают вопросы и имеют представлению о предмете.
<b>2-этап.</b> <b>Информа-</b> <b>ционный</b>  (50 минут)	2.1. Просит, заполнить второй пункт стратегию “Б-Б-Б”. 2.2. Раздает конспект лекции и ознакомит планом темы. 2.3. Изложить теоретическую часть темы с помощью технологии. Показывает основные понятия предмета .Задаёт вопросы по тематике. Делает выводы по пунктам лекции.	Заполняют второй пункт стратегию “Б-Б-Б” . Слушают, отвечают на вопросы. Переписывают таблицы, чертежи и формулы в тетрадь.
<b>3-этап.</b> <b>Заключи-</b> <b>тельный</b>  (10 минут)	3.1. Просит, заполнить третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. 3.2. Определяет представление студентов с помощью стратегию “Б-Б-Б”. 3.3. Если представление студентов не удовлетворяет, основные части лекции объясняет повторно. 3.4. Дает задания для самостоятельных работ.	Заполняют третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. Сравнивает свои представление с другими студентами Записывает задания для самостоятель-ных работ.

### Таблица Б/Б/Б.

**Таблица Б/Б/Б-** Биладман (знаю)/ Биладшнн хохлайман (хочу узнать)/ Биладб олдим (узнал) . Дает возможность изучения цели и задачи конспекта лекции, развивает научную мысль.

Студенты:

1. Ознакомиться составлением таблицы Оформляют таблицу по отдельным группам.
2. Отвечают на вопросы “Что вы знаете по теме” и “Что вы хотите знать”.  
Заполняют 1 и 2 пункты таблицы.
3. Слушают лекцию, самостоятельно читают.
4. Заполняют самостоятельно 3 пункт таблицы.

Таблица Б/БХ/Б		
Знаю	Хочу узнать	Узнал

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ТЕМА: Баланса реактивной мощности и его связь с напряжением. Сведение о  
сложно замкнутых электрических сетей

<i>Время лекции – 4 ч</i>	<i>Количество студентов – 20-50</i>
<b><i>Форма учебного занятия</i></b>	1. Посещения учебного курса 2. Укрепления знания. 3. Раздача конспект лекции. 4. Передача лекции по технологиям обучений. 5. Определения основных понятий темы. 6. Заключение.
<b><i>Цель учебного занятия:</i></b>	Сформировать целостное представление о содержании курса « <b>Электрические сети и системы в электроснабжение</b> », о ее предмете, методе, истории развития, задачах, связи с другими науками.
<b><i>Педагогические задания:</i></b> 1) Раскрывать построения предмета; 2) Определения цели и задачи предмета; 3) Определения основных категории предмета; 4) Выявлять методологических основ предмета; 5) Рассказать о взаимосвязи предмета с другими предметами; 6) Характеризировать научно-исследовательский метод предмета.	<b><i>Результаты учебной деятельности:</i></b> 1) Назвать учебные разделы курса и изложить последовательность их изучения; 2) Ознакомление с целями и задачами предмета; 3) Изучение основных категории предмета; 4) Представление о методологии предмета; 5) Сравнение взаимосвязь предмета с другими предметами; 6) Характеризовать научно-исследовательский метод предмета
<b><i>Методы обучения</i></b>	Лекция, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”.
<b><i>Техника обучения</i></b>	Лекция
<b><i>Средство обучения</i></b>	Конспект лекции, слайд-презентация.
<b><i>Условия обучения</i></b>	Аудитория.
<b><i>Контроль</i></b>	Контролировать самого себя.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЛЕКЦИИ

Этапы , время	Деятельность	
	Преподаватель	Студент
<b>1-этап.</b> <b>Актуаль-</b> <b>ность</b> <b>знаний</b>  (20 минут)	1.1. Изложить названия , план и цель темы. 1.2. Просит заполнить первый пункт по стратегии “Б-Б-Б” 1.3. Предлагает структуру и объясняет модули предмета. 1.4. Ознакомление с методикой предмета.	Слушают, напишут и заполняют первый пункт стратегию “Б-Б-Б”. Задают вопросы и имеют представление о предмете.
<b>2-этап.</b> <b>Информа-</b> <b>ционный</b>  (50 минут)	2.1. Просит, заполнить второй пункт стратегию “Б-Б-Б”. 2.2. Раздает конспект лекции и ознакомит планом темы. 2.3. Изложить теоретическую часть темы с помощью технологии. Показывает основные понятия предмета .Задаёт вопросы по тематике. Делает выводы по пунктам лекции.	Заполняют второй пункт стратегию “Б-Б-Б” . Слушают, отвечают на вопросы. Переписывают таблицы, чертежи и формулы в тетрадь.
<b>3-этап.</b> <b>Заключи-</b> <b>тельный</b>  (10 минут)	3.1. Просит, заполнить третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. 3.2. Определяет представление студентов с помощью стратегию “Б-Б-Б”. 3.3. Если представление студентов не удовлетворяет, основные части лекции объясняет повторно. 3.4. Дает задания для самостоятельных работ.	Заполняют третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. Сравнивает свои представление с другими студентами Записывает задания для самостоятельных работ.

### Таблица Б/Б/Б.

**Таблица Б/Б/Б-** Биладан (знаю)/ Биладни хоҳлайман (хочу узнать)/ Билад олдим (узнал) . Дает возможность изучения цели и задачи конспекта лекции, развивает научную мысль.

Студенты:

1. Ознакомиться составлением таблицы Оформляют таблицу по отдельным группам.
2. Отвечают на вопросы “Что вы знаете по теме” и “Что вы хотите знать”.  
Заполняют 1 и 2 пункты таблицы.
3. Слушают лекцию, самостоятельно читают.
4. Заполняют самостоятельно 3 пункт таблицы.

Таблица Б/БХ/Б		
Знаю	Хочу узнать	Узнал

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ТЕМА: Качество электрической энергии и его обеспечение

<i>Время лекции – 2 ч</i>	<i>Количество студентов – 20-50</i>
<b>Форма учебного занятия</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Посещения учебного курса</li> <li>2. Укрепления знания.</li> <li>3. Раздача конспект лекции.</li> <li>4. Передача лекции по технологиям обучений.</li> <li>5. Определения основных понятий темы.</li> <li>6. Заключение.</li> </ol>
<b>Цель учебного занятия:</b>	Сформировать целостное представление о содержании курса « <b>Электрические сети и системы в электроснабжение</b> », о ее предмете, методе, истории развития, задачах, связи с другими науками.
<b>Педагогические задания:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Раскрывать построения предмета;</li> <li>2) Определения цели и задачи предмета;</li> <li>3) Определения основных категории предмета;</li> <li>4) Выявлять методологических основ предмета;</li> <li>5) Рассказать о взаимосвязи предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризировать научно-исследовательский метод предмета.</li> </ol>	<b>Результаты учебной деятельности:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Назвать учебные разделы курса и изложить последовательность их изучения;</li> <li>2) Ознакомление с целями и задачами предмета;</li> <li>3) Изучение основных категории предмета;</li> <li>4) Представление о методологии предмета;</li> <li>5) Сравнение взаимосвязь предмета с другими предметами;</li> <li>6) Характеризовать научно-исследовательский метод предмета</li> </ol>
<b>Методы обучения</b>	Лекция, объяснения, беседа, стратегия “Б-Б-Б”.
<b>Техника обучения</b>	Лекция
<b>Средство обучения</b>	Конспект лекции, слайд-презентация.
<b>Условия обучения</b>	Аудитория.
<b>Контроль</b>	Контролировать самого себя.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ЛЕКЦИИ

Этапы , время	Деятельность	
	Преподаватель	Студент
<b>1-этап.</b> <b>Актуаль-</b> <b>ность</b> <b>знаний</b>  (20 минут)	1.1. Изложить названия , план и цель темы. 1.2. Просит заполнить первый пункт по стратегию “Б-Б-Б” 1.3. Предлагает структуру и объясняет модули предмета. 1.4. Ознакомление с методикой предмета.	Слушают, напишут и заполняют первый пункт стратегию “Б-Б-Б”. Задают вопросы и имеют представлению о предмете.
<b>2-этап.</b> <b>Информа-</b> <b>ционный</b>  (50 минут)	2.1. Просит, заполнить второй пункт стратегию “Б-Б-Б”. 2.2. Раздает конспект лекции и ознакомит планом темы. 2.3. Изложить теоретическую часть темы с помощью технологии. Показывает основные понятия предмета .Задаёт вопросы по тематике. Делает выводы по пунктам лекции.	Заполняют второй пункт стратегию “Б-Б-Б” . Слушают, отвечают на вопросы. Переписывают таблицы, чертежи и формулы в тетрадь.
<b>3-этап.</b> <b>Заключи-</b> <b>тельный</b>  (10 минут)	3.1. Просит, заполнить третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. 3.2. Определяет представление студентов с помощью стратегию “Б-Б-Б”. 3.3. Если представление студентов не удовлетворяет, основные части лекции объясняет повторно. 3.4. Дает задания для самостоятельных работ.	Заполняют третьей пункт стратегию “Б-Б-Б”. Сравнивает свои представление с другими студентами Записывает задания для самостоятель-ных работ.

### Таблица Б/Б/Б.

**Таблица Б/Б/Б-** Биладман (знаю)/ Бишлишни хоҳлайман (хочу узнать)/ Бишлиб олдим (узнал) . Дает возможность изучения цели и задачи конспекта лекции, развивает научную мысль.

Студенты:

1. Ознакомится составлением таблицы Оформляют таблицу по отдельным группам.
2. Отвечают на вопросы “Что вы знаете по теме” и “Что вы хотите знать”.

Заполняют 1 и 2 пункты таблицы.

3. Слушают лекцию, самостоятельно читают.
4. Заполняют самостоятельно 3 пункт таблицы.

Таблица Б/БХ/Б		
Знаю	Хочу узнать	Узнал

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**СБОРНИК ЗАДАЧИ И УПРОЖНЕНИЕ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА.

Для выполнения этой контрольной работы чертят схему однолинейной электрических сетей и системы. На основе схемы вычисляют активную и реактивную мощность, выбирают трансформатор, компенсацию реактивной мощности и проводов линию электропередач. В результате выполняется следующие расчеты.

Выполнение контрольной работы: каждый студент берёт вариант из таблицы-2.

### Пример расчета:

Дано:  $U_1=35$  кВ;  $U_2=10,5$  кВ;  $t = 15$ км;  $S= 1000$ кВА;  $\cos\varphi=0,8$ ;  $T_{\max}= 5000$  с;  $\tau = 3000$  с.

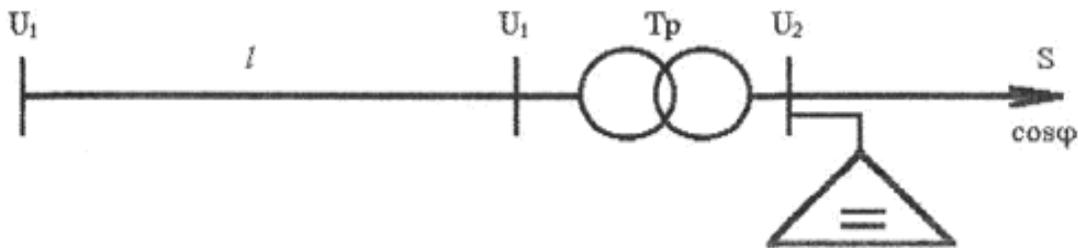


Рис-1.

1. Определяем активную и реактивную мощность потребителя.

$$P=S\cos\varphi= 1000*0,8=800[\text{кВт}]$$

$$Q=S\sin\varphi=1000*0,6=600[\text{кВАР}].$$

$$\begin{aligned} \text{Здесь } \sin\varphi &= 0,6 \\ \cos\varphi &= 0,8 \end{aligned}$$

Тогда полная мощность будет:

$$S=P+JQ=800+J600 \sqrt{800^2+600^2}=1000[\text{кВА}]$$

На основе расчета полной мощности выбираем трансформатор. Если будут двух трансформаторных подстанций:

$$S_{\text{тр}}=(0,7+0,8)S=0,75*1000=750 [\text{кВА}]$$

Если одна трансформаторная:

$$S_{\text{тр}}=S/(0,7+0,8)=1000/ 0,75=1333 [\text{кВА}];$$

В таких случаях, выбирая трансформатор нужно обратить внимание на категории потребителей. Или нагрузки коэффициента трансформаторов должны соответствовать к следующим категориям.

I категория  $K=0,6+0,75$

II категория  $K=0,7+0,85$

III категория  $K=0,8+0,95$

При выборе трансформатора учитывается компенсация реактивной мощности. Его значение вычисляется следующим образом:

$$Q_{\text{к}}=P(\text{tg}\varphi_{\text{ест}}-\text{tg}\varphi)=800(0,75-0,328)=337,6\approx 338 [\text{кВАР}]$$

$$\begin{aligned} \text{Здесь: } \text{tg}\varphi_{\text{ест}} &= 0,75 & \cos\varphi_{\text{ест}} &= 0,8 & \text{соответствует} \\ \cos\varphi_{\text{н}} &= 0,95 & \text{tg}\varphi_{\text{н}} &= 0,328 \end{aligned}$$

На основе вычисленной компенсации реактивной мощности ( $Q_k$ ), пользуясь литературой или таблицей-8, выбираем установку конденсатора, которая соответствует таким напряжениям:  $U_n=6$ [кВ] или  $U_n=10$ [кВ];

Или  $Q_k^i=330=330$  [кВАР]

Учитывая установку конденсатора, вычисляем полную мощность потребителя.

$$S_x=P+j(Q-Q_k^i)=800+j(600-330)=800+j270=\sqrt{800^2+270^2}=845 \text{ [кВА]}$$

Учитывая установку конденсатора, коэффициент мощности потребителя будет иметь следующий вид:

$$\cos\varphi=P/S_x=800/845=0,95$$

Или, коэффициент мощности должен быть равен нормативу или должен быть больше.

$$\cos\varphi \geq \cos\varphi_n=0,95$$

Таким образом на основе полной мощности, используя 9- таблицу или [5] литературу выполняя выше стоящие условия выбираем трансформатор.

Выбираем понизительную двух трансформаторную подстанцию типа 2ХТМ-630/10 или одну трансформаторную подстанцию типа ТМ-1000/10.

Тогда коэффициент нагрузки трансформатора будет иметь следующий вид:

$$K_n=S_x/nS_{HT}=840/2*630=0,67$$

$$K_n=S_x/S_{HT}=840/1000=0,84$$

Из таблицы -5 берем данные выбранного трансформатора.

$$S_{HT}=1000 \text{ [кВА]}; U_{нагр}=35 \text{ [кВ]}; U_{ок}=10.5 \text{ [кВ]}; \Delta P_{кт}=18 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta P_{xx}=3,6 \text{ [кВт]}; U_k\%=6,5\%; I_x\%=1,4\%; R_T=8,6 \text{ [Ом]};$$

$$X_T=49,8 \text{ [Ом]}; \Delta Q_x=22,4 \text{ [кВар]};$$

Стоимость трансформатора договорная свободная цена.

Вычисляем активные и реактивные потери мощности трансформатора:

$$\Delta P_{тр}=1/n\Delta P_{кт}(S_x/S_{HT})^2+n\Delta P_{xx}=(1/2)*18*(840/630)^2+2*3,6=23,2 \text{ [кВт]}$$

$$\Delta Q_T=U_k\%S_x^2/100nS_{HT}+nI_{xx}\%S_{HT}/100=$$

$$6,5*840^2/200*630+2*1,4*630/100=54,04 \text{ [кВАР]}$$

Здесь  $n=2$ - число трансформатора.

В результате в вводной части трансформатора активная и реактивная мощность будет иметь следующий вид:  $P_{ввод}^{TP}=P+\Delta P_{тр}=800+23,2=823,2$  [кВт];

$$Q_{ввод}=Q+\Delta Q_{тр}=600+54,04=654,04 \text{ [кВар]};$$

В этом случае полная мощность:

$$S_{ввод}^{TP}=P_{ввод}^{TP}+jQ_{ввод}^{TP}=823,2+j654,04 \text{ [кВА]};$$

Потеря энергии в трансформаторе:

$$\Delta A_{тр}=(1/n)\Delta P_{кт}(S_x/S_{HT})^2\tau+n\Delta P_{xx}T_i=$$

$$(1,2)*18*(840/630)^2*200+2*3,6*8760=88592 \text{ [кВт. с/год]}$$

Здесь,  $\tau$ -максимальная потеря времени, берется из таблицы-10 и из графика

$$\tau=f(T)$$

Теперь, чтобы выбрать провод линии электра передач выполняется следующие расчеты. Чтобы найти поперечное сечение провода воздушной линии и чтобы она соответствовала номинальному напряжению нужно найти максимальный рабочий ток.

$$I_{\max} = S_{\text{ввод}}^{\text{TP}} / \sqrt{3} U_{\text{н1}} = (823,2 + j654,04) / 35 \sqrt{3} =$$

$$\sqrt{823,2^2 + 654,04^2} / 35 \sqrt{3} = 1051 / 35 \sqrt{3} = 17,3 \text{ [A]}$$

Если рабочий ток имеет двойную цепь, то будет в два раза меньше. Конечно же, площадь поперечного сечения провода и сам провод основывается на выборе максимального рабочего тока  $I_{\max}$  и выбранный провод сравнивается с разрешенным током и напряжением. Здесь выбранная проволока проверяется на следующих условиях:

$$I_{\text{раз}} \geq I_{\max} U$$

Площадь выбранного поперечного сечения и его паспортные данные пишут в таблицу-11.

Вычисляем активные и реактивные сопротивления линии:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell \text{ [OM]};$$

Зарядная реактивная мощность вычисляется таким образом:

$$Q_{\text{с}} = U^2 b_0 \ell \text{ [кВар]};$$

Если линии электропередач будет двух проводной, то расчет выполняется в следующем виде:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad Q_{\text{с}} = 2 U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]}.$$

Здесь:  $r_0, x_0, b_0$  - берутся из таблицы в соответствии с видом проволоки.

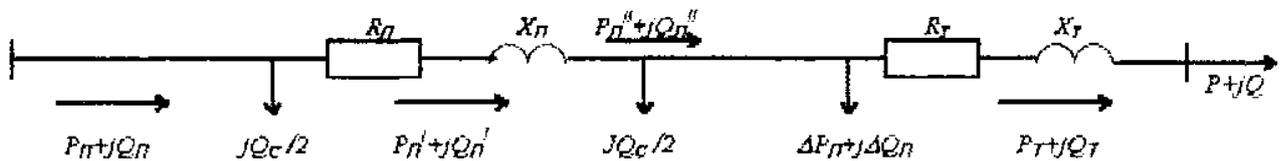


Рис-2.

Зная параметры линии электра передач, можно на основе схемы замещения вычислить мощность и потери, которые протикает по радиальным сетям и системам.

Из рисунка.2 видно, что активные и реактивные мощности в конце линии равны:

$$P_{\text{л}}^{11} = P_{\text{г}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^{11} = Q_{\text{г}} - Q_{\text{с}} / 2 \text{ [кВар]};$$

Определяем активную и реактивную мощность потери линии:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) R_{\text{л}} / U_{\text{н}}^2 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) X_{\text{л}} / U_{\text{н}}^2 \text{ [кВар]};$$

Учитывая потери линии, мощность на концах линии будет:

$$P_{\text{л}}^1 = P_{\text{л}}^{11} + \Delta P_{\text{л}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^1 = Q_{\text{л}}^{11} + \Delta Q_{\text{л}} \text{ [кВар]};$$

В результате, определяем начальную мощность линии:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{л}}^1 \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}} = Q_{\text{л}}^1 - Q_{\text{с}} / 2 \text{ [кВар]};$$

Потеря электроэнергии на линии будет таковым:  $\Delta A_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau \text{ [кВт.с/год]}.$

Для выбранной линии электропередач потеря напряжения проволоки определяется с помощью формулы:

$$\Delta U_{л}=(P_{л}^1 R_{л}+Q_{л}^1 X_{л})/U_{л} \text{ [кВ]};$$

Потеря напряжения в воздушных линиях  $\Delta U_{л}$  должно быть до 5%.

$$\Delta U\%=\Delta U_{л}100\%/U_{л}^{11}\leq 5\%.$$

Здесь:  $U_{л}^{11}$ -напряжения линии в конечной области, это соответствует с напряжением  $U_1$ , которая соединяется с верхней обмоткой трансформатора . В таком случае начальное напряжение линии:

$$U_{л1}=U_{л}+\Delta U_{л} \text{ [кВ]};$$

Определяем КПД линии и мощности:

$$\eta=P_{л}^{11}/P_{л} \cos\varphi_{л}=P_{л}/S_{л};$$

здесь:  $S_{л}=P_{л}+jQ_{л}$  [кВА]-комплексный вид или  $S=\sqrt{P_{л}^2+Q_{л}^2}$  [кВа] ;

Теперь вычисляем экономические показатели электрической сети и системы:

$$\sum K=\sum K_{п/ст}+\sum K_{л} \text{ [тыс. Сум]}$$

Здесь:  $\sum K_{п/ст}$  ,  $\sum K_{л}$  –цена трансформатора и линии.(берется из таблицы 9,11).

Учитывая амортизации линии и определяем потери электрической сетей.

$$\sum G=G_{п/ст}+G_{л}+G_{\Delta A}. \text{ [тыс. Сум]}.$$

Здесь:  $G_{п/ст}=\sum K_{п/ст}P_{э.тр}$  [тыс. Сум] ;

$$G_{л}=\sum K_{л}P_{а.л} \text{ [тыс. Сум]} ;$$

$$G_{\Delta A}=\beta\Delta A \text{ [тыс. Сум]} ;$$

$P_{а.тр}$ ;  $P_{а.л}$ - Каждый год выделяющийся для трансформатора и линии амортизационный коэффициент.

$\beta$ -цена электрической энергии за 1 кВт/час. (свободная цена).

Приведенная затрата электрической сети и системы определяется следующим образом:

$$Z=E_{н}\sum K+\sum G \text{ [тыс.Сум]} ;$$

$E_{н}==0,12\div 0,15$ - нормативный коэффициент. Если контрольная работа вычисляется в двух или трех вариантах, тот самый оптимальный  $Z_{\min}$ .

Таблица-1.

№	Вариант	S[кВА]	cosφ	U [кВ]	U [кВ]	ι [км]	T [час]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	01,51	1200	0,8	35	10	12	5000
2	12,52	2000	0,85	110	10	20	4000
3	03,53	5000	0,84	110	10	15	6000
4	04,54	7000	0,80	220	35	15	4500
5	05,55	4500	0,9	110	6,3	20	5500
6	06,56	8000	0,85	220	35	15	3500
7	07,57	1100	0,86	110	10	20	4000
8	08,58	4800	0,8	110	10	15	4500
9	09,59	9000	0,75	220	35	20	5000
10	10,60	1400	0,8	35	6,3	15	5500
11	11,61	4000	0,85	110	10	20	6000

12	12,62	9500	0,8	220	35	15	3000
13	13,63	8000	0,9	220	35	20	3500
14	14,64	6200	0,85	110	10	15	4000
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
15	15,65	10500	0,9	220	35	20	4500
16	16,66	1600	0,85	35	6,3	15	5000
17	17,67	2400	0,8	35	10	20	5500
18	18,68	9200	0,8	110	10	15	6000
19	19,69	3600	0,82	35	10	22	4500
20	20,70	8500	0,8	110	10	15	3000
21	21,71	1600	0,85	35	6,3	20	3500
22	22,72	12000	0,86	220	35	15	4000
23	23,73	3200	0,9	110	10	15	5000
24	24,74	1300	0,85	35	6,3	20	6000
25	25,75	1900	0,85	35	10	15	5500
26	26,76	2400	0,8	35	10	20	3000
27	27,77	6400	0,8	110	10	15	4500
28	28,78	12600	0,85	220	35	20	6000
29	29,79	10400	0,8	220	35	10	3500
30	30,80	8600	0,9	110	6,3	20	4000
31	31,81	3200	0,85	35	6,3	15	5500
32	32,82	1800	0,9	35	10	20	3000
33	33,83	2400	0,8	35	10	15	5000
34	34,84	7600	0,85	35	10	20	4500
35	35,85	8200	0,9	110	6,3	20	4000
36	36,86	4200	0,85	110	10	15	6000
37	37,87	3400	0,8	35	6,3	20	5500
38	38,88	3200	0,8	35	10	15	4500
39	39,89	10200	0,85	110	10	20	3500
40	40,90	8400	0,8	110	10	15	3000
41	41,91	6200	0,9	35	10	20	4500
42	42,92	8200	0,85	35	6,3	15	6000
43	43,93	10400	0,9	35	10	20	5000
44	44,94	4600	0,85	35	6,3	15	4000
45	45,95	9400	0,9	35	10	20	5500
46	46,96	11400	0,8	110	10	15	3500
47	47,97	10400	0,75	35	6,3	20	3000
48	48,98	4100	0,9	35	10	15	6000
49	49,99	6300	0,85	110	10	15	4500
50	50,100	1800	0,9	35	6,3	20	5000

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**ТЕСТЫ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

## Тест по предмету «Электрическая сети и система»

Глава предмета	Раздел предмета	Уровень сложности	Задания к тестам	Ответ теста	Неверный ответ	Неверный ответ	Неверный ответ
1	1	2	<p>Что определяет эта формула?</p> $I = \frac{E}{R + r_0}$	* Для полного цепи закона Ом	2-закон Кирхгофа	Для участка цепи закона Ом	1-закон Кирхгофа
1	1	2	На сколько групп делиться по напряжению электропотребителя?	* 2 группе	4 группе	3 группе	6 группе
1	1	2	На сколько групп делиться по току электропотребителя?	* 3 группе	5 группе	6 группе	2 группе
1	1	2	К чему равно индуктивное сопротивление воздушной линии на напряжение выше 1000 В	* $X_0 = 0,4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,3 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,2 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ ;	$X_0 = 0,6 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ ;
1	1	2	Какая система составляет в Республике Узбекистане электрическая система?	* Единая объединенная система	Раздельная система	Электрическая система не существует	Неразветвленная электрическая сети
1	1	2	Оперативное сообщение?	Передать информацию в течении 1 часа.	В режиме короткого замыкания или несчастные случаи в течении 0,3÷0,5 времени дать информацию.	передать информацию через телеуправление.	Передать информацию через телесигнализацию
1	1	2	По каком принципу создан в электрическая система диспетчерская служба?	* Раздельно	Ступенчатый	По одиночный	По четный

1	1	3	Что означает данная формула? $X_c = U_{cp} / \sqrt{3} \cdot I_{кз}$	* Сопротивление системы	Сопротивление синхронного двигателя	Сопротивление генератора	Сопротивление генератора
1	2	2	Укажите определение линейного напряжения?	* $U_{л} = U_{\phi}$	$U_{л} = \cos \varphi$	$U_{л} = \sqrt{3} U_{\phi}$	$U_{л} = \sqrt{3}$
1	2	2	Какие условия выполняет электрические сети?	* Бесперебойное и надежное обеспечение электрической энергией потребителей.	Для обеспечения электрической энергии государственным требованиям.	Для обеспечения потребителей электрической энергии по экономическим показателям и по условиям техники безопасности	Для обеспечения напряжения потребителей.
1	2	2	Сколько категорий имеется потребители?	* 3	10	8	5
1	2	3	На сколько групп делится по напряжению электропотребитель?	* 2	4	3	6
1	3	2	Какие виды бывают по конструкции ЛЭП :	* Воздушные и кабельные линии	Проводники над землей	Кабельные линии	Воздушные линии
1	3	3	Сколько % составляет норма амортизационных отчислений для ВЛ с металлическими и железобетонными опорами?	* 3.5 %	3.0 %	2.5 %	4.0 %
1	4	3	Укажите последовательности номинальное напряжение	* 750; 500; 220; 110; 35; 10; 6; 0.66; 0.38; 0.22 kV	1050; 800; 750; 500	1150; 500; 220; 35; 0.38	750; 220; 35; 6; 0.38
1	5	2	Покажите пример для первой категории?	Химические, металлургические, Больница, насосная станция	Караульная помещения, склад.	Школа, институт, трикотажная фабрика	Бытовое помещение, Прядельная фабрика,

1	5	3	Какие электрические сети называют радиальными?	* Потребители соединяются к источнику последовательно	* Потребители соединяются к источнику независимо	Потребители соединяются к источнику несколькими линиями	Электрическая сеть низкого напряжения
1	6	2	Укажите состав электрические сети	* Воздушных и кабельных линий электропередачи, подстанций, генераторы.	Электрические подстанции, ЛЭП, реакторы.	ЛЭП, распределительные устройства, реакторы.	Воздушные и кабельные линии электропередачи, распределительные устройства, электрические подстанции
2	1	1	Сколько видов прокладок кабелей существует в промышленных предприятиях?	* 6 вида	3 вида	4 вида	2 вида
2	1	1	Для 1-категории Какой значение бывает коэффициент загрузки трансформатора?	* 0,7	0,6	0,8	0,4
2	1	2	Что определяет по мощности эта формула? $P_n = P_n \sqrt{PB}$	* Номинальную мощность двигателя с повторно-кратковременным режимом работы.	Номинальную мощность силовых трансформаторов	Номинальную мощность сварочных машин или электропечей	Номинальную мощность двигателя с длительным режимом работы
2	2	2	Сколько существует видов графиков эл. нагрузок?	* 2 вида	3 вида	4 вида	5 вида
2	2	2	Чему равен коэффициент загрузки при длительном режиме работы потребителей?	* $K_3 = 0,6 - 0,7$	$K_3 = 0,85 - 0,9$	$K_3 = 0,6 - 0,9$	$K_3 = 0,75 - 0,85$
2	2	2	Чему равно индуктивное сопротивление кабельных линий напряжением 10кВ	* $X_0 = 0,086 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,066 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,04 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,1 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$

2	3	2	Укажите правильный ответ коэффициента нагрузки потребителей третьей категории?	* 0,85-0,95;	0,7-0,8;	0,65-0,75;	0,75-0,85;
2	3	2	На сколько групп делится потребитель по режиму работы?	* 3 группе ;	1 группе ;	2 группе ;	4 группе ;
2	3	2	Покажите годовой график потребителей	* Изменение графика напряжения по годам.	Изменение номинальной мощности производства по годам	Изменение токовой частоты по годам	График потребляемого напряжения по годам
2	4	2	Укажите формулу расчетной активной мощности?	* $P_p = P_{cp} * K_{max}$ ( $K_{max}$ - коэффициент максимума)	$P_{пот} = P_{cp} * K_c$ ( $K_c$ - коэффициент спроса)	$P_{пот} = P_{cp} * K_u$ ( $K_u$ - коэффициент использования)	$P_{пот} = P_{cp} * K_\phi$ ( $K_\phi$ - коэффициент формы)
2	4	2	Сколько должна быть максимальная продолжительность времени	* 2 часа	0.5 часа	3 часа	15 минут
2	5	3	Какой коэффициент используется для определения средне-максимальной мощности ?	* $K_u$	$K_c$	$K_z$	$K_B$
2	6	3	Укажите экономическую плотность тока для кабелей резиновой и пластмассовой изоляции на предприятиях 2-х сменной работы.	* $1,7 A / мм^2$	$1,6 A / мм^2$	$1,5 A / мм^2$	$1,4 A / мм^2$
3	1	1	Как подключается амперметр в цепь?	* последовательно	параллельно	смешанно	параллельно и последовательно
3	1	1	Какой срок службы лампы накаливания	* 1000	900	1100	1200

			(час)?				
3	1	1	Укажите формулу определения тока вставки предохранителя для металлорежущих станков, вентиляторов и насосов ?	* $I_{BC} = I_{II} / 2,5$	$I_{BC} \geq I_{II} / (1,6 - 2,0)$	$I_{BC} \geq I_{II} / 3$	$I_{BC} = I_{KP II} / 2$
3	1	2	С какими номинальными токами выпускаются предохранители?	* 15 ÷ 1000 А	10 ÷ 600 А	5 ÷ 500 А	20 ÷ 1500 А
3	1	2	Что означает данная формула? $R = \frac{\Delta P_m \cdot U^2}{S_n^2}$	* Сопротивление трансформатора	Сопротивление синхронного двигателя	Сопротивление генератора	Сопротивление асинхронного двигателя
3	1	2	Какие параметры учитываются для выбора выключателей?	* $I, U, I_{K3}, I_{уд}, B_K$	$I_n, U, S, I_{уд}, T$	$I_n, U, S, P, B_K$	$R, U, I_n, I_{уд}, B_K$
3	1	2	Сколько видов прокладки кабелей существуют в промышленности?	* 6 вида	3 вида	4 вида	5 вида
3	1	2	Какие коммутационные аппараты можно отключить под нагрузкой?	* Масляный выключатель;	разъединитель;	отделитель;	рубильник;
3	1	2	Какими величинами пользуются чтобы выбрать трансформатор?	* коэффициент загрузки	Коэффициент использования	Расчетный ток	Установленная мощность потребителя
3	1	2	Сколько видов имеется ЛЭП ?	* 6 вида	2 вида	4 вида	5 вида
3	2	1	Укажите норма обслуживания трансформатора ?	* 3 %	6 %	4 %	8 %
3	2	1	Что требуется для регулирования напряжения трансформатора?	* Для приравнение низкого стороне напряжение трансформатора	Для повышения тока	Для понижения мощности	Для потери напряжения
3	2	1	Сколько имеется видов реакторов	* 3 вида	2 вида	4 вида	5 вида

3	2	2	Какие номиналь-ные напряжения используются при расчете К.З?	* 0,23; 0,4; 0,69; 6,3; 10,5; 37, 115, 230 кВ	0,23; 0,38; 0,69; 6,3; 10,8; 35, 110, 220 кВ	0,23; 0,4; 0,66; 6,3; 11, 36, 115, 215 кВ	0,23; 0,4; 0,69; 6,0; 11,37, 115, 225 кВ
3	2	2	К какой установки входит внешней системе электро-снабжения?	* цеховой подстанции	Кабельные линии внутреннего производства	* Распределит ельные устройства	Ремонтные участки цеха
3	2	2	Для чего служит лини электропередачи	* для передачи электроэнергии	Для уменьшения токов.	Для повышения напряжений	Для исполь- зования кинетическо й энергии.
3	3	1	Сколько видов шин существует?	* 3 вида	2 вида	4 вида	5 вида
3	3	1	По каким параметрам выбирается трансформатор?	* по категории надежности потребителя.	По напряже- нию потреби- теля	По установ- ленной актив-ной мощности потребителя	По коэффициен- ту мощности потребителя
3	3	1	Какая величина отсутствует в паспорте трансформатора ?	* Номинальная активная мощность	Потери короткого замыкания.	Полная мощность	Потери холостого хода
3	3	2	Что означает данная формула? $R = \frac{\Delta P_m \cdot U^2}{S_n^2}$	* Сопротивле- ние трансфор- матора	Сопротивление синхронного двигателя	Сопротивле- ние генератора	Сопротивле- ние асин- хронного двигателя
3	3	2	Сколько видов счетчиков электроэнергии существует?	* 2 вида	3 вида	4 вида	5 вида
3	3	2	Сколько видов соединения счетчиков имеется?	* 2 вида	3 вида	4 вида	1 вида
3	3	2	Укажите правиль- ную формулу, определяющая потерю реактив- ной мощности в трансформаторе	* $\Delta Q_T = 0,1 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,01 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,03 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,02 S_{HH}$
3	3	2	По какой формуле определяется токи предохра- нителя при нормального режима?	* $I_{BC} \geq I_{Пуск} / 2,5$	$I_{BC} \geq I_{Пуск} / (1,6 - 2,0)$	$I_{BC} \geq I_{II} / 2,5$	$I_{BC} \geq I_{KP} / 2,7$

3	3	3	Каким прибором измеряются электроэнергию?	* индукционный счетчик,	ваттметр,	амперметр,	вольтметр,
3	4	2	Чему равно индуктивное сопротивление кабельных линий напряжением 10кВ	* $X_0 = 0,086 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,066 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,04 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$X_0 = 0,1 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$
3	4	2	Укажите единицу измерения телесного угла для освещение?.	* стеридиан,	радиан,	радиан люкс,	люмен/свеча,
3	4	2	У каких ниже указанных материалов самая низкая проводимость?	* вольфрам,	алюминий,	медь	серебро
3	4	2	Какая из формул определяет активное сопротивление трансформатора	* $R_T = \Delta P_m U_n^2 / S_n^2$	$R_T = \frac{S}{\sqrt{3} I^2}$	$R_T = \frac{\sqrt{3} U}{I}$	$R_T = \frac{P_T}{\sqrt{3} I^2}$
3	4	2	Как определяется номинальный ток для электрического двигателя?	* $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cdot \cos \phi \cdot \eta}$	$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n}$ ;	$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cos \phi}$	$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n \cos \phi \cdot \eta}$
3	5	2	Укажите правильный ответ при поражении электрическим током ?	* 3-6 мин,	4-4,5 мин,	4-5 мин,	3-4 мин,
3	5	2	Сколько существует видов действия электрического тока?	* 4 вида	3 вида	2 вида	5 вида
3	5	2	Какие бывает номинальное ток предохранителя.	* 15 ÷ 1000 А	10 ÷ 600 А	5 ÷ 500 А	20 ÷ 1500 А
3	6	2	Сколько существует видов травм электрическим током?	* 2 вида	3 вида	4 вида	5 вида
3	6	2	Сколько существует степеней электрического удара?	* 5 шт	4 шт	3шт	2 шт

3	6	2	Как определяется номинальный ток электродвигателя?	* $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$	$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n};$	$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi};$	$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi \cdot \eta};$
3	6	2	Какие параметры учитываются для выбора выключателей?	* $I, U, I_{кз}, I_{уд}, B_K$	$I_n, U, S, I_{уд}, T$	$I_n, U, S, P, B_K$	$R, U, I_n, I_{уд}, B_K$
3	7	2	Укажите неправильную формулу	* $X_c = -\frac{1}{\omega C},$	$X_c = (\omega C)^{-1}$	$R = \rho \frac{l}{S}$	$R = \frac{U}{I},$
3	7	2	Сколько видов схем выполняет цеховые электрические сети?	* 3 вида	4 вида	<b>5 вида</b>	<b>2 вида</b>
3	7	2	Сколько видов существует рабочего тока?	* 3 вида	2 вида	1 вида	4 вида
3	7	2	Для выбора не выполняется по каким параметрам передача электрической энергии.	* потери напряжения	Допустимого продолжительность тока	Коронный разряд	По экономической плотности тока.
3	8	2	На сколько групп делится класс напряжения электроприёмников внутри завода?	* 2 группе	1 группе	3 группе	4 группе
3	8	2	При каких условиях учитывается активное сопротивление? Если	* $R > 0,3 X$	$R > 1,6 X$	$R \leq 0,5 X$	$R \leq 0,3 X$
4	1	1	По какой формуле определяется потеря активной мощности в линиях?	* $\Delta P = 3 I_{ск}^2 \cdot R \cdot 10^{-3}$	$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U} R$	$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}$	$\Delta P = \sqrt{3UIR} \cdot 10^{-3}$
4	2	1	Как определяется потеря активной мощности в кабельных линиях?	* $\Delta P = \Delta P_H K_3^2 L$	$\Delta P = \Delta P_H K_3^2 LX$	$\Delta P = \Delta P_H I^2 L$	$\Delta P = I^2 RU$
4	2	2	Какая формула определяет потерю активной мощности в трансформатора	* $\Delta P_T = 0,02 S_{HH}$	$\Delta P_T = 0,01 S_{HH}$	$\Delta P_T = 0,04 S_{HH}$	$\Delta P_T = 0,03 S_{HH}$

4	3	2	что определяет эта формула ? $\Delta P = 3 I_{CK}^2 R 10^{-3}$	Потерю мощности в воздушных линиях	Потерю мощности в двигателях	Потерю мощности в генераторах	Потерю энергии
4	3	2	В какой формуле приведена потеря реактивной мощности трансформатора ?	* $\Delta Q_T = 0,1 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,01 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,03 S_{HH}$	$\Delta Q_T = 0,02 S_{HH}$
4	3	2	Если схема собрана в полную звезду, чему будет равен коэффициент схемы ?	* 1	3	4	6
4	4	2	что определяет эта формула? $\Delta P = 3 I_{CK}^2 R 10^{-3}$	* Потерю мощности в линиях	Закон Ома для полной цепи	Потерю энергии	Потерю напряжения в трансформатора
4	4	2	Укажите предварительные определения формул потери мощности трансформаторов	* $\Delta P_{TP} = S_{кор} 0,02$ $\Delta Q_T = S_{кор} 0,1$	$\Delta P_{TP} = P_{кор} 0,04$ $\Delta Q_T = P_{кор} 0,15$	$\Delta P_{TP} = \Delta S_{кор} 0,02$ $\Delta Q_T = S_{кор} 0,1$	$\Delta P_{TP} = \Delta P_{кор}$ $\Delta Q_T = 0,1 S_{HH}$
4	4	2	Потери энергии трансформатора.	* $\Delta \mathcal{E}_{mp} = I_x^2 \cdot X_0 \cdot l_n$ ;	$\Delta \mathcal{E}_{mp} = I_x^2 \cdot R_0 \cdot l_{кл}$ ;	*. $\Delta \mathcal{E}_{TP} = n \cdot (\Delta P_c \cdot \beta^2 \cdot t + \Delta P_0 \cdot T_{max})$ ;	$\Delta \mathcal{E}_{mp} = \Delta P \cdot \alpha + \Delta A \cdot \beta$ ;
4	5	3	Как определяется потеря активной мощности в линиях?	* $\Delta P_{Л} = 0,03 S_{HH}$	$\Delta P_{Л} = 0,01 S_{HH}$	$\Delta P_{Л} = 0,1 S_{HH}$	$\Delta P_{Л} = 0,05 S_{HH}$
5	1	2	На сколько групп разделяют потребителей по режиму работы?	* 3 группе	1 группе	2 группе	4 группе
6	1	1	Сколько видов существует подключения конденсаторных батарей в сеть?	* 2 вида	3 вида	4 вида	5 вида
6	2	1	Для каких целей используется реактивная мощность ?	* Для повышения коэффициента мощности	Для уменьшения потери мощности	Для выполнения полезной работы	Для вращения магнитного поля электродвигателя
6	2	2	По какой формуле определяется потеря активной мощности в кабельных линиях	* $\Delta P = 3 I_{CK}^2 R 10^{-3}$	$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U} R$	$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}$	$\Delta P = \sqrt{3UIR} \cdot 10^{-3}$

6	2	2	Сколько существует мероприятий, выполняющие с компенсацией реактивной мощностью?	* 2 вида	4 вида	3 вида	5 вида
6	2	2	Укажите коэффициент загрузки трансформаторов нормальных режимах работы по категориям надежности.	* 1-категория 0,7	2-категория 0,7	3-категория 0,75	1-категория 0,75
6	2	3	Какой единицей измерения определяется мощность электрического тока?	* Вт	А	В	Ж
6	2	4	На сколько групп делиться по надёжности работы электропотребителя?	* 3 группе	2 группе	4 группе	5 группе
6	2	4	На сколько групп делиться напряжение электропотребителя внутри завода?	* 2 группе	1 группе	3 группе	4 группе
6	3	2	Сколько видов имеется мероприятие некомпенсации реактивной мощности?	* 7 вида	4 вида	5 вида	2 вида
6	3	2	Если напряжение статическом конденсаторе будет $0,22 \div 0,5$ кВ то сколько будет потери удельного сопротивления?	* 0,004 кВт/кВар	0,002 кВт/кВар	0,006 кВт/кВар	0,001 кВт/кВар
6	4	2	Для чего требуется конденсаторные батареи?	* для повышения $\cos \varphi$	Для увеличения тока	Для уменьшения $tg \varphi$	Для уменьшения дефицита активной мощности;
6	4	2	Если $\cos \varphi = 0.95$ то чему будет равно $tg \varphi$ ?	* 0,327;	0,4;	0,5	0,6;

7	1	1	На сколько групп делятся подстанции по мощности?	* 3 вида	4 вида	5 вида	2 вида
7	1	2	Что означает эта формула? $\delta = f_{НБ} - f_{НМ}$	* Отклонение частоте	Среднее частоте	Границе высокого частоте	Колебание частоте
7	2	1	Из каких формуле определяется отклонение напряжение ?	* $V = U - U_H$	$V = U_2 - U_H$	$V = U_{СЕТЬ} - U_{ПОТРЕБ} = U_1 - U_H$ ;	
7	2	1	Что называется районной электрической сетью.	* С напряжением 35; 10; 6 кВ.	С напряжением 500; 220; 110 кВ	С напряжением 0,66; 0,38; 0,220 кВ	Повышение тока и уменьшение напряжения в электрических сетях.
7	2	2	Как определяется потеря активной мощности в линиях?	* $\Delta P = \Delta P_H K_3^2 L$	$\Delta P = \Delta P_H K_3^2 LX$	$\Delta P = \Delta P_H I^2 L$	$\Delta P = I^2 RU$
7	2	2	На сколько групп делятся подстанции по мощности?	* 3 вида	4 вида	5 вида	2 вида
7	3	2	Укажите правильный ответ отрицательного действия качество электрической энергии?	* индуктивное сопротивление	Колебание напряжения	Несимметричное напряжение;	Несинусоидальное напряжение
7	3	2	Какие оборудования входят в подстанцию?	* Силовые оборудование, измерительные, защитные и коммутационные аппараты.	Измерительные приборы кабельных линий и ЛЭП.	Система управления.	Приборы для понижения токов, защитные аппараты, силовые оборудования.
7	4	2	Что называется местные электрические сети?	* Электрические сети с напряжением 35; 10; 6 кВ с изолированным нейтралем.	Электрические сети с напряжением 750; 500; 220 кВ.	Изолированная нейтраль на низком напряжении.	Изолированная нейтраль высоких напряжений.

7	5	3	Укажите формулу электроэнергии для ТТ и ТН	* $\mathcal{E} = K_{TT} \cdot K_{TN}$	$\mathcal{E} = K_{TT} \cdot I \cdot \mathcal{E}_0$	$\mathcal{E} = K_{TT} \cdot K_{TN} \cdot \mathcal{E}_0$	$\mathcal{E} = P K_{TT} \cdot I \cdot P_0$
8	1	2	На сколько групп делятся потребители по режиму работу?	* 3	2	4	5
9	1	1	Как определяется стоимость 1кВт электроэнергии?	* $C = C_{эл} / W$	$C = C_{эл} / W$	$C = 3W$	$C = U_{эл} / W$
9	1	3	Укажите формулу сравнения электрической сети.	$3 = EK + II + Y$	$U = EK + II + Y$	$K = K + II + Y$	$3 = II + Y$
9	2	1	Сколько % имеется норма амортизационного отчисления в силовых трансформаторах?	* 6,3	5,3	4,3	7,3
9	2	2	Укажите формулу эксплуатационный расход электрической сети.	* $II = \Delta II + II_{TP} + II_A$	$\Delta U = \Delta P \cdot \alpha + \Delta A \cdot \beta$ ;	$II = T \cdot (0,124 + \frac{T_{max}}{10000} U)^2 = \frac{\Delta U_{кл}}{U_{ном}}$ ;	
9	3	1	Что означает данная формула? $C = C_{э} / W$	* Стоимость 1кВт/ч электроэнергии	Эксплуатационные расходы линий	Эксплуатационные расходы трансформатора	Эксплуатационный расход в течение 1 суток
9	3	1	Основные определения экономии электроэнергии в электрической сети.	* Уменьшение режима холостого хода трансформатора и увеличение $\cos \varphi$	Уменьшение $\cos \varphi$	Увеличение режима холостого хода трансформатора и уменьшение $\cos \varphi$	Увеличение холостого хода двигателя.
9	4	2	Что определяет данная формула? $C = C_{э} / \Delta P * t$	* Стоимость 1кВт/ч электроэнергии	Эксплуатационные расходы линий	Эксплуатационные расходы трансформатора	Эксплуатационный расход в течение 1 суток
9	4	2	Сколько вариантов выполняется напряжение при выборе технико-экономическим показателям.	* 2	3	4	5

9	5	2	Какая величина не входит в экономические показатели в электрических сетях.	* Величина потери напряжения	Капитальные затраты	Амортизационные отчисления	Приведенные затраты
9	5	2	Укажите формулу годовой приведенные затраты в электрических сетях.	* $Z = E \sum K + I + U$	$U = U_a + U_{жр} + \Delta U$	$K \Sigma = K_1 + K_2 + K_3$	$C = C_1 + C_2 + C_3$
9	6	2	Укажите формулу сравнения ТЭП по приведенным затратам	* $Z = E \cdot K + I$	$Z = E \cdot K + T_0$	$Z = E \cdot I +$	$R = I \cdot E + I$

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (ТК, ПК, ИК)**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-1**

1. Определение энергетических систем
2. Роль и назначение электрических систем
3. Основные требования электрических систем
1. Электрических систем      6. смешенные схемы
2. радиальный сеть            7. параметры линий
3. провод                        8. Электрические схемы
4. Изоляция                    9. параметры трансформаторов
5. Кабель                        10. напряжении

**Зав. кафедры:                    доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-2**

1. Потребители 3 категории
2. Показатели качества электроэнергии
3. Выбор номинальных напряжений
1. Прокладки кабелей            6. регулирование частоты
2. расчет сетей                    7. баланс
3. нагрузки подстанций        8. рол реактора
4. потери сетей                    9. регулирование напряжения
5. Энергетический режим       10. поперечное сечение

**Зав. кафедры:                    доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-3**

1. Радиальные и кольцевые сети
2. Элементы электрические сети
3. Режим работы электрической сети
1. Электрический сеть            6. экономические показания
2. кольцевой сеть                    7. качества сетей
3. опоры                            8. проводимость
4. потери напряжения            9. постоянный ток
5. сверх высоких напряжений   10. Механический прочность

**Зав. кафедры:                    доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-4**

1. Потери напряжения
2. Падение напряжения
3. Определение тип и сечение провода
1. Электрические системы                      6. смешанные схемы
2. Радиальная сеть                                7. параметры линий
3. провода    8. Электрические схемы
4. Изоляция                                         9. параметры трансформаторов
5. Кабель     10. напряжении

**Зав. кафедры:                      доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-5**

1. Категории потребителей электрических энергий
2. Потребители 1 категории
3. Внутренние электрические сети
1. Потери энергии                                6. радиальная сеть
2. потери напряжения                         7. конструкция кабеля
3. опоры     8. параметры трансформатора
4. коррозия                                         9. падение напряжении
5. Электрическая сеть                        10. потребители реактивной мощности

**Зав. кафедры:                      доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-6**

1. Внешние электрические сети
2. Роль и назначение выбора напряжения в электрических сетях
3. Изоляционные провода
1. прокладки кабелей                         6. кольцевые сети
2. классификации сетей                       7. Кабель
3. провода                                         8. Линия
4. Изолятор                                        9. опоры
5. компенсации сетей                        10. радиальный сеть

**Зав. кафедры:                      доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт**

**«Энергомеханический» факультет кафедры "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"  
В-7**

1. Тип и виды опоры
2. Потери мощности и энергии трансформатора
3. Типы изоляторов
1. параметры линий
2. параметры транс-ра
3. опоры
4. потери напряжения
5. Оптимал
6. регулирование частоты
7. выбор напряжения
8. роль реактора
9. Электрическая схема
10. расчет электрических сетей

**Зав. кафедры:                    доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедры "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"  
В-8**

1. Виды и типы изолятора
2. Выбор сечений проводов
3. Назначение нейтральной точки
1. Электрическая системы
2. Кабель
3. Конструкция
4. параметри линий
5. опоры
6. Изолятор
7. кольцевые сети
8. Энергетический режим
9. экономический показатель
10. проводимость

**Зав. кафедры:                    доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедры "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"  
В-9**

1. Потери энергии линии
2. Выбор трансформаторов
3. Определение активной и реактивной мощности линии и трансформатора
1. Сеть
2. Прокладки кабелей
3. Нагрузка подстанция
4. баланс
5. выбор напряжения
6. поперечное сечение
7. постоянный ток
8. понижении потерей
9. Медный провод
10. Механический прочность

**Зав. кафедры:                    доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедры "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-10**

- 1.График нагрузки электрических сетей
- 2.Потери мощности трансформаторов
- 3.Показатели качества электроэнергии
- 1.коррозия
- 2.провода
- 3.трансформатор
- 4.промежуточный
- 5.опоры
- 6.Кабель
- 7.Изолятор
- 8.прочность
- 9.роль реактора
- 10.параметры трансформаторов

**Зав. кафедры: доц.Товбоев А.Н**  
**Навоийский Государственный Горный Институт**  
**«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"**  
**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу**  
**"Электрические сети и системы"**

**В-11**

1. Изоляционные провода
2. Роль и назначение электрических систем
- 3.Основные требования электрических систем
- 1.Электрических систем
- 2.радиальная сеть
- 3.провод
- 4.Изоляция
- 5.Кабель
- 6.смешанные схемы
- 7.параметры линий
- 8.Электрические схемы
- 9.параметры трансформаторов
- 10.напряжении

**Зав. кафедры: доц.Товбоев А.Н**  
**Навоийский Государственный Горный Институт**  
**«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"**  
**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу**  
**"Электрические сети и системы"**

**В-12**

1. Потери мощности трансформаторов
- 2.Падение напряжения
- 3.Определение тип и сечение провода
- 1.Электрические системы
- 2.Радиальная сеть
- 3.провода
- 4.Изоляция
- 5.Кабель
- 6.смешанные схемы
- 7.параметры линий
- 8.Электрические схемы
- 9.параметры трансформаторов
- 10.напряжении

**Зав. кафедры: доц.Товбоев А.Н**  
**Навоийский Государственный Горный Институт**  
**«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-13**

1. Определение энергетических систем
2. Выбор номинальных напряжений
3. Режим работы электрической сети
1. Электрических систем            6. смешенные схемы
2. радиальный сеть                7. параметры линий
3. нагрузка                            8. Электрические схемы
4. постоянный ток                 9. регулирование частоты
5. Кабель                              10. напряжении

**Зав. кафедры:                            доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедры "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-14**

1. Потери напряжения
2. Выбор номинальных напряжений
3. Изоляционные провода
1. напряжении                        6. смешенные схемы
2. радиальный сеть                7. параметры линий
3. провода                            8. компенсации сетей
4. постоянный ток                 9. линия
5. Кабель                              10. опоры

**Зав. кафедры:                            доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедры "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-15**

1. Тип и виды опоры
2. Назначение нейтральной точки
3. Выбор трансформаторов
1. Электрическая системы        6. постоянный ток
2. конструкция                      7. параметры линий
3. провода                            8. понижении потерей
4. постоянный ток                 9. линия
5. Кабель                              10. Сеть

**Зав. кафедры:                            доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедры "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу**

## **"Электрические сети и системы"**

### **В-16**

1. Определение активной и реактивной мощности линии и транс-ра
2. Показатели качества электроэнергии
3. Потери энергии линии
1. мощность
2. конструкция
3. провода
4. постоянный ток
5. Кабель
6. прочность
7. параметры линий
8. понижении потерей
9. линия
10. Сеть

**Зав. кафедры: доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

### **В-17**

1. Выбор сечений проводов
2. Тип и виды опоры
3. Роль и назначение выбора напряжения в электрических сетей
1. Сеть
2. Прокладки кабелей
3. провода
4. постоянный ток
5. Кабель
6. напряжении
7. параметры линий
8. понижении потерей
9. линия

**Зав. кафедры: доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

### **В-18**

1. Падение напряжения
2. Потери мощности трансформаторов
3. Изоляционные провода
1. напряжении
2. изолятор
3. провода
4. постоянный ток
5. Кабель
6. напряжении
7. параметры линий
8. понижении потерей
9. линия
10. радиальный сеть

**Зав. кафедры: доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

## **В-19**

1. Потребители 1 -категории
2. Определение тип и сечение провода
3. Режим работы электрической сети
1. коррозия
2. изолятор
- 3.провода
4. постоянный ток
- 5.Кабель
- 6.напряжении
- 7.параметры линий
8. понижении потерей
9. линия
10. радиальный сеть

**Зав. кафедры: доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

## **В-20**

1. Потребители 3 -категории
2. Определение энергетических систем
3. Выбор номинальных напряжений
1. Электрических систем
2. Прокладки кабелей
- 3.провода
4. постоянный ток
- 5.Кабель
- 6.напряжении
7. . изолятор
8. понижении потерей
9. линия
10. регулирование напряжения

**Зав. кафедры: доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

## **В-21**

1. Показатели качества электроэнергии
2. Выбор трансформаторов
3. Определение тип и сечение провода
1. параметры линий
- 2.конструкция
- 3.провода
4. постоянный ток
- 5.Кабель
- 6.постоянный ток
- 7.параметры линий
8. понижении потерей
- 9.линия
10. Сеть

**Зав. кафедры: доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"  
Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

## **В-22**

1. Выбор сечений проводов
  2. Показатели качества электроэнергии
  3. Элементы электрические сети
- |                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| 1.качество      | 6.Кабель                     |
| 2.провода       | 7.потери                     |
| 3.трансформатор | 8.прочность                  |
| 4.промежуточный | 9.роль реактора              |
| 5.опоры         | 10.параметры трансформаторов |

**Зав. кафедры:                      доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу**

**"Электрические сети и системы"**

**В-23**

1. Роль и назначение выбора напряжения в электрических сетях
  2. Категории потребителей электрических энергий
  3. Тип и виды опоры
- |                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| 1.потребителей       | 6.радиальная сеть                  |
| 2.потери напряжения  | 7.конструкция кабеля               |
| 3.опоры              | 8.параметры трансформатора         |
| 4.коррозия           | 9.падение напряжения               |
| 5.Электрическая сеть | 10.потребители реактивной мощности |

**Зав. кафедры:                      доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу**

**"Электрические сети и системы"**

**В-24**

1. Потери мощности трансформаторов
  2. Определение активной и реактивной мощности линии и трансформатора
  3. График нагрузки электрических сетей
- |                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| 1.график        | 6.Кабель                     |
| 2.провода       | 7.Изолятор                   |
| 3.трансформатор | 8.прочность                  |
| 4.промежуточный | 9.роль реактора              |
| 5.опоры         | 10.параметры трансформаторов |

**Зав. кафедры:                      доц.Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу**

**"Электрические сети и системы"**

**В-25**

- 1.Элементы электрические сети

2. Показатели качества электроэнергии
3. Основные требования электрических систем
1. смешенные схемы      6. Энергетический режим
- 2 баланс.      7. параметры линий
3. провод      8. Электрические схемы
4. Изоляция      9. параметры трансформаторов
5. потери напряжения      10. напряжении

**Зав. кафедры:                      доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедры "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу**

**"Электрические сети и системы"**

**В-26**

1. Потребители 1 категории
2. Радиальные и кольцевые сети
3. Изоляционные провода
1. Электрическая сеть      6. смешенные схемы
2. Радиальный сеть      7. параметры линий
3. провода      8. Электрические схемы
4. Изоляция      9. параметры трансформаторов
5. Кабель      10. Электрические системы

**Зав. кафедры:                      доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедры "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу**

**"Электрические сети и системы"**

**В-27**

1. Потери мощности и энергии трансформатора
2. Определение тип и сечение провода
3. Определение активной и реактивной мощности линии и трансформатора
1. расчет электрических сетей      6. кольцевые сети
2. классификации сетей      7. Кабель
3. провода      8. Линия
4. Изолятор      9. опоры
5. компенсации сетей      10. радиальный сеть

**Зав. кафедры:                      доц. Товбоев А.Н**

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедры "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу**

**"Электрические сети и системы"**

**В-28**

1. Показатели качества электроэнергии
2. Основные требования электрических систем

3. Потери мощности трансформаторов
- |                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| 1. радиальный сеть | 6. Кабель                     |
| 2. провода         | 7. Изолятор                   |
| 3. трансформатор   | 8. прочность                  |
| 4. промежуточный   | 9. регулирование частоты      |
| 5. опоры           | 10. параметры трансформаторов |

**Зав. кафедры:** доц. Товбоев А.Н

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-29**

1. . Определение тип и сечение провода
  2. Категории потребителей электрических энергий
  3. Тип и виды опоры Выбор трансформаторов
- |                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| 1. Электрическая системы | 6. постоянный ток    |
| 2. конструкция           | 7. параметры линий   |
| 3. провода               | 8. понижении потерей |
| 4. постоянный ток        | 9. линия             |
| 5. Кабель                | 10. Сеть             |

**Зав. кафедры:** доц. Товбоев А.Н

**Навоийский Государственный Горный Институт  
«Энергомеханический» факультет кафедра "Электроэнергетика"**

**Вопросы и ключевые слова итогового контроля по курсу  
"Электрические сети и системы"**

**В-30**

3. Определение тип и сечение провода
  4. Основные требования электрических систем
  5. Потери мощности трансформаторов
- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| 1 на напряжении.   | 6. смешенные схемы           |
| 2. радиальный сеть | 7. параметры линий           |
| 3. провод          | 8. Электрические схемы       |
| 4. Изоляция        | 9. параметры трансформаторов |
| 5. Кабель          | 10. Электрических систем     |

**Зав. кафедры:** доц. Товбоев А.Н

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

## **Раздел - I**

Введение. Электроэнергетика Узбекистана. Основные понятия и определения.

Электрическая сеть. Режимы работы воздушных линий, конструкции и требования к материалам.

Номинальное напряжение.

Конструкция линий.

Изолированная нейтраль.

Потребители электрической энергии.

Нагрузки потребителей. Мощности. Графики. Коэффициенты.

Требования к электрическим сетям.

Конструкция кабелей, их методы проводимости.

Кабели высоких напряжений.

Внутренние электрические сети.

Точковая проводимость промышленных предприятий.

Освещение.

Элементы электрической сети при передаче электрической энергии.

Линия. Трансформаторы и автотрансформаторы.

Коммутационные аппараты.

Измерительные приборы.

Техника безопасности в электрических сетях. Электрические машины.

## **Раздел - II.**

Сложно-замкнутые электрические сети.

Потери мощности в трансформаторах и линиях.

Падение и потери напряжения.

Элементы проектирования электрических сетей.

Потери энергии в трансформаторах и линиях.

Уравнения электрических сетей. Физические процессы. Режимы работы.

Способы уменьшения потерь мощности. Источники реактивной мощности.

Оптимизация реактивных и активных мощностей.

Надежность электрических сетей.

Местные и районные электрические сети, замкнутые местные электрические сети.

Подстанции и их элементы.

Векторные диаграммы и особенности районных электрических сетей.

Показатели качества электрической энергии. Несинусоидальность напряжения.

Управление режимов работы электрических сетей.

Баланс активной и реактивной мощности.

Метод системы режимов управления. Иерархический метод.

Технико-экономические расчеты. Расходы.

Выбор поперечных сечений кабелей и проводов

Технико-экономические показатели.

Выбор линий по технико-экономическими показателями

. Нормограммы для экономических интервалов линий и трансформаторов.

Расчет и выбор силовых нагрузок.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

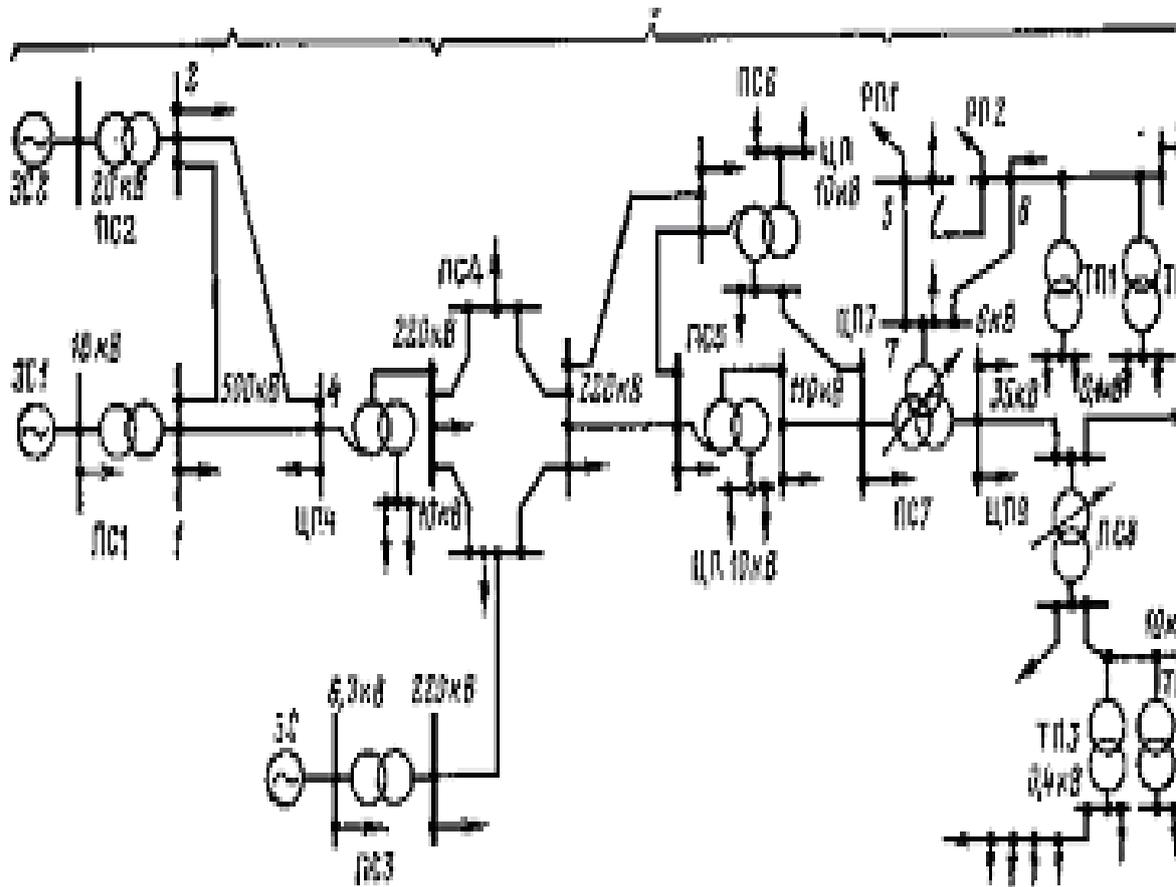


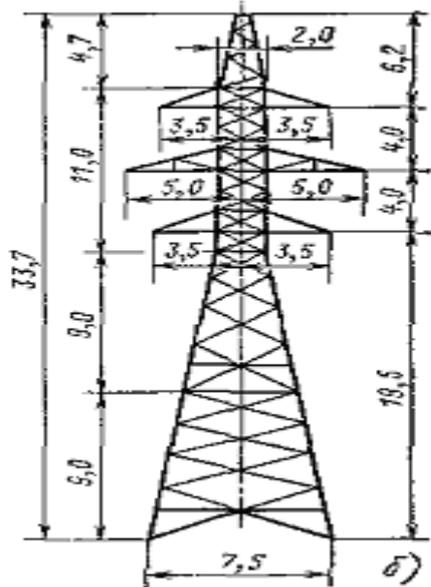
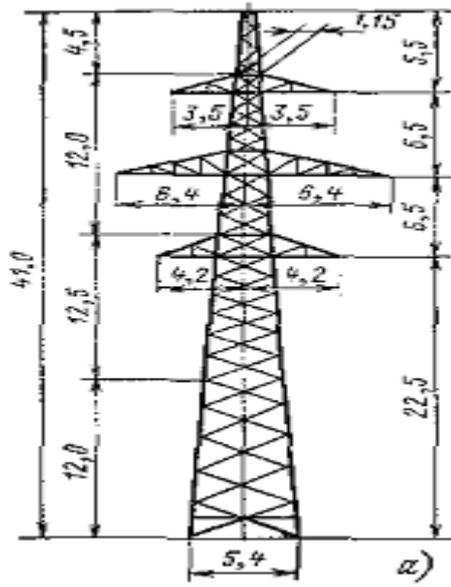
**РАЗДАТОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

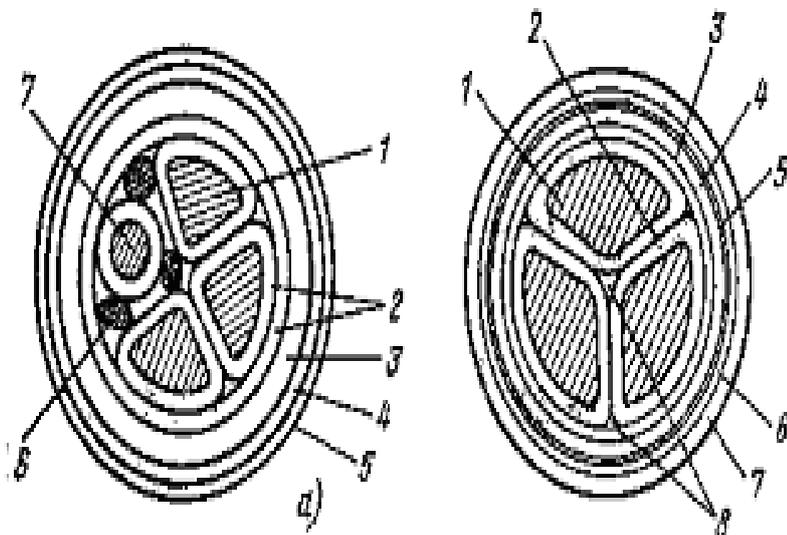
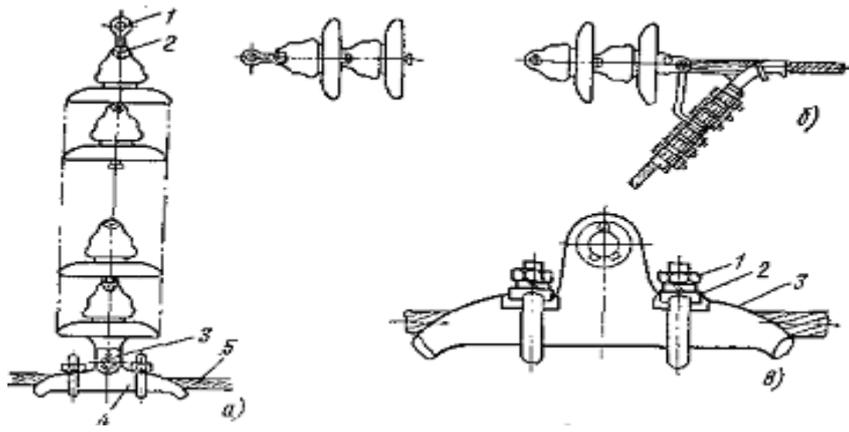
**по дисциплине**

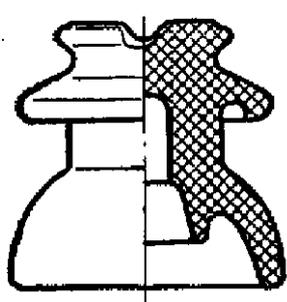
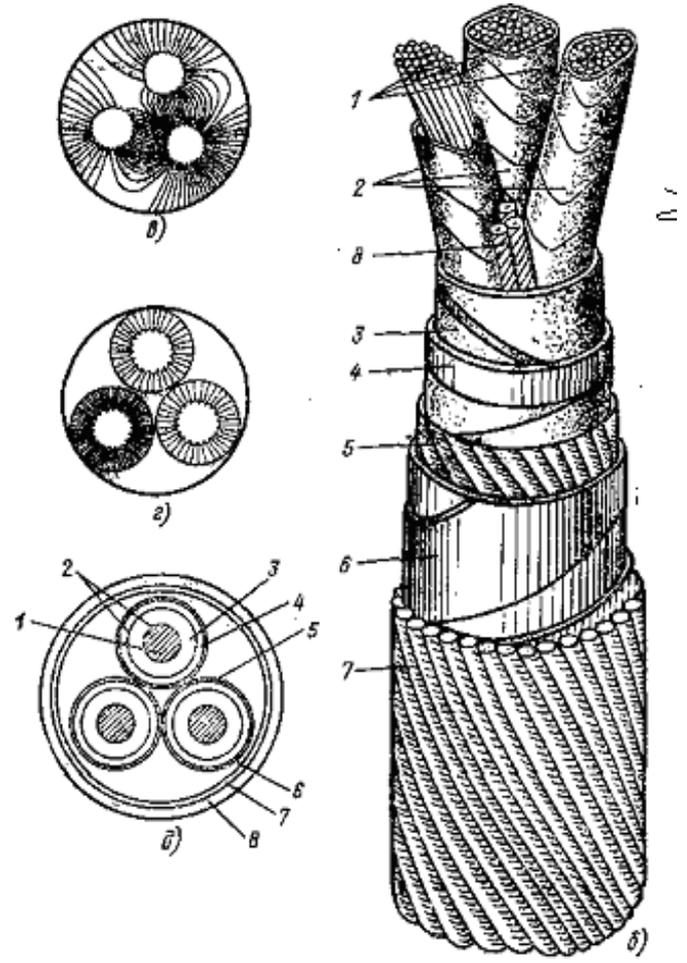
**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

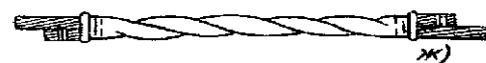
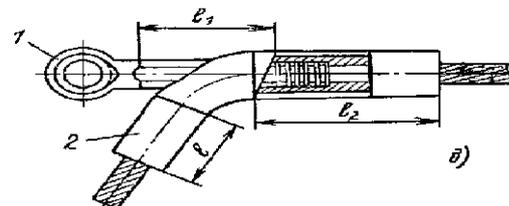
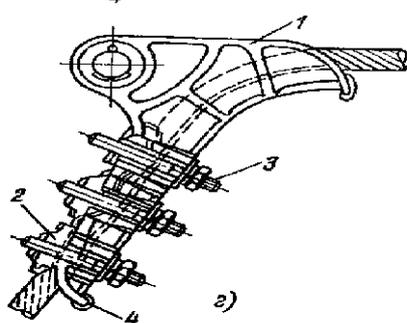
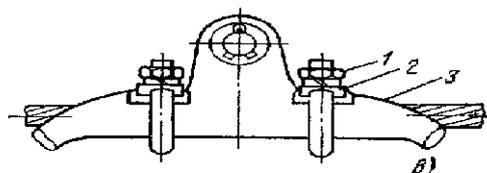
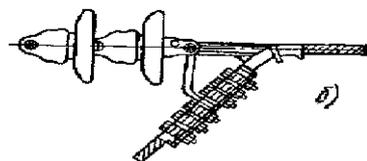
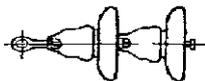
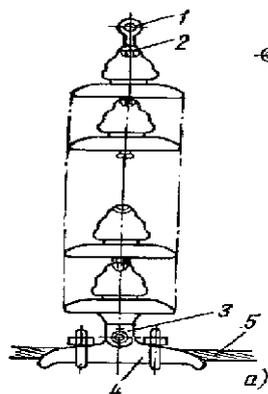
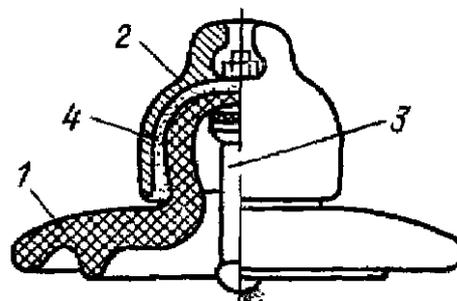
**Навои 2015 г.**











**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



# **ГЛОССАРИЙ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

## **ГЛОССАРИЙ**

**Электрическая цепь** – совокупность соединённых друг с другом источников электрической энергии и нагрузок, по которым может протекать электрический ток.

**Электрическая схема** – изображение электрической цепи с помощью условных знаков.

**Вольтамперная характеристика** – зависимость тока, протекающего по сопротивлению, от напряжения на этом сопротивлении.

**Линейные сопротивления** – сопротивления вольтамперные характеристики которых, прямые линии.

**Линейные цепи** – цепи с линейными сопротивлениями.

**Нелинейные цепи** – цепи с нелинейными сопротивлениями

**Управляемые нелинейные сопротивления** – сопротивления, имеющие управляющий электрод, воздействуя на ток или напряжение которой можно деформировать в.а.х..

**Инерционные нелинейные сопротивления** – сопротивления, нелинейность вольтамперных характеристик которых обусловлена измерением температуры.

**Безынерционные нелинейные сопротивления** – сопротивления нелинейность вольтамперных характеристик которых обусловлена иными (не тепловыми) процессами.

**Метод эквивалентного генератора** (метод активного двухполюсника или метод холостого хода и короткого замыкания) – метод расчёта тока в выделенной ветви, основанный на замене активного двухполюсника эквивалентным генератором.

**Смешанное соединение нелинейных элементов** – цепь, содержащая последовательно и параллельно соединённые ветви и группы ветвей с нелинейными элементами.

**Электродвижущая сила** – характеристика источников тока, определяемая отношением работы, совершаемой сторонними силами над зарядом при его движении по замкнутому контуру, к величине этого заряда.

**Сложно разветвлённые цепи** – цепь с четырьмя и более узлами, которая не может быть отображена схемой со смешанным соединением.

**Источник Э.Д.С.** – идеализированный источник питания, напряжение на зажимах которого постоянно и равно Э.Д.С., а внутреннее сопротивление равно 0.

**Активный нелинейный двухполюсник** – двухполюсник, содержащий нелинейный элемент электрической цепи и источник Э.Д.С.

**Теорема компенсации** – теорема о замене нелинейного сопротивления токозависимой Э.Д.С.

**Графический метод расчёта нелинейных электрических цепей постоянного тока** – используют нелинейные вольтамперные характеристики.

**Электромагнитные процессы**, протекающие в устройствах, могут быть описаны с помощью понятий Э.д.с., тока, напряжения, сопротивления, проводимости, индуктивности, емкости.

**Источниками** электрической энергии являются гальванические элементы, аккумуляторы, термоэлементы, генераторы и другие устройства, в которых происходит процесс преобразования химической, молекулярно-кинетической, тепловой, механической или другого вида энергии в электрическую.

**Приемниками** электрической энергии (нагрузкой) служат электрические лампы, электронагревательные приборы, электрические двигатели и другие устройства, в которых электрическая энергия превращается в световую, тепловую, механическую и др.

**Электродвижущая сила  $E$**  численно равна разности потенциалов  $\varphi$  или напряжения  $U$  между положительным и отрицательным зажимами 1 и 2 источника энергии при отсутствии в нем тока.

**Источник Э.д.с  $e$**  с последовательно соединенным сопротивлением  $R_{вн}$ , равным внутреннему сопротивлению реального источника.

**Источник тока  $s$**  с током и параллельно с ним включенным сопротивлением  $R_{вн}$  (двойная стрелка в кружке указывает положительное направление тока)

**Потенциальной диаграммы** называют распределение потенциала вдоль неразветвленной электрической цепи или замкнутого контура можно наглядно представить в виде графика.

**Двухполюсником** называется часть электрической цепи произвольной конфигурации с двумя выделенными зажимами, именуемыми полюсами.

**Активными элементами** считаются источники электрической энергии: источники напряжения и источники тока.

**Пассивными элементами** электрической цепи относятся сопротивления, индуктивности и емкости.

**Постоянным током** называют ток, неизменный во времени. Постоянный ток представляет собой направленное упорядоченное движение частиц, несущих электрические заряды

**Ветвь** - это участок цепи, образованный последовательно соединенными элементами (через которые течет одинаковый ток) и заключенный между двумя узлами.

**Узел** - точка цепи, в которой сходятся не менее трех ветвей

**Первый закон Кирхгофа:** Алгебраическая сумма токов, подтекающих к любому узлу электрической схемы равна нулю (другими словами, сумма подтекающих к любому узлу токов равна сумме утекающих от узла токов).

**Второй закон Кирхгофа:** Алгебраическая сумма падения напряжений в любом замкнутом контуре равна алгебраической сумме э.д.с. вдоль этого же контура.

**Методом узловых потенциалов** называют метод расчета электрических цепей, в которых за неизвестные принимаются потенциалы узлов схемы.

**Смешанное соединение** представляет собой сочетание более простых соединений - последовательного и параллельного, рассмотренных выше.

**Сопротивлением** называется идеализированный элемент цепи, в котором происходит необратимый процесс преобразования электрической энергии в тепловую.

**Емкостью** называется идеализированный элемент электрической цепи, приближенно заменяющий конденсатор, в котором накапливается энергия электрического поля.

**Индуктивностью** называется идеализированный элемент электрической цепи, приближающийся по свойствам к индуктивной катушке, в которой накапливается энергия магнитного поля

**Мгновенная мощность**, производимая и отдаваемая источником Э.Д.С. и потребляемая двухполюсником, равна скорости совершения работы в данный момент времени

**Полной мощностью** называется величина, равная произведению действующих значений тока и напряжения на зажимах цепи

**Коэффициент мощности** называется отношения активной мощности к полной, равно косинусу угла сдвига фаз между напряжением и током

**Компенсацией сдвига фаз** называется уменьшение угла сдвига фаз между напряжением на приемнике и током, потребляемым от генератора.

**Коэффициентом мощности** называется отношение активной мощности к полной

**Контур** – пустой замкнутый путь, вдоль которого каждый узел встречается не больше одного раза

**Системой** электроснабжения называют - комплекс устройств для производства

и преобразования, передачи и распределения электрической энергии.

**Продолжительный режим** - когда температура электродвигателя или трансформатора возрастает и устанавливается постоянным в зависимости от нагрузки.

**Кратковременный режим** - это такой режим, когда температура электродвигателя или трансформатора за время работы, не достигает установившегося значения, а за время охлаждения достигает до температуры окружающей среды.

**Повторно-кратковременный режим**, когда температура повышается во время работы и снижается во время паузы. Во время работы не превосходит допустимой температуры, а во время паузы не охлаждается до температуры окружающей среды.

**1 категория** - перерыв электроэнергии влечет собой нарушение технологического производства, угрозу жизни человека и массовый недоотпуск продукции. Эти потребители должны питаться от двух независимых источников питания.

**2 категория** - перерыв электроэнергии связано с массовым недоотпуском продукции, простых рабочих механизмов и транспорта.

**3 категория** - перерыв электроэнергии не приводит к ущербу народного хозяйства, допускается перерыв до 24 часов.

**Паротурбинные станции**, на которых в качестве первичного двигателя используется паровая турбина. На этих станциях турбина, соединенная непосредственно с генератором электрической энергии, образует энергетический агрегат, который носит название турбоагрегата;

**Паро-машинные станции**, на которых используется в качестве первичного двигателя поршневая паровая машина;

**Дизельные станции**, на которых установлены двигатели внутреннего сгорания;

**Газотурбинные станции**, на которых используется газовая турбина.

**Коммутационные аппараты** (выключатели, выключатели нагрузки, разъединители, отделители, короткозамыкатели, контакторы, магнитные пускатели, рубильники);

**Защитные аппараты** (предохранители, ограничителя ударного тока, шунтирующие реакторы, разрядники) ;

**Токоограничивающие аппараты** (токоограничивающие реакторы и активные сопротивления, дугогасящие катушки);

**Измерительные аппараты** (трансформаторы тока и напряжения, емкостные делители напряжения и т.п.).

**Воздушной электрической линией (ВЛ)** называется устройство, предназначенное для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе.

**Питающей линией** называется линия, питающая распределительный пункт (РП) или подстанцию (ТП) от центра питания ЦП) без распределения энергии по ее длине.

**Для выполнения воздушных** линий обычно применяются голые провода из меди, алюминия, стали и сплавов.

**Провода выполняются** однопроволочными и многопроволочными.

**У многопроволочных** проводов токоведущая жила состоит из многих свитых вместе проволок, сумма площадей поперечных сечений которых дает общее сечение.

**Многопроволочные провода** могут быть изготовлены либо из одного металла, либо из двух металлов (сталеалюминиевые). В воздушных сетях наибольшее применение получили многопроволочные провода.

**Медные провода**, изготовленные из твердотянутой меди, обладают более высокой удельной электрической проводимостью, чем провода, выполненные из других металлов, поэтому при равных потерях энергии на нагревание сечения медных проводов будут меньше, чем сечения других проводов.

**Алюминиевые провода** имеют удельную электрическую проводимость в 1,6 раза меньше, чем медные, их прочность также значительно ниже, чем у медных.

**Сталеалюминиевые провода**, имеющие механическую прочность, намного больше, чем алюминиевые, применяют в сетях с напряжением 35 кВ и выше при больших расстояниях между опорами.

**Деревянные опоры** применяются при сооружении линий напряжением до 110 кв. включительно.

**Железобетонные опоры** при индустриальном методе их изготовления

являются наиболее эффективными.

**Анкерные опоры** предназначены для жесткого закрепления на них проводов линии.

**Промежуточные опоры** служат только для поддержания проводов на прямых участках линии между двумя анкерными опорами. Из общего количества опор, устанавливаемых на линии, на долю промежуточных приходится 80—90%.

**Угловые опоры** служат для изменения направления трассы линии. В зависимости от угла поворота линия угловые опоры по назначению и конструкции могут, быть изготовлены по типу промежуточных (при угле поворота до 20°) или по типу анкерных (при угле поворота от 20 до 90°).

**К о н ц е в ы е о д о р ы** представляют собой опоры анкерного типа и предназначены для установки в начале и конце, линия.

**Силовые кабели** применяются для подземной и подводной передачи и распределения энергии на высоком и низком напряжении.

**Т о к о п р о в о д я щ и е ж и л ы** кабелей выполняются из меди или алюминия. Отечественные заводы изготовляют силовые кабели следующих стандартных сечений: 1;5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500 и 600 мм<sup>2</sup>. Силовые кабели изготовляются на различные напряжения и в зависимости от этого имеют определенный диапазон стандартных сечений.

**Изолирующие оболочки** кабелей предназначены для изоляции токоведущих жил друг от друга (фазная изоляция) и от земли (поясная, изоляция).

**Защитные оболочки** кабелей служат для защиты изоляционных оболочек от разрушения при проникновении влаги и от механических повреждений.

**Трансформаторной подстанцией** называется электрическая установка, предназначенная для *преобразования и распределения электроэнергии*.

**В зависимости** от положения в сети электросистемы понизительные подстанции подразделяются *районные и местного значения*.

**Районные подстанции** питаются от районных сетей и предназначаются для электроснабжения крупных районов с промышленными, городскими и сельскохозяйственными потребителями. Такие подстанции имеют первичное напряжение 500, 220 и 110 кВ и вторичное напряжение 220, 110, 35, 10, 6 кВ.

**Подстанции местного значения** питаются от распределительных сетей высокого напряжения и предназначены для электроснабжения отдельных предприятий или районов города. Подстанции местного значения имеют первичное напряжение 220, 110, 35, 10, 6 кВ и вторичное напряжение 10, 6, 0,4/0,23 кВ.

**В зависимости** от конструктивного выполнения трансформаторные подстанции подразделяются на *закрытые*, электрооборудование которых устанавливается в

зданиях, и *открытые* с электрооборудованием, устанавливаемым на открытом воздухе.

**По своему территориальному расположению различают следующие подстанции:** *внутрицеховые*, расположенные полностью в здании цеха; *встроенные*, имеющие одну или две наружные стены; *пристроенные*, имеющие три наружные стены, и, наконец, *отдельно стоящие*. По принципу обслуживания подстанции могут быть *сетевые* и *абонентские*. В первом случае подстанции обслуживаются персоналом энергосистемы, во втором случае — персоналом потребителя.

В последние годы все большее распространение получают комплектные трансформаторные подстанции и (КТП) для электроснабжения промышленных и коммунальных предприятий, общественных и административных зданий, а также строительных площадок.

КТП изготавливаются как для внутренней (КТПВ), так и для наружной (КТПН) установки. КТПВ выпускаются с трансформаторами мощностью не более 1000 *кВА*. В КТПН устанавливаются трансформаторы мощностью до 10 000 *кВА*.

**Узловые распределительные подстанции (УРП) 110-500 кВ**. Главные понизительные подстанции (ГПП) 110-220/6-10-35 кВ

**Подстанции глубоких вводов (ПГВ) 35-220/6-10 кВ**

**Распределительные пункты (РП) 6-10 кВ**

**Цеховые трансформаторные подстанции (ТП) 6-10/0,38-0,66 кВ**

**Питающие и отходящие** линии на подстанциях 6-10 кВ выполняются преимущественно кабельными, а на подстанциях 35-220 кВ - воздушными.

**Распределительным устройством (РУ)** называется электроустановка, предназначенная для *прима распределения энергии*

**Комплектные (КРУ)**, состоящие из металлических шкафов заводского изготовления, в которых встроены все электрические аппараты высокого напряжения, аппаратура защиты и измерительные приборы.

**Контрольно-измерительные приборы**, устанавливаемые на электрических станциях, подстанциях и распределительных пунктах, обеспечивают постоянный контроль за работой отдельных частей электрических установок.

**Амперметры** устанавливаются для непрерывного контроля величины тока на вводах ГПП, РП, подстанций, отходящих линий, перемычках между секциями сборных шин.

**Вольтметры и частотомеры** используются для контроля за качеством электроэнергии.

**Устройства дистанционного управления** и сигнализации, измерительные приборы, аппараты релейной защиты и автоматики электростанций и подстанций размещаются на щитах управления (ЩУ) и диспетчерских пунктах.

Частотомеры устанавливаются на сборных шинах электростанций и в цепи статоров генераторов, если они предназначены для параллельной работы.

**Счетчики** активной и реактивной электроэнергии устанавливаются в местах выработки и потребления электроэнергии для расчетного и технического учета

**Ваттметры** устанавливаются для измерения активной мощности генераторов, мощных трансформаторов, синхронных компенсаторов, высоковольтных синхронных двигателей, а также линий, где необходимо контролировать перетоки мощности при двойном питании потребителей: от собственной электроэнергии и энергетической системы.

Для измерения реактивной мощности применяются **в а р м е т р ы**.

**Генераторах, трансформаторах** и мощных электродвигателях предусматривают для *измерения температуры* — термометры: ртутные, манометрические, сопротивления.

**Ртутный термометр** фиксирует температуру в данный момент времени.

**Ртутно-контактный термометр** фиксирует температуру в данный момент времени и замыкает контакты цепи сигнализации при предельно допускаемой для данного места измерения температуре.

**Расчетным учетом электроэнергии** называется учет выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее.

**Счетчики**, устанавливаемые для расчетного учета, называются *расчетными счетчиками* и должны быть класса точности не ниже 2; если счетчики подключаются через измерительные трансформаторы, последние должны иметь класс точности 0,5.

**Техническим (контрольным) учетом электроэнергии** называется учет для контроля расхода электроэнергии электростанций, подстанции, предприятий, зданий, квартир.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**ТЕМЫ ДЛЯ РЕФЕРАТОВ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

Выполняя первую контрольную работу, по темам таблицы-1, рефераты по 10-15 листов соответствуя темам, новые направления энергетики, правила и нормы, черчение электрических схем укрепят теоретические знания. Составляя план для этих тем нужно пользоваться литературой и отвечать точно на вопросы.

Таблица-1.

№ вар.	Шифр	Тема реферата.
1	2	3
1	01. 51	Общие понятия по электрическим сетям и системам. Его будущее.
2	02. 52	Номинальное напряжение электрических сетей. Категории потребителей.
3	03. 53	Элементы и конструкции воздушных линий. Виды электропроводов.
4	04. 54	Понятия об арматурах и изоляторах. Виды опор воздушных линии, конструкции и применение.
5	05. 55	Виды, применение, размещение, конструкции подземных кабельных линии.
6	06. 56	Способы определения повреждений кабелей и воздушных линий.
7	07.57	Понятия о «Короне». Вычисление сопротивления и проводимости кабелей, проводов.
8	08. 58	Активная и реактивная проводимость воздушных линии
9	09. 59	Определение проводимости и сопротивлении двух и трёх обмоточных трансформаторов.
10	10. 60	Понятия о мощностях и их комплексный вид.
11	11. 61	Потеря напряжения на линиях электропередачи.
12	12.62	Определение потери напряжения в трансформаторах.
13	13.63	Определение поперечного сечения провода электропередачи по условиям потери мощности.
14	14. 64	Потеря мощности в одном или нескольких нагрузочных электрических сетях.
15	15. 65	Потеря мощностей в трансформаторах.
16	16. 66	Потеря энергии в электрической сети. Определение потери энергии в одном или нескольких нагрузочных радиальных электрических сетей..
17	17. 67	Потеря энергии в трансформаторах.
18	18. 68	Определение потери электроэнергии при передаче в электрической сети.
19	19. 69	Понятие о поперечных сечении проводов и кабельных линий по экономических плотностях тока.
20	20. 70	Определение наилучшего варианта в электрической сети и системах технически-экономические показатели.

1	2	3
21	21. 710	Баланс мощностей у активных потребителей. Основные показатели электроэнергии в электрической сети.
22	22. 72	График годовой, месячный, суточный электра нагрузок
23	23. 73	Понятие об электрических нагрузок.
24	24. 74	Электрических схем районных электрических сетей..
25	25. 75	Определение расхода электроэнергии потребителей.
26	26. 76	Выбор и проверка проводов и кабеля по термической стойкостью.
27	27. 77	Потери напряжении проводов и кабеля.
28	28. 78	Способы определения площади поперечного сечении проводов и кабеля потребителей.
29	29.79	Способы определения площади поперечного сечении проводов и кабеля в электрической сети.
30	30.80	Определение проводов и кабеля по потери площади поперечного сечения.
31	31.81	Определение и выбор алюминиево-стального провода. (АС)
32	32.82	Выбор и виды автоматов и предохранителей.
33	33.83	Расчет радиальных сетей без трансформаторов.
34	34.84	Расчет радиальных сетей вместе с трансформаторами.
35	35.85	Способность проводимости линии электра передач.
36	36.86	Векторная диаграмма линии электра передач.
37	37.87	Общие понятия и вычисления о закрытых сетях потребителей.
38	38.88	Вычисление потребителей с двух сторонним источником.
39	39.89	Понятие компенсаций устройства реактивной мощности.
40	40.90	Вычисления равновесия мощностей
41	41.91	Определение потери напряжения у двухсторонних потребителей.
42	42.92	Вычисления и потеря сложных закрытых сетей.
43	43.93	Потеря напряжения в электрических сетях.
44	44.94	Способы автоматического управления электрических сетей и систем.
45	45.95	Несимметричные нагрузки систем и сетей.
46	46.96	Способы уменьшения потери электроэнергии в электрических сетях.
47	47.97	Качество и обеспечение электроэнергии.
48	48.98	Меры принятия на учёт электрических сетей и систем.
49	49.99	Электрооборудования в электрических сетях и системах.
50	50.100	Сегодняшнее положение и проблемы в электрических сетях и системах.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**СПИСОК ЛЕТЕРАТУРЫ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1.Идельчик Б.И.Электрические системы и сети. М: Энергоатомиздат 1989 г,592 с
- 2.Блок В.М. Электрические системы и сети. М:Высшая школа,1986 г,430 с
- 3.Электрические системы.1,2 Электрические сети.Под.ред В.А Веникова М:Высшая школа,1981 г,438 с
- 4.Солдаткина Л.А. Электрические системы и сети.М:Энергия 1978 г
- 5.Боровиков В.А,Косарев В.К,Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем.Л:Энергия 1977 г,391 с
- 6.Электрические системы и сети.Под ред.Г.И Денисенко,Киев,1986 г
7. Строев В.А. Электрические системы и сети. Учебник.-М., «Высшая школа», 512 с. 1998 г.
8. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. /Под общ.ред.профессоров МЭИ.-М.: Издательство МЭИ, 2004, 964 с.
9. Ғойибов Т.Ш. Электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар тўплами /ПодЎқув қўлланма.-Т.: ТошДТУ, 2006.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ”Электр тармоқлари ва системалари” фанидан тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Ташкент:ТашПИ 1991,40 б.(Т.Ш Ғайибоев,А.М Мирбабаев)
2. Шайматов Б.Х. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан назорат ишлари ва курс лойихасини бажариш учун ўқув-услугий қўлланма. Навоий 2014 й.
6. Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А-Электрические энергетические системы.-Ленинград, Энергия ., 1977
7. Каримов Х.Г., Таслимов А.Д., Мамарасулова Ф.С.-Электр тармоқлари, тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Тошкент, ТошДТУ, 2004.
8. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, В.В.Ежнов, Г.К.Зарудский, Э.И.Зуев под.ред. Строева В.А. М., «Высшая школа», 352 с, 1999г.
9. Сайт: [www.energystrategy.ru](http://www.energystrategy.ru)
10. Сайт: [www.uzenergy.uzpak.uz](http://www.uzenergy.uzpak.uz)

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

## ВВЕДЕНИЕ

Энергетическая система Узбекистана имеет возможность вырабатывать 55 млрд. кВт. час электроэнергии 37 тепловыми и гидроэлектростанциями общей установленной мощностью 11,3 млн. кВт. В республике вся протяженность линий электрической системы составляет 228 тысяч км. В том числе на напряжения 220 кВ - 5,5 тысяч км, 500 кВ - 1,7 тысяч км. В системе энергетики Республики работает почти 60 тысяч человек.

Выработка электрической энергии по республике в млн. кВт.ч.: 1940 г. - 481,4; 1980 г. - 33930,4; 1995 г. - 47429,4, а в 1913 году было всего 3,3 млн. кВт.ч.

В начале 30 годов созданы каскады Чирчик -Бузсув ГЭС, 1943 г. народным хашаром начато строительство Фарход ГЭС на Сырдарье (мощность 126 МВт) и первая очередь сдана в эксплуатацию 1948 году. 60-70 годы построены или реконструированы ряд электростанций на базе природного газа и Ангреноского угольного месторождения. С целью экономии и непрерывного обеспечения электроэнергией в 1960 годах начала создаваться Среднеазиатская объединенная энергетическая система с общей мощностью 25 млн. кВт. Эта система в 1980 году практически завершена, действует и в нынешнее время.

В энергетической системе Республики установлена 27 ГЭС, 7-мощные ГРЭС и 3 крупные ТЭЦ, а также ряд маломощных станций. Надо отметить, что основная мощность отводится к ГРЭС и ТЭЦ- почти 90%.

В республике 1941-45 г.г. сформировалась радиоэлектронная и электротехническая промышленность. В том числе, заводы: Ташкенткабель, Ташкентский радио-ламповый, Чирчикский трансформаторный и т.п. В годы мустакиллик введены в строй ряд совместных предприятий более 20 наименований по производству электро-радиоаппаратуры: телевизоров, электродвигателей, сварочных аппаратов и др.

Развитие электроэнергетической науки приходится на 30 годы. Но в основном бурное развитие приобрело в начале 50 годов. Начиная с этого периода сделано много важных исследовательских и прикладных работ, наряду с этим становилась электроэнергетическая наука республики, приобретая признание ученых ряда стран. В республике выросли ряд. крупных ученых и сформировались научные школы, например, по теории электрических систем - академик Фозилов Х.Ф., автоматизированному электроприводу - академик Хамидханов М.З., по элементам автоматики, телемеханики и измерительной техники - академик Абдуллаев Ж.А., автоматизированным системам управления в химической промышленности - академик Юсупбеков Н.Р. В развитие электротехники и электроники как науки и предмета должный вклад внес член корреспондент Академии Наук Республики Рахимов Гофир Рахимович. Он создал научную школу по теоретическому анализу и расчету нелинейных электрических цепей и систем и разработке элементов автоматики и вычислительной техники. Подготовил целую плеяду научных кадров.

## **Т Е М А № 1**

### **Основы определения расчетных параметров однофазных эквивалентных элементов трехфазной электрической сети**

**Цель.** Изучение элементов систем электрической сети и общие характеристики электроприёмников.

**План :**

1. Общие сведения.
2. Категория потребителей.
3. Номинальное напряжение электрических сетей

#### **Опорные слова и предложения:**

Энергетическая система, электрические системы, линия электропередачи, классификация электрических сетей, род тока, питающие распределительные сети, радиальные и магистральные сети, расход цветного металла, категория потребителей, номинальная напряжения.

#### **1. Общие сведения.**

Совместная работа электрических станций по производству и распределению между потребителями электрической и тепловой энергии называют энергетической системой. Свыше 90 % всей электрической энергии вырабатывают энергосистемы.

Электрическую часть энергосистемы, состоящую из генераторов и распределительных устройств электрических станций, повышающих и понижающих подстанций, воздушных и кабельных линий передачи различных напряжений и электрических приемников разных типов, называются электрической системой, часть электрической системы предназначенная для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций и ЛЭП и называются электрической сетью.

Электрические сети могут быть классифицированы следующим образом:

- По напряжению сети могут быть до 1000 В и выше ;
- по роду тока их делят на сети постоянного и переменного тока.

Последние выполняют либо как трехфазные трех и четырехпроводные, либо в виде одно или двухфазных ответвлений от четырехпроводных сетей.

- по назначению различают сети питающие и распределительные.

Питающие сети связывают между собой отдельные электрические станции и районные подстанции. Последнем случае такие сети часто называют районными. Эти сети содержат ЛЭП и п/ст II ОкВ и выше.

Распределительные сети предназначены для питания потребительских трансформаторных подстанций и отдельных электроприемников или их групп.

По конфигурации и схеме присоединения потребителей различают разомкнутые и замкнутые сети.

К первым из них относят сети, получающие питание с одной стороны такие сети могут быть радиальными (рис.а) и магистральными (рис.б).

Магистральными схемы требуют меньшей затраты цветного металла и коммутац. аппаратуры и поэтому дешевле радиальных. Однако они менее надежны, потому что авария на головном участке выводит из работы все электроприемники, получающие питание от данного магистрала, в то время как при повреждении радиальной линии лишается питания лишь один потребитель. На практике применяют как радиальные, так магистратуры сети.

Характерной особенностью замкнутых сетей являются то, что питание любого потребителя может быть осуществлено с двух сторон, линии (рис.в). так как одна сеть связывает два или несколько источников питания.

По конструктивному исполнению различают линии выполненные проводами (воздушные линии) и кабельные линии.

## **2. Категории потребителей**

По требованиям к надежности электроснабжения и по Правилу устройство электроустановок делят электроприёмники на три категории :

I - категория - агрегаты и электроустановки: перерыв питания которых может оказаться опасным для жизни людей и влечет за собой массовый недоотпуск или брак продукции, расстройство технологического процесса и значит ущерб для на родного хозяйства. Такие приёмники должны получать питания от двух независимых источников и допускают перерыв электроснабжения лишь на время автоматического включения резервного питания. В качестве независимых источников питания могут рассматриваться разные секции шин районных подстанции.

На подстанциях питающих потребители I - категории устанавливают не менее двух трансформаторов и питать эти подстанции по двум или более вводам.

II - категория - потребители, перерыв питания которых вызывает простой рабочих и механизмов массовый недоотпуск продукции и наносит материальный ущерб данной отрасли народного хозяйства или предприятию. Для этой группы потребителей допускается перерыв электроснабжения не время необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной бригады.

III категория - менее ответственные электроприёмники, не подходящие под I и II категорию. Перерыв питания для группы установок не должен превышать одни стуки.

Степень целесообразности резервирования потребителей II и III категория устанавливают техника - экономические расчеты основанным на сравнении затрат на резервирование.

## **3. Номинальное напряжение электрических сетей**

Электрические оборудование работает в нормальном и экономичном режиме при условии подачи на них номинального напряжения, т.е. напряжения на которое оно рассчитано и которое нанесено на заводской табличке или цоколе ламп и т.п.

В начале линии напряжение выше, чем в ее конце. Генераторы и вторичные обмотки трансформаторов находятся в начале питаемой ими сети, поэтому их напряжения при полной нагрузке должны превышать на 5% ном. напряжения электроприёмников.

Первичные обмотки трансформаторов играют роль потребителей электроэнергии, их ном. напряжение поэтому принимают равным ном. напряжению электроприёмников.

Согласно ГОСТ - 721 - 74 установлены сл. и ном.

Приёмники электроэнергии : (220), 380 660 (3), 6, 10, 20, 35, 110, (150) 220, 330, 500, 750 кВ;

Генераторы: (230), 400, 690, (3,15) 6,3,10,5,21 кВ;

Вторичного обмотки трансформаторов: (230) 400, 690, (3,15), 6,3, 10,5, 21, 38,5 121 (165) 242 347 525, 787 кВ.

Напряжения, указ. в скобках для вновь проектируемых установок не рекомендуются.

## ТЕМА № 2

### Элементы теории передачи электроэнергии по ЛЭП на дальние расстояния

**Цель.** Изучение передачи электроэнергии и элементов ЛЭП

**План :**

1. Провода воздушных линии
2. Опоры воздушных линий
3. Изоляторы и линейная арматура
4. Конструкции кабелей и устройство кабельных линий

**Опорные слова и предложения:**

Кабель, провод, неизолированный провод, марка проводов, медный и алюминиевый провод, электропроводимость, сечения проводов, промежуточные опоры, анкерные опоры, концевые опоры, угловые опоры, транспозиционные опоры, переходные опоры, железобетонные опоры, деревянные опоры.

#### 2. I. Провода воздушных линии

Основными материалами применяемыми в проводах различных конструкций, являются медь, алюминий и сталь. Неизолированные (голые) провода могут быть однопроволочными, состоящими из одной проволоки сплошного сечения, многопроволочными, свитыми из проволок одного металла и многопроволочными, свитыми из проволок двух металлов; из стали (внутрь часть провода) и алюминия (наруж. часть провода).

Медные провода имеют условия обозначает (марки) М, алюминиевые А, сталеалюм. АС, стальные провода ПСО (однопроволочные) и ПС или ПМС (многопроволочные) После букв. обозн. ставится значение площади сеч. токовед. части в мм<sup>2</sup>, например АС-70. Медные провода имеют электр. проводимость;  $\gamma = 53 \text{ м/Ом мм}^2$  при  $+20^0 \text{ С}$  и мех. прочность  $\sigma = 39 \text{ кг с/мм}^2$ . Медь хорошо противостоит атмосферным влияниям, после покрытия окисью дальнейшему разруш. не поддается, по мех. прочности уступает только стали. Однако значит. стоимость и дефицитность меди заставляют заменять медь алюминием и сталеалюминием.

Алюминиевые провода изготавливаются не менее 16 мм<sup>2</sup>. Применяют в сетях до 35 кВ при пролетах между опорами не более 150 м.  $\gamma = 32 \text{ м/ Ом мм}^2$ ,  $\sigma = 15 - 16 \text{ кг с / мм}^2$

Стальные провода обладают малой электропроводимостью  $\gamma = 7.5 \text{ м / Ом мм}^2$ , но большой механической прочностью  $\sigma = 55 - 65 \text{ кгс / мм}^2$ .

Применяют в сетях с малыми электрическими нагрузками и напряжением до 10 кВ.

Недостаток - подверженность коррозии во избежание которой их оцинковывают.

Сталеалюминиевые провода, состоящие из стальной сердцевины и алюминиевой оболочки имеют значительную механическую прочность и хорошую проводимость, Их применяют на линиях с большими пролетами при

35 кВ и выше. Выпускаются сечения : 35, 50, 95, 120, 150, 240, 400, 500 мм<sup>2</sup> и более марок АС, АСУ, АСО и другие.

АКП - провод А, но межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности заполнено нейтральной смазкой повышенной термостойкости.

АСКС - провод АС, но межпроволочное пространство стального сердечника, включая его наружную поверхность заполнено нейтральной смазкой повышающей термостойкости.

## **2.2. Опоры воздушных линий**

По назначению опоры воздушных линий делятся на : промежуточные опоры, которые, служат для поддержания проводов на прямых участках линии. В зависимости от трассы число их в среднем составляет 80 - 90 % от общего числа опор ВЛ. Между проводами и промежуточной опорой нет жесткой связи, а гирлянды изоляторов свисают вертикально, т.к. натяжения провода с обеих сторон опоры в нормальных условиях одинаково.

Анкерные опоры, которые устанавливают на прямых участках трассы ВЛ в опорных точках. Эти опоры требуют жестких и прочных конструкций для крепления проводов т.к. воспринимают усилия от разности тяжений проводов в анкерном пролете, равном 5-10 км.

Концевые опоры, которые по конструкции обычно не отличаются от анкерных. Их устанавливают в начале линии или в концах, при подходах ее к п/станциям. Они подвержены действию одностороннего тяжения проводов и тросов со стороны линии.

Угловые опоры, которые устанавливают в точках, где изменяется направление линии. Эти опоры испытывают постоянное нагружение от натяжения проводов, направленную по биссектрисе угла поворота.

Транспозиционные опоры, которые, устанавливают в точках линии, где провода фаз меняют местами для обеспечения симметрии индуктивная сопротивлений в трехфазной системе.

Переходные опоры, которые применяют при пересечениях воздушными линиями железных дорог, больших рек, озер, ущелий и др. естественных препятствий. Длина пролета при таких опорах достигает 1-5 км, а высота опор - до 70-80 м.

По роду материала различают; железобетонные опоры, которые позволяют экономить металл.

Опоры из центрифугированного ж-бетона имеют конусообразную форму с длиной стойки 20-25м. Такие опоры используют на линиях 35-110кВ устанавливают их краном в котлован цилиндрической формы, вырытый бур.машиной.

Деревянные опоры имеют небольшую стоимость и просты в изготовлении. Их применяют на ВЛ напряжением до 220 кВ включительно. Срок службы сосновых опор 5-7 лет, а из лиственницы 15-25 лет. Для повышения срока службы опор из сосны повышается до 15-25 лет. Применение ж/б пасынков также увеличивает срок их службы.

Металлические опоры изготовляют из стали марок ст 3 ст. 5 и низколегированной стали. Они прочны и надежны, но требуют больших затрат

металла. Для защиты от коррозии их покрывают масляной краской. Применяются на линиях 110 кВ и выше и устанавливаются на бетонных фундаментах.

### **2.3. Изоляторы и линейная арматура.**

Провода ВЛ до 1000 В крепят к стойке опоры на фарфоровых изоляторах Т ф или стеклянных ТСМ. Провода линии 6-10 кВ на изоляторах ШС. На ВЛ 20 и 35 кВ применяют как штыревые изоляторы ШЖБ, так и подвесные изготовленные из фарфора и стекла. На ВЛ 110 кВ и выше используют только подвесные изоляторы: в нормальных условиях загрязнения - изоляторы Пф (фарфоровые) и ПС (стеклянные), в районах с повышенной загрязненностью - ПГФ-5 для подвесных, а ПГФ-6 для натяжных гирлянд.

Изоляторы крепят к траверсе опоры с помощью специальной арматуры. На линиях 6-10 кВ штыревые изоляторы обычно крепят к опоре на стальных крюках.

На промежуточной опоре линий 35 кВ и выше провода крепят с помощью гирлянд подвесных изоляторов. Находят применение и стержневые изоляторы СН, имеющие меньшую массу и стоимость.

### **2. 4. Конструкции кабелей и устройство кабельных линий**

Кабельные линии значительно дороже воздушных и эксплуатации их сложнее, однако в отдельных случаях применения табеле является единственные возможным способом передачи электроэнергии потребителям, расположенным на территории густой застройки ( города, поселки, промышленных предприятий). Пересечение ж-д путей и водоемов также удобно осущ. с помощью кабельных линий.

По числу токовед. жил различают одно-двух-, трех-. четырех жильные кабели.

Одножильные кабели применяют гл.обр. в линиях переменного тока 110-500 кВ.

Двухжильные кабели применяют только в линиях постоянного тока.

Трехжильные кабели используют в кабельных линиях трехфазный тока всех напряжений до 35 кВ.

Четырехжильные кабели применяют в четырех проводных сетях 380/220 В трехфазного тока.

Выпуск их сокращен ввиду использования металлических оболочек кабелей и металлические каркасов зданий в качестве нулевых проводов.

Кабели до 10 кВ выпускают преимущественно с алюминиевыми жилами , реже с медными.

Трехжильный кабель до 10 кВ состоит сегментообразных токовед. жил, свитых из отдельных проволок. Жилы кабеля имеют фазовую изоляцию, поверх которой наложена общая поясная изоляция из пропитанной маслом бумаги. Свободное пространство между жилами заполняют джутовыми наполнителями во избежание образования газовых включений.

Свинцовая или алюминиевая оболочка герметизирует кабель и предохраняет его от высыхания влаги внутри кабеля. Для защиты от действия

кислот и щелочей, содержащихся в грунте, оболочку покрывают еще одним слоем кабельной бумаги и джутовой рубашкой. Кабель защищен от возможных мех. повреждений броней из стальной ленты которую покрывают джутовой пропитанной оплеткой для предохранения от химической коррозии. При прокладке кабеля по стенам, каналах и тоннелях наружный джутовый покров во избежание возможного пожара снимают.

Кабели на 20-35 кВ изготавливают с защитными оболочками для каждой жилы в отдельности.

Такая конструкция кабеля создает радиальное эл. поле в равномерном распаром напряженности по поверхности жил и в слоях изоляции, что повышает эл. прочность кабеля и препятствует переходу одноф. замыканий на землю в многофазные к. з.

Кабели на 110-220 кВ изг -ют газо - или маслonaполненными (  $P_{cp} = 2-4$  кг с/см<sup>2</sup> ) одножильными для прокладки в земле или на воздухе.

Обозначения марок кабелей соответствует их конструкции. Кабели с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами имеют марки ААГ , ААБ и АСГ. Первая буква обозначает материал жил (А-алюминий), вторая материал оболочки ( А-алюминий, С-свинец) буква Г -отсутствие защитных покровов. Кабели, бронированные стальными лентами, имеют в марке букву Б. В марках кабелей с медными жилами буквы, обозначающие название материала, не ставят. Кабели до 1000 В имеют поливинилхлоридную оболочку ( первая буква марок таких кабелей -В ).

## ТЕМА № 3

### Расчёт режимов разомкнутых электрических сетей

**Цель.** Изучение общие характеристики разомкнутых электрических сетей

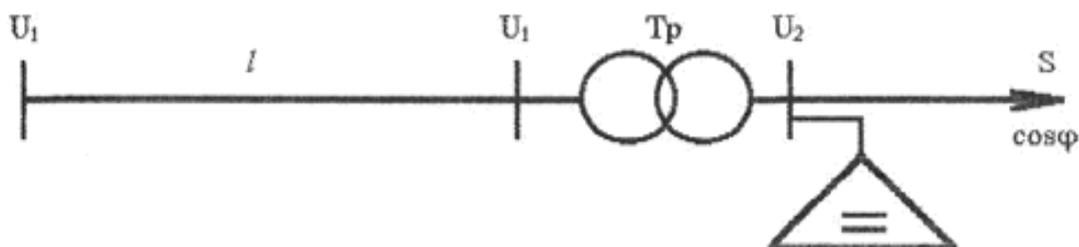
**План :**

1. Общее сведения.
2. Категория потребителей.
3. Номинальное напряжение электрических сетей

**Опорные слова и предложения:**

Активную, реактивную, мощность, потребителя, трансформатор, подстанций, категории, конденсатор, полную мощность, рабочий ток, радиальный сеть, система.

#### 3. I. Параметры линии передач



1. Определяем активную и реактивную мощность потребителя.

$$P = S \cos\varphi = 1000 * 0,8 = 800 [\text{кВт}]$$

$$Q = S \sin\varphi = 1000 * 0,6 = 600 [\text{кВАР}].$$

Здесь  $\sin\varphi = 0,6$   
 $\cos\varphi = 0,8$

Тогда полная мощность будет:

$$S = P + jQ = 800 + j600 \sqrt{800^2 + 600^2} = 1000 [\text{кВА}]$$

На основе расчета полной мощности выбираем трансформатор. Если будут две трансформаторные подстанции:

$$S_{тр} = (0,7 + 0,8)S = 0,75 * 1000 = 750 [\text{кВА}]$$

Если одна трансформаторная:

$$S_{тр} = S / (0,7 + 0,8) = 1000 / 0,75 = 1333 [\text{кВА}];$$

В общем случае, выбирая трансформатор нужно обратить внимание на категории потребителей. Или нагрузки коэффициента трансформаторов должны соответствовать к следующим категориям.

I категория  $K = 0,6 + 0,75$

II категория  $K = 0,7 + 0,85$

III категория  $K = 0,8 + 0,95$

При выборе трансформатора учитывается компенсация реактивной мощности. Его значение вычисляется следующим образом:

$$Q_k = P(\text{tg}\varphi_{\text{ест}} - \text{tg}\varphi) = 800(0,75 - 0,328) = 337,6 \approx 338 [\text{кВАР}]$$

Здесь:  $\text{tg}\varphi_{\text{ест}} = 0,75$        $\cos\varphi_{\text{ест}} = 0,8$  соответствует  
 $\cos\varphi_n = 0,95$        $\text{tg}\varphi_n = 0,328$

На основе вычисленной компенсации реактивной мощности ( $Q_k$ ), пользуясь литературой или таблицей-8, выбираем установку конденсатора, которая соответствует таким напряжениям:  $U_n=6$ [кВ] или  $U_n=10$ [кВ];

Или  $Q_k^i=330=330$  [кВАР]

Учитывая установку конденсатора, вычисляем полную мощность потребителя.

$$S_x=P+j(Q-Q_k^i)=800+j(600-330)=800+j270=\sqrt{800^2+270^2}=845 \text{ [кВА]}$$

Учитывая установку конденсатора, коэффициент мощности потребителя будет иметь следующий вид:

$$\cos\varphi=P/S_x=800/845=0,95$$

Или, коэффициент мощности должен быть равен нормативу или должен быть больше.

$$\cos\varphi \geq \cos\varphi_n=0,95$$

Таким образом на основе полной мощности выполняя выше стоящие условия выбираем трансформатор. Выбираем понизительную двух трансформаторную подстанцию типа 2ХТМ-630/10 или одну трансформаторную подстанцию типа ТМ-1000/10.

Тогда коэффициент нагрузки трансформатора будет иметь следующий вид:

$$K_n=S_x/nS_{HT}=840/2*630=0,67$$

$$K_n=S_x/S_{HT}=840/1000=0,84$$

Из таблицы -5 берем данные выбранного трансформатора.

$$S_{HT}=1000 \text{ [кВА]}; U_{нагр}=35 \text{ [кВ]}; U_{ок}=10,5 \text{ [кВ]}; \Delta P_{кт}=18 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta P_{xx}=3,6 \text{ [кВт]}; U_k\%=6,5\%; I_x\%=1,4\%; R_T=8,6 \text{ [Ом]};$$

$$X_T=49,8 \text{ [Ом]}; \Delta Q_x=22,4 \text{ [кВар]};$$

Стоимость трансформатора договорная свободная цена.

Вычисляем активные и реактивные потери трансформатора:

$$\Delta P_{тр}=1/n\Delta P_{кт}(S_x/S_{HT})^2+n\Delta P_{xx}=(1/2)*18*(840/630)^2+2*3,6=23,2 \text{ [кВт]}$$

$$\Delta Q_T=U_k\%S_x^2/100nS_{HT}+nI_{xx}\%S_{HT}/100=6,5*840^2/200*630+2*1,4*630/100=54,04 \text{ [кВАР]}$$

Здесь  $n=2$ - число трансформатора.

В результате в вводной части трансформатора активная и реактивная мощность будет иметь следующий вид:  $P_{ввод}^{TP}=P+\Delta P_{тр}=800+23,2=823,2$  [кВт];

$$Q_{ввод}=Q+\Delta Q_{тр}=600+54,04=654,04 \text{ [кВар]};$$

В этом случае полная мощность:

$$S_{ввод}^{TP}=P_{ввод}^{TP}+jQ_{ввод}^{TP}=823,2+j654,04 \text{ [кВА]};$$

Потеря энергии в трансформаторе:

$$\Delta A_{тр}=(1/n)\Delta P_{кт}(S_x/S_{HT})^2\tau+n\Delta P_{xx}T_n=(1,2)*18*(840/630)^2*200+2*3,6*8760=88592 \text{ [кВт. с/год]}$$

Здесь,  $\tau$ -максимальная потеря времени, берется из таблицы-10 и из графика  $\tau=f(T)$

Теперь, чтобы выбрать провод линии электра передач выполняется следующие расчеты. Чтобы найти поперечное сечение провода воздушной

линии и чтобы она соответствовала номинальному напряжению нужно найти максимальный рабочий ток.

$$I_{\max} = S_{\text{ввод}}^{\text{TP}} / \sqrt{3} U_{\text{н1}} = (823,2 + j654,04) / 35 \sqrt{3} = \sqrt{823,2^2 + 654,04^2} / 35 \sqrt{3} = 1051 / 35 \sqrt{3} = 17,3 \text{ [A]}$$

Если рабочий ток имеет двойную цепь, то будет в два раза меньше. Конечно же, площадь поперечного сечения провода и сам провод основывается на выборе максимального рабочего тока  $I_{\max}$  и выбранный провод сравнивается с разрешенным током и напряжением. Здесь выбранная проволока проверяется на следующих условиях:

$$I_{\text{раз}} \geq I_{\max} U$$

Площадь выбранного поперечного сечения и его паспортные данные пишут в таблицу-11.

Вычисляем активные и реактивные сопротивления линии:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell \text{ [OM]};$$

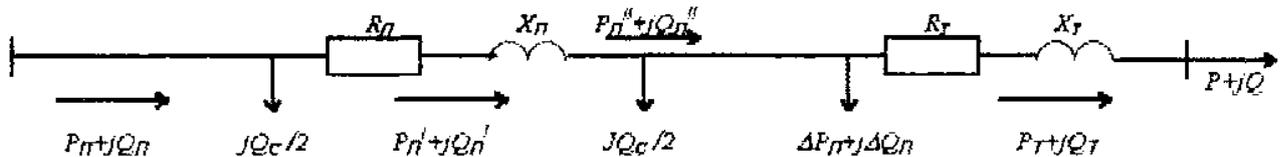
Зарядная реактивная мощность вычисляется таким образом:

$$Q_c = U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]};$$

Если линии электропередач будет двух проводной, то расчет выполняется в следующем виде:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad Q_c = 2 U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]}.$$

Здесь:  $r_0$ ,  $x_0$ ,  $b_0$  - берутся из таблицы в соответствии с видом проволоки.



Зная параметры линии электра передач, можно на основе схемы замещения вычислить мощность и потери, которые течет по радиальным сетям и системам.

Из рисунка.2 видно, что активные и реактивные мощности в конце линии равны:

$$P_{\text{л}}^{11} = P_{\text{л}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^{11} = Q_{\text{л}} - Q_c/2 \text{ [кВар]};$$

Определяем активную и реактивную мощность потери линии:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) R_{\text{л}} / U_{\text{н1}}^2 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) X_{\text{л}} / U_{\text{н1}}^2 \text{ [кВар]};$$

Учитывая потери линии, мощность на концах линии будет:

$$P_{\text{л}}^1 = P_{\text{л}}^{11} + \Delta P_{\text{л}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^1 = Q_{\text{л}}^{11} + \Delta Q_{\text{л}} \text{ [кВар]};$$

В результате, определяем начальную мощность линии:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{л}}^1 \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}} = Q_{\text{л}}^1 - Q_c/2 \text{ [кВар]};$$

Потеря электроэнергии на линии будет таковым:  $\Delta A_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau \text{ [кВт.с/год]}$ .

Для выбранной линии электропередач потеря напряжения проволоки определяется с помощью формулы:

$$\Delta U_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^1 R_{\text{л}} + Q_{\text{л}}^1 X_{\text{л}}) / U_{\text{л}} \text{ [кВ]};$$

Потеря напряжения в воздушных линиях  $\Delta U_{\text{л}}$  должно быть до 5%.

$$\Delta U \% = \Delta U_{\text{л}} 100\% / U_{\text{л}}^{11} \leq 5\%.$$

Здесь:  $U_{л}^{11}$ -напряжения линии в конечной области, это соответствует с напряжением  $U_1$ , которая соединяется с верхней обмоткой трансформатора . В таком случае начальное напряжение линии:

$$U_{л1}=U_{л}+\Delta U_{л} \quad [\text{кВ}];$$

Определяем КПД линии и мощности:

$$\eta=P_{л}^{11}/P_{л} \quad \cos\varphi_{л}=P_{л}/S_{л};$$

здесь:  $S_{л}=P_{л}+jQ_{л}$  [кВА]-комплексный вид или  $S=\sqrt{P_{л}^2+Q_{л}^2}$  [кВа] ;

Теперь вычисляем экономические показатели электрической сети и системы:

$$\sum K=\sum K_{п/ст}+\sum K_{л} \quad [\text{тыс. Сум}]$$

Здесь:  $\sum K_{п/ст}$ ,  $\sum K_{л}$  –цена трансформатора и линии.(берется из таблицы 9,11).

Учитывая выделенное средство для амортизации и линии, определяем расход, который уходит электрической сеть.

$$\sum G=G_{п/ст}+G_{л}+G_{\Delta A} \quad [\text{тыс. Сум}].$$

Здесь:  $G_{п/ст}=\sum K_{п/ст}P_{э.тр}$  [тыс. Сум] ;

$$G_{л}=\sum K_{л}P_{а.л} \quad [\text{тыс. Сум}] ;$$

$$G_{\Delta A}=\beta\Delta A \quad [\text{тыс. Сум}] ;$$

$P_{а.тр}$ ;  $P_{а.л}$ - Каждый год выделяющийся для трансформатора и линии амортизационный коэффициент.(таблица-12).

$\beta$ -цена электрической энергии за 1 кВт/час. (свободная цена).

Приносящий расход электрической сети и системы определяется следующим образом:

$$Z=E_{н}\sum K+\sum G \quad [\text{тыс.Сум}] ;$$

$E_{н}=0,12\div 0,15$ - нормативный коэффициент. Если контрольная работа вычисляется в двух или трех вариантах, тот самый оптимальный  $Z_{\min}$ .

## ТЕМА № 4

### Расчёт режимов замкнутых электрических сетей .

**Цель.** Изучение систем замкнутых электрической сети и общие характеристики электроприёмников.

#### План :

1. Общие сведения.
2. Равновесие реактивной мощности
3. Выбор схемы электрических сетей.
4. Определение точки распределения мощности в сети.
5. Выбор номинального напряжения в электрических сетях.
6. Выбор силового трансформатора.

В современных энергосистемах схемы питающих сетей могут состоять из сотни узлов и десятки замкнутых контуров. Расчеты сложно-замкнутых сетей производятся методом контурных уравнений, составляемых на основе правил Кирхгофа, должно быть равно кол-ву независимых замкнутых контуров. Преимущество метода преобразования заключается в том, что не нужно совместно решать контурные уравнения т.е. в сравнительной простоте.

Метод преобразования основан на приемах постоянного преобразования сети, так чтобы все последующие схемы были эквивалентными первым. Экв. сетями наз. такие сети, которые получают одинаковую мощность или ток от питательных пунктов и имеют одинаковые напряжения в узлах.

Простейшей замкнутой сетью является сеть с двухсторонним питанием потребителей), частный случай ее кольцевая сеть.

Сложнозамкнутая сеть состоит из ряда замкнутых контуров и получает электроэнергию от нескольких источников. Показанная рис. "в" сложнозамкнутых. сеть имеет три узловых точках сети сходятся токи, текущие по трем направлениям.

Преимущества замкнутых сетей перед разомкнутыми: повышенная надежность, уменьшение потерь напряжения и потерь энергии, большая гибкость работы сети в разных режимах.

Расчет замк. сетей сложнее, также сложнее их защита. Наиб. широко распространены сети с двухст. питанием и кольцевые. Слошнозамкнутые сети встречаются гл, образом в энергосистемах и городских сетям.

2. Распределение токов(модностей) и потеря напряжения в линиях с  $2^x$  ст. питанием

а) линия пост. тока. Нахождение распределения токов в сети следует начать с определения их токов, вытекающих из пунктов питания, т.е. и Напряжения пунктов питания и в общем случае могут быть различными.

Один из основных показателей проектирования электрических сетей и систем, изучение рекомендации по обеспечению района электроэнергией.

Для этого:

Графическое место запланированного места:

Климатические условия:

Рекомендация и порядок потребителей электроэнергии.

Сведения об электроэнергии.

Очень важно вычисления равновесия мощности правильно подобрать схему и систему проектирования электрических сетей.

Находим активное равновесие мощности

$$\sum P_r = \sum P_{\text{нагр}} + \Delta P_{\text{сис}} + P_{\text{рез}} \quad [\text{МВт}]$$

Здесь  $\sum P_r$ - сумма установленной генерационной мощности;

$\sum P_{\text{нагр}}$ - сумма нагрузок мощности;

$\Delta P_{\text{сеть}}$ - потеря активного напряжения в сети;

$P_{\text{рез}}$ - активная мощность в резерве.

Сумма нагрузок активной мощности находится следующим образом:

$$\sum P_{\text{нагр}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$ - активная мощность, данное потребителем.

Потеря активной мощности в сети:  $\Delta P_{\text{сеть}} = (6+10)\% \sum P_{\text{нагр}} [\text{МВт}]$

А активная мощность в резерве:  $P_{\text{рез}} = 10\% \sum P_{\text{нагр}} [\text{МВт}]$

Активная мощность в резерве вызывает доверие у потребителей в обеспечении энергией.

### **Равновесие реактивной мощности**

Особое внимание уделяется качеству обеспечения электроэнергией потребителей с дополнительным источником при выборе равновесия реактивной мощности со схемой электрических сетей района.

Очень важно улучшение техника – экономического показателя районной электросети т.е для равенства реактивной мощности надо рассчитать с конденсаторными батареями.

Для этого нужно вычислить следующее равенство:

$$\sum Q_r + \sum Q_k = \sum Q_{\text{нагр}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь  $\sum Q_r$ - сумма установленной генерационной реактивной мощности;

$\sum Q_k$ - сумма мощностей конденсаторной батареи;

$\sum Q_{\text{нагр}}$  - сумма нагрузочной реактивной мощности;

$\Delta Q_{\text{тр}}$ - потеря реактивной мощности в трансформаторе;

$Q_{\text{рез}}$ - реактивная мощность в резерве.

Сумма генерационной реактивной мощности определяется через соответствующий коэффициент мощности районной электросети:

$$\sum Q_r = \sum P_{\text{нагр}} \text{tg} \varphi. \quad [\text{Мвар}]$$

Сумму  $\text{tg} \varphi$  определяем через  $\cos \varphi$ .

А реактивная мощность нагрузки определяется таким образом:

$$\sum Q_{\text{нагр}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad [\text{Мвар}]$$

Определение потери реактивной мощности в трансформаторе является главным показателем и определяется таким образом:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 10\% \sum S_{\text{нагр}} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь:  $\sum S_{\text{нагр}}$  - полная мощность нагрузки

$$\sum S_{\text{нагр}} = \sum P_{\text{нагр}} + j \sum Q_{\text{нагр}} = \sqrt{\sum P_{\text{нагр}}^2 + \sum Q_{\text{нагр}}^2} \quad [\text{МВА}]$$

Реактивная мощность в резерве определяется следующим образом:

$$Q_{\text{рез}} = 10\% \sum Q_{\text{нагр}} \quad [\text{Мвар}]$$

Чтобы определить реактивную мощность компенсации нужно вычислить мощность конденсаторной батареи:

$$\sum Q_{\text{к}} = \sum Q_{\text{нагр}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - \sum Q_{\text{г}} \quad [\text{Мвар}]$$

$$\text{Или } \sum Q_{\text{к}} = \sum P_{\text{нагр}} (\text{tg} \varphi_{\text{ест}} - \text{tg} \varphi_{\text{н}})$$

$$\text{Здесь: } \text{tg} \varphi_{\text{ест}} = \sum P_{\text{нагр}} / \sum S_{\text{нагр}}$$

$$\text{Или, } \cos \varphi_{\text{ест}} = (\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3 \cos \varphi_4 \cos \varphi_5) / 5$$

Определяя коэффициент мощности, можно найти  $\text{tg} \varphi_{\text{н}}$

$$\text{tg} \varphi_{\text{н}} = 0,328 \cos \varphi_{\text{н}} = 0,95 \quad \text{принимается таким образом. В}$$

результате, смотря на найденную мощность конденсаторной батареи  $\sum Q$ , из таблицы 8 выбирают конденсаторную батарею и определяют полную мощность потребителя.

$$S_{\text{нагр}} = \sum P_{\text{нагр}} + j (\sum Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{к}}^1) \quad [\text{МВА}] ;$$

$Q_{\text{к}}^1$  - мощность конденсаторной батареи, взято из таблицы.

Таким образом, покрытие реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи устанавливается ближе к месту потребителя. В нем, повышая реактивную мощность, уменьшает потери активной мощности, и технико-экономические показатели улучшает качество снабжения электрической энергией.

## **V. Выбор схемы электрических сетей.**

При выборе схемы электрических сетей чертятся 10-12 вариантов, расстояние между подстанциями, смотря на надёжность варианта, выбираются 2 варианта. Эти 2 варианта сопоставляются с технически – экономическими показателями. Районные электрические сети в основном делятся на 3 схемы:

Радиальный (из открытых сетей).

Кольцеобразный (схема закрытой цепи).

Разбросанный. (смешанный).

Берутся во внимание схемы вышеуказанных соединений, смотря на группы пользователей, расстояния линий передач, пользование резервной энергией, а также экономичность в цене цветного металла.

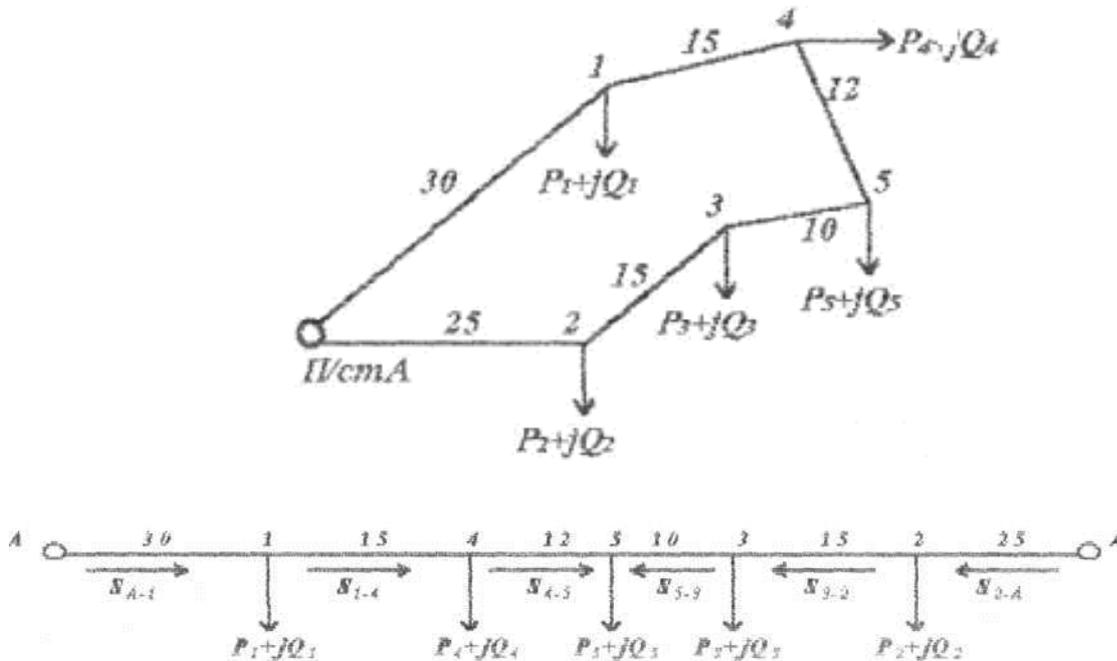
Выбранной схеме ставятся требования, такие как: надёжные, качественные и экономичные, важное место имеет коммуникационные аппараты, количество трансформаторов и мощность в каждой подстанции.

Из 10-12 конфигураций нужно выбрать 2 оптимальных варианта, а от проектировщика требуется большие способности, мышление, знание .

Выбирать схемы желательно вместе с руководителем курсового проекта.

### Определение точки распределения мощности в сети.

Для определения точки распределения мощности в сети делаем анализ простой кольцеобразной сети. Кольцеобразная сеть рассматривается потребитель с двух сторон. Для этого просмотрим выбранную схему. Здесь считается масштаб расстояния от одного потребителя к другому. Эту кольцевую сеть переводят в открытую систему, вычисляются по направлению мощности.



$$S_{A-1} = \{(P_1+JQ_1)30+(P_4+JQ_4)45+(P_5+JQ_5)57+(P_3+JQ_3)67+(P_2+JQ_2)82\}/(\sum \ell = 107) = \{(R_1 30+JQ_1 30+P_4 45+JQ_4 45+P_5 57+JQ_5 57+P_3 67+JQ_3 67+P_2 82+JQ_2 82)\}/107 = \{\sum P+JQ\}/107 = P_{A-1}+JQ_{A-1} \text{ [MBA]}$$

$$S_{1-4} = S_{A-1} - S_1 = P_{A-1} + JQ_{A-1} - (P_1 + JQ_1) \text{ [MBA]}$$

$$S_{4-3} = S_{1-4} - S_4 \text{ [MBA]}$$

$$S_{5-3} = S_{4-3} - S_5 \text{ [MBA]}$$

Если  $S_{4-5} < S_1$ , то вычисления ведутся со второй стороны, т.е.

$$S_{A-2}^1 = \{(P_2+JQ_2)25+(P_3+JQ_3)40+(P_5+JQ_5)50+(P_4+JQ_4)62+(P_1+JQ_1)77\}/\{\sum \ell = 107\} = \{\sum P+JQ\}/107 = P_{A-2}^1 + JQ_{A-2}^1 \text{ [MBA]};$$

$$S_{2-3} = S_{A-2}^1 - S_2 \text{ [MBA]};$$

$$S_{3-5} = S_{2-3} - S_3 \text{ [MBA]};$$

После этого вычисления прекращаются, т.к. если  $S_{5-4} = S_{3-5} - S_5$  то будет  $S_{5-4} < S_5$ .

В итоге определена точка распределения мощности, после выполнения выше указанных вычислений текущая мощность с двух источников. На примере : на 5-точке с каждой двух сторон течение мощностей прекращается.

### VI. Выбор номинального напряжения в электрических сетях.

Выбор номинального напряжения в электрических сетях и системе играет большую роль для техничеки - экономических показателей. Через электрические сети подача мощности при различных стандартах можно принимать напряжение. В стандартные номинальные напряжения входят:

6,10,35,110,220,350,500,750 (кВ). При проектировании курсового проекта желательно пользоваться 13 таблицей.

2÷10 [МВт]	50÷20 [км]	35 [кв.]
10÷50 [МВт]	150÷50 [км]	110 [кв.]
100÷150 [МВт]	300÷200 [км]	220 [кв.]
400÷600 [МВт]	500÷1000 [км]	500 [кв.].

Эти показатели в проектировании считаются заключительными в выборе напряжения. Выбор напряжения желательно после технико-экономических вычислений. При выборе номинального напряжения одно из основных предложений соблюдение для выбора оптимального провода воздушных линий.

Для этого провода с минимальной и максимальной площади поперечного сечения подходящий для мощности обязательно надо соединить с короной.

Для 220 кв. АС-240 мм<sup>2</sup>

Для 110 кв. АС-70 мм<sup>2</sup>

Для 35 кв. АС-50 мм<sup>2</sup> будет минимальным.

Максимальные показания:

Для 35 кв. АС-95 мм<sup>2</sup>

Для 100кв АС-240 мм<sup>2</sup>

Для 220 кв. АС-400-500 мм

При выборе мощности пользуйтесь формулой:  $U = 4,34 \sqrt{0,016/P}$ , (кВ).

Здесь:  $\ell$ -является расстоянием от источника до потребителя.

P- протяженная активная мощность.

Вычисленную нагрузку и правильно подобранную напряжение пишет в таблицу.

Меж.сетевые Части из рис.	Расстояние $\ell$ (км)	Вычисленная нагрузка		Номинальное напряжение U (кВ)
		P+jQ [кВа]	S [кВа]	
A-1 1-2 И т.д.				

## **VII. Выбор силового трансформатора.**

При выборе мощного трансформатора (автотрансформатора) немалую роль играет технико-экономическая выдержка мощности, взятая из источника потребителем и надёжное обеспечение. Номинальное напряжение трансформатора измеряется в Киловольт- ампер или Мегавольт-ампер, и выбирается на основе полной мощности потребителя. На практике для подстанции выбирается трансформаторы, смотря на категории потребителя, принимается один или два, трансформатора т.е. все нагрузки в номинальном положении до 40% при аварии 0,7+ 0,75 принимаются.

В общем, виде коэффициент нагрузок на трансформаторы рекомендуются здесь:

Если 1 категория, то  $K_n=0,6 \div 0,75$  будет.  
2 категория, то  $K_n=0,7 \div 0,85$  будет.  
3- категория, то  $K_n=0,8 \div 0,95$  будет.

Часто для потребителей категории-3 выбирается трансформаторная подстанция с напряжением  $S_{нт}=6,3$ (МВА). Выбираемые трансформаторы регулируют под стандартные номинальные напряжения.

Трансформаторы и (автотрансформаторы) с напряжением 220/110/10,5/и 110/35/10,5 трёх фазный и трёх обмоточный обязаны нагружаться до последнего %

т.е. 100/100/100.  
100/100/66,7  
100/66,7/100  
100/66,7/66,7.

Выбираемые трансформаторы для двух трансформаторных подстанций должны соответствовать следующим требованиям: граница его нагрузочного коэффициента 1,4 или 40% берётся во внимание нагрузка и приблизительное его напряжение определяется так:  $S \geq S_{наг}/1,4$ .

А нагрузочный коэффициент:  $K_n=S_{наг}/S_{нт}=0,7 \div 0,85$ .

В связи с напряжением трансформатора и автотрансформатора, выбор номинальных мощностей берется из таблицы-9.

### **Опоры воздушных линий и выбор площади поперечного сечения провода.**

В воздушных электрических сетях с напряжением  $U_n=35$  кВ и выше устанавливаются однопроводной и двухпроводной деревянный столб, железный, железобетонный столб. Опоры выбираются по климату планируемого района. Железобетонные опоры устанавливаются в основном в горных массивах, а мощность их больше  $U_n=35$  кВ.

Деревянные опоры устанавливаются в районах с низким показателем влажности. Площадь поперечного сечения проводов определяется по формуле:  $I_U=S_{наг}/\sqrt{3}U_n$ .

Здесь:

$I_U$  – рабочий ток на линии;  
 $S_n$ - полное нагрузочное напряжение;  
 $U_n$ - номинальное напряжение линии.

С определением рабочего тока выбираем поперечное сечение провода или определяем с заключительной формулой:  $F=I_U/J_{эк}$

Здесь:

F- Площадь поперечного сечения провода;  
 $J_{эк}$ - Экономическая плотность тока.(А/мм<sup>2</sup>).  
 $J_{эк}=1,3 \div 1,5$  [А/мм<sup>2</sup>]

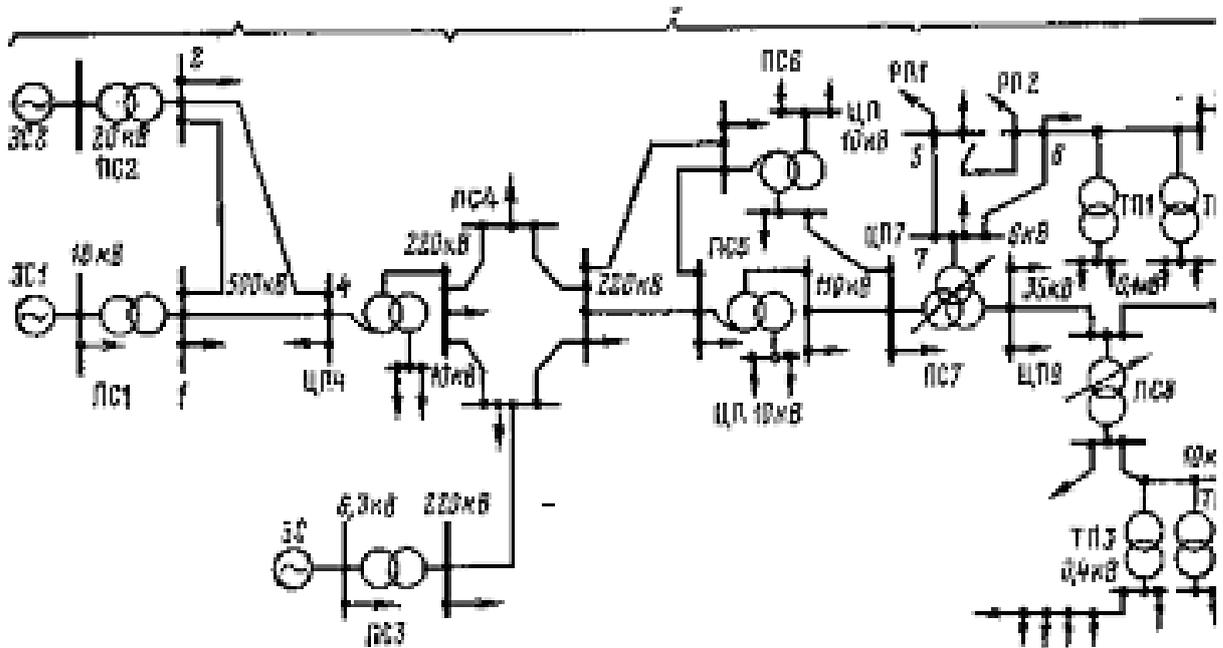
По правилам вычисленного рабочего тока  $F=I_U/J_{эк}$  и выбирается площадь поперечного сечения провода для воздушного двойного провода:

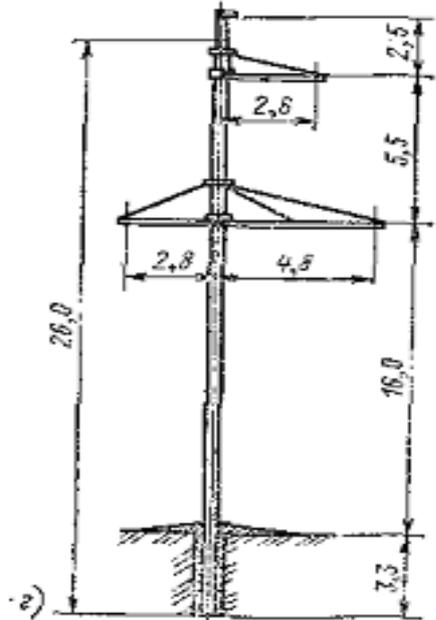
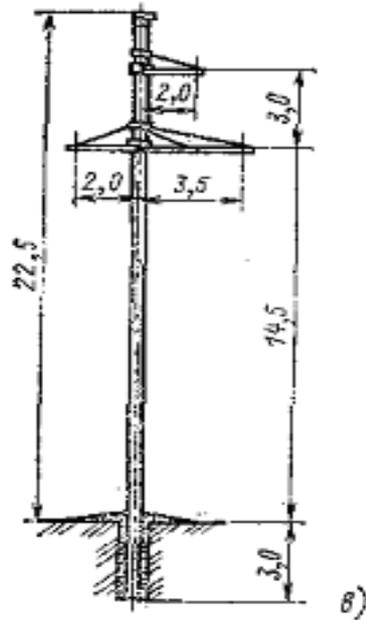
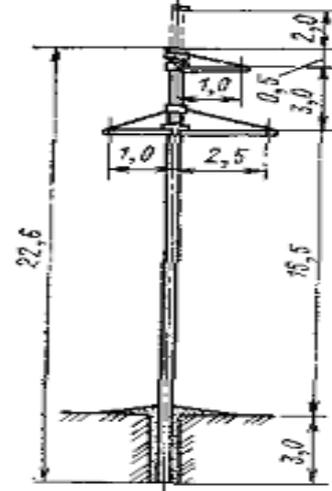
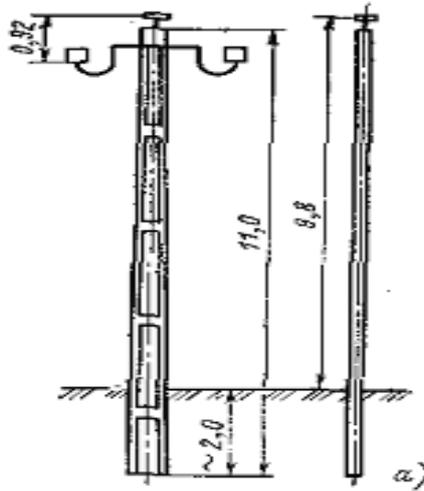
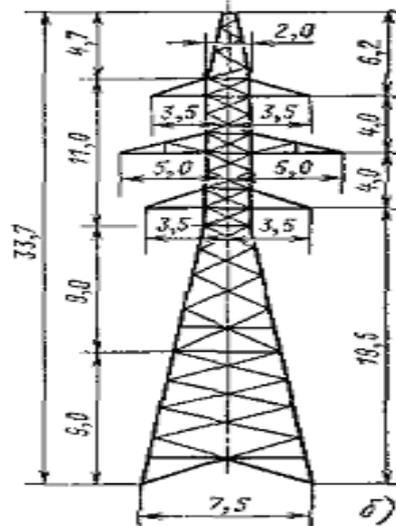
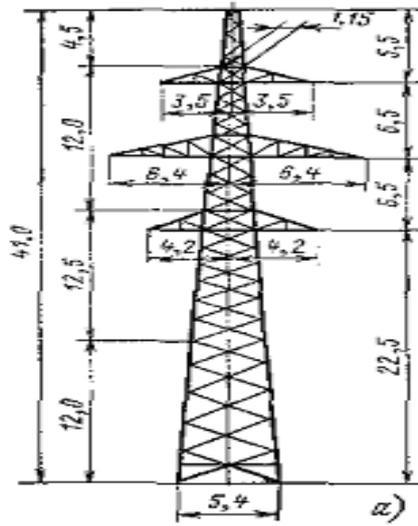
$$I_U = S_{\text{нар}} / 2 * \sqrt{3} U_H$$

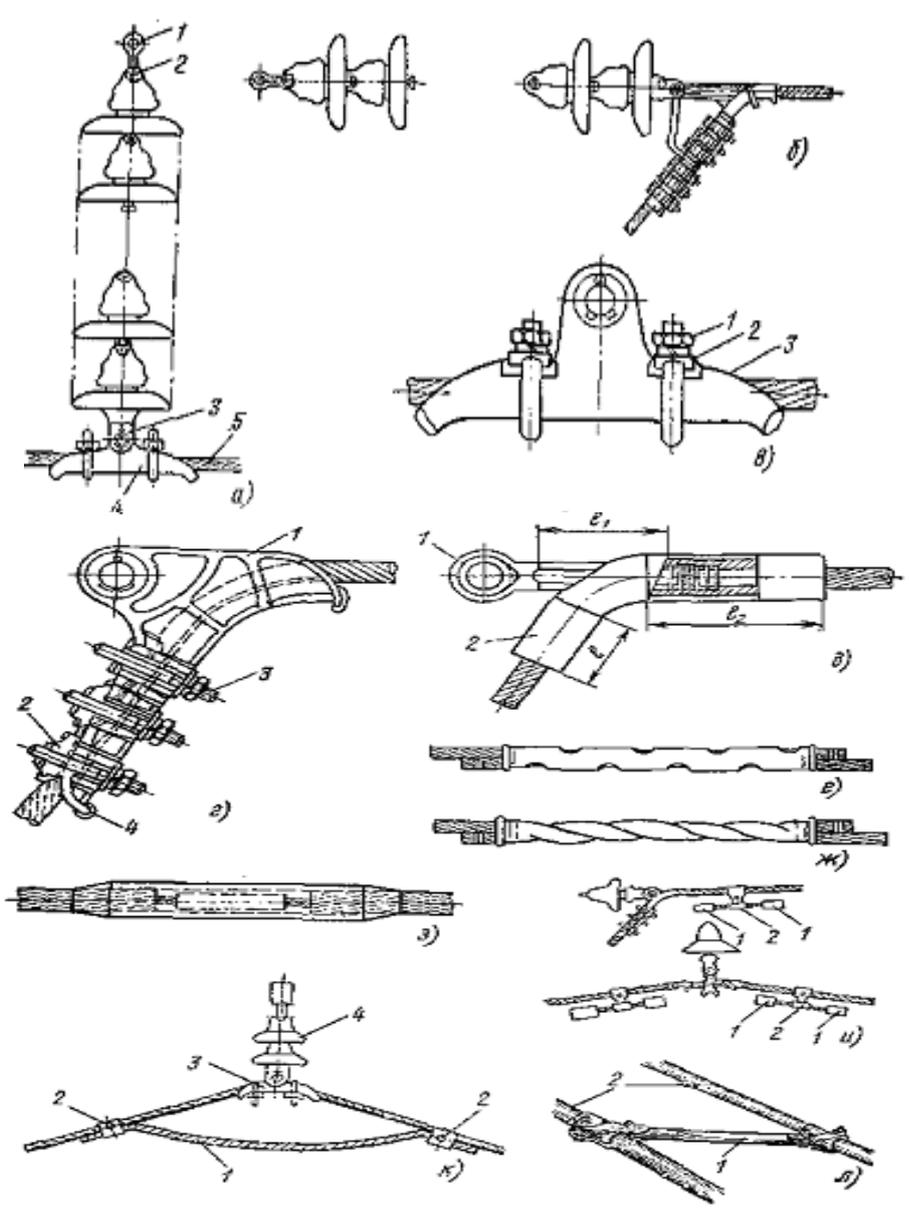
Площадь поперечного сечения провода выбранной для каждой сети проверяется при аварии и должны отвечать следующим правилам:

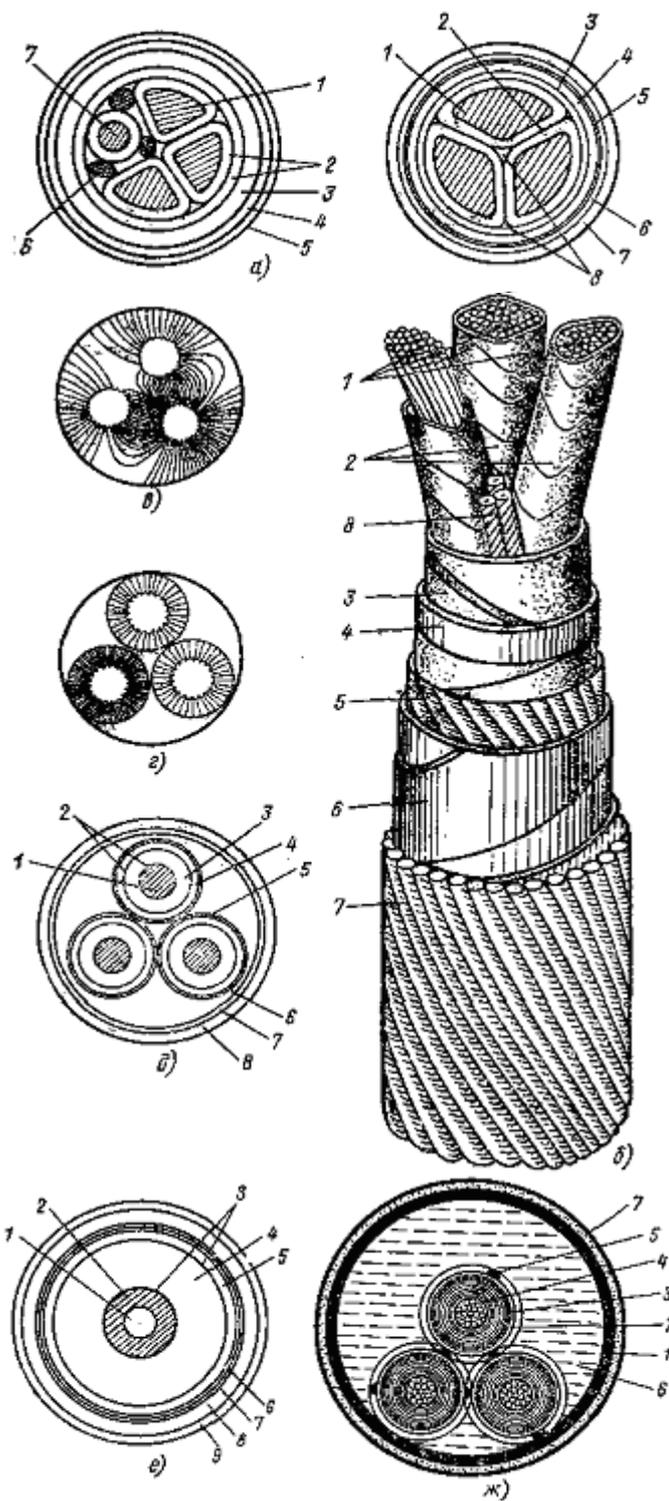
$$I_U \leq I_{\text{раз}} \quad \text{или} \quad I_{\text{ав}} \leq I_{\text{раз}}$$

$I_{\text{раз}}$  - разрешённый ток для выбранной проволоки.









### Электросхема однолинейной сети и схема замещения.

После вычисления курсового проекта нужно начертить однолинейную схему электрической сети и соответствующую схему замещения и на основе этих сделать анализ. В схеме указывается по ГОСТу подстанция трансформатора, воздушная линия, её длина, вид провода, площадь поперечного сечения. В схеме замещения указывается вычисленные значения параметров электрических сетей. Рекомендуются пользоваться 6 и 7 рис. Для черчения схемы.

## ТЕМА № 5

### Расчёт режимов электрических сетей на основе использования уравнения узловых напряжений (УУН)

**Цель.** Изучение режимов напряжения в электрических сетях

**План :**

1. Общие сведения.
2. Допустимые параметры режима
3. Режим напряжения в электрической системе и способы ее регулирования
4. Регулирование напряжения изменением возбуждения генераторов электрических станций

- Все элементы электрической сети, а также электроприемники выполняются на определенное номинальное напряжение и могут нормально работать при значениях напряжения, отличающихся от номинального лишь с некоторыми допусками. Поэтому фактические значения напряжения в местах присоединения электрооборудования представляют значительный практический интерес.

Режим напряжений в сети является одной из важнейших характеристик ее текущей работы.

Под режимом напряжений понимается совокупность всех значений напряжения в узловых пунктах сети. В питающих сетях, кроме того, практический интерес представляют повышения напряжения в средних пунктах длинных линий сверхвысоких напряжений. Во всех указанных случаях достаточно иметь представление об абсолютном значении напряжения (модуле, действующем значении).

В питающих сетях достаточно большой протяженности обычно важными являются также условия устойчивости параллельной работы электрических станций. С этой точки зрения практический интерес могут представлять также угловые сдвиги напряжений по фазе.

Все элементы сети обладают определенными сопротивлениями. Поэтому токи в них вызывают изменения напряжения. В результате комплексные значения  $V$  напряжений во всех узлах сети получаются различными. Различие их можно оценивать или по модулю, или в виде разности комплексных значений.

Если  $\dot{U}_I$  — комплексное значение напряжения в узле 1, а  $\dot{U}_{II}$  — комплексное значение напряжения в узле 2, то их разность

$$\dot{U}_I - \dot{U}_{II} = \dot{U}_\Delta \quad (1-2)$$

называется падением напряжения между пунктами 1 и 2, а разность модулей

$$U_I - U_{II} = \Delta U \quad (1-3)$$

называется потерей напряжения между теми же пунктами 1 и 2.

Таким образом, падение напряжения является комплексной величиной, а потеря напряжения — вещественной. В общем случае потеря напряжения не равна модулю падения напряжения.

Если напряжения выражены в относительных единицах

$$U_* = \frac{U}{U_n},$$

Выражение (1-3) можно распространить и на сеть, сонную из участков разных номинальных напряжений,  $U_n$ .

Достаточно показательной обычно является величина ...больших потерь напряжения в сети одного номинальное напряжения. Она равна разности между наиболее-(по модулю) и наименьшим напряжениями. Эта шипа является косвенным показателем экономична И1 работы питающей сети и характеризует условия ищееиечения допустимого режима напряжений в распре дельных сетях.

Разность между фактическим значением напряжения | любом пункте сети и номинальным значением напряжения

$$U - U_n = V$$

называется отклонением напряжения. Обычно эта величина определяется в процентах от номинального напряжения:

$$V\% = \frac{U - U_n}{U_n} \cdot 100\%.$$

Здесь имеется в виду, что режимы напряжений изменяются достаточно медленно.

### **Допустимые параметры режима**

Следует различать параметры элементов сети и параметры рабочего режима (или просто режима). Под параметрами элементов сети понимаются сопротивления, проводимости, коэффициенты трансформации. Параметрами режима называются значения токов, напряжений, полной мощности или отдельно активной и реактивной.

Практически параметры элементов сети часто принимаются постоянными, не зависящими от рабочего режима. Параметры режима находятся в непосредственной зависимости от значений нагрузок и изменяются с течением времени, они характеризуют рабочий режим.

Для каждого вида оборудования, т. е. для каждого элемента сети и электроприемников, параметры режима обычно строго ограничены регламентированными допусками. Ограничивающими являются различные условия. Значения токов обычно ограничиваются условиями нагрева. Значения напряжений в питающей сети ограничиваются условиями работы изоляции и условиями нагрева стали понижающих трансформаторов, а в распределительных сетях еще и условиями работы электроприемников. Значения мощности наиболее показательны для вращающихся машин. Так, активная мощность нагрузки генератора ограничена мощностью соответствующего первичного двигателя.

Следует иметь в виду, что модуль полной мощности  $S$  достаточно хорошо характеризует абсолютное значение тока, так как фактические значения напряжений по модулю обычно сравнительно мало отличаются от номинального.

Для некоторых видов оборудования, например реакторов, указывается номинальное значение тока. Это значение и является предельно допустимым в нормальных условиях работы. О допустимости превышения тока даются специальные указания. Имеются и данные о допустимых значениях тока для проводов и кабелей

По условиям работы изоляции допускается длительное превышение фактического значения напряжения сверх соответствующего номинального значения на 20% во всех сетях до 20 кВ включительно и на 15% в сетях 35—220 кВ. В сетях 330 кВ допускается превышение на 10%, а в сетях более высоких напряжений — только на 5%.

По условиям работы трансформаторов величина допустимого превышения напряжения определяется более сложно. Принципиально допускается превышение магнитной индукции в стали на 5% сверх значения, которое получается в режиме холостого хода при номинальном напряжении соответствующего вывода трансформатора.

Для большинства электроприемников допускаются отклонения напряжения в любую сторону (превышения или понижения от номинального значения) на 5%. При отклонениях от номинального напряжения в  $\pm 5\%$ \* допускается работа любой вращающейся машины (генератора, синхронного компенсатора и т. д.) с номинальными значениями полной мощности. Возможность работы при больших значениях отклонений напряжения специального расчета. Условиям работы электроприемников и оборудование ограничиваются также величины несимметрии трёхфазной системы напряжения и токов и несинусоидальности напряжений и токов.

Интегрирование по времени. Если интегрирование по времени для активной мощности  $P(t)$  имеет вполне четкий смысл — это определение энергии

$$\# \int_{t_1}^{t_2} P dt = A_{12},$$

переданной за время с момента  $T_1$  до момента  $T_2$  то аналогичная операция для реактивной мощности не имеет достаточных оснований и не рекомендуется.

Реактивная мощность количественно характеризует дополнительный периодический процесс (сверх обусловленного активной), который не имеет постоянной составляющей. Поэтому его интегрирование за целое число периодов (или полупериодов) не приводит к определению какой-либо показательной величины.

Отсюда, в частности, следует, что применение величин «реактивной энергии» и «средневзвешенного коэффициента мощности», найденных за достаточно длительный период времени, рекомендовать нельзя. Кроме отсутствия смыслового значения, такое определение приводит к усредненному представлению о величине реактивной мощности, что нельзя признать допустимым, так как баланс реактивной мощности приходится рассматривать для каждого режима работы сети в отдельности. Имеются характерные режимы, которые являются и определяющими.

В качестве характерных режимов можно указать режим наибольшей реактивной нагрузки, когда имеется наибольшее потребление реактивной мощности (а следовательно, наибольшей может оказаться и необходимая мощность компенсирующих устройств); режим наибольшей активной нагрузки, когда генераторы оказываются наиболее загруженными активной мощностью и имеют наименьшую располагаемую реактивную мощность (на их зажимах); режим наименьшей активной нагрузки, когда наибольшее количество генераторов оказывается отключенным (а следовательно, не может участвовать в генерации реактивной мощности), а также-послеаварий-ные и ремонтные режимы, когда возникают наибольшие ограничения на передачу реактивной мощности по элементам сети.

Задачу компенсации реактивной мощности не следует сводить к задаче повышения коэффициента мощности, так как при этом отражается только часть задачи — снижение полной мощности и требуемой пропускной способности элементов сети.

## **2. Режим напряжения в электрической системе и способы ее регулирования**

На всем протяжении от генераторов станций до наиболее удаленных потребителей электроэнергия трансформируется три, четыре, а иногда пять раз. При каждой трансформации потеря напряжения в случае наиб. нагрузок составляет от 2 до 7% ( в зависимости от  $U_k$  трансформатора и  $\cos\varphi$  нагрузок ). В сети каждого напряжения в этом случае потеря напряжения достигает 5-10 % , а в целом 20-45 %. Основной причиной отклонений напряжений у нагрузок является изменения мощности самих нагрузок в течение суток и по сезонам года.

Компенсация потери напряжения достигается применением различных мер.

Мероприятиями по ограничению отклонений напряжения относительно среднего уровня являются следующие:

а) - регулирование напряжения изменением возбуждения генераторов электростанций:

б) - применение у трансформаторов устройств для регулирования под нагрузкой (РПН) или при оключенном трансформаторе ( ПБВ):

Обмотки высшего и среднего напряжений повышающих и понижающих трансформаторов сравнительно небольшой мощности ( до 1000 кВА ) имеют регулировочные ответвления, которые можно переставлять лишь после отключения трансформатора от сети. При этом магнитопровод трансформатора не будет возбужден и на ответвлениях обмоток отсутствует напряжения. Эту операцию кратко называют переключение без возбуждения ( ПБВ).

в) применение линейных регуляторов:

г) - применение АРВ у мощных синхронных. двигателей

д) применение продольной или регулируемой поперечной емкостной компенсации:

- батареи конденсаторов, установленные на некоторых предприятиях для улучшения , одновременно способствуют уменьшению потери напряжения в питающей сети.

Следует различать централизованное и местное регулирование напряжения. Если районная подстанция питает однородную нагрузку (т.е. у которых графики изменения мощностей в относительных единицах практически одинаковы), одинаково электрически удаленную от пункта питания, то необходимое качество напряжения у электроприемников может быть обеспечено централизованным регулированием , т.е. с помощью РПН на трансформаторах районной подстанции. При этом обычно применяют встречное регулирование, при котором напряжение на вторичных шинах питающей подстанции во время наибольших нагрузок повышается, а во время наименьших понижается.

### **3. Регулирование напряжения изменением возбуждения генераторов электрических станций**

Если электрическая станция работает изолированно и ее сеть имеет относительно малую протяженность, регулирование напряжения изменением возбуждения генераторов станции является основным и обычно единственным средством обеспечения необходимых режимов напряжения у нагрузок.

Мощные электрических станции, как правило , объединены в энергосистемы , т.е. работают параллельно на общую сеть. В этих условиях подъем напряжения у какой-либо одной станции приведет к значительному увеличению выработки реактивной мощности и к одновременной разгрузке других станции . Например , допустим, что ЛЭП 110 кВ , 70 км осуществляет связь между двумя электрическими станциями. Для изменения напряжения в конце линии на 5 % потребуется изменить передаваемую реактивную мощность на 40 МВАР . Т.О. в мощных энергосистемах рассматриваемая способность не может быть единственным.

## ТЕМА № 6

### Баланса активной мощности и его связь с частотой

**Цель.** Изучение элементов систем электрической сети и общие характеристики электроприёмников.

**План :**

1. Общие сведения.
2. Управление частотой и активной мощностью
3. Номинальное напряжение электрических сетей

#### Общие сведения.

Баланс по активной мощности и связь его с частотой. Генераторы станций в каждый момент времени установившегося режима должны отдавать в систему столько электроэнергии, столько в этот момент требуют все потребители с учетом потерь в передаче, т. е. баланс по активным по активным мощностям при неизменной частоте  $\Delta f=0$  записывается как

$$\Sigma P_{Г} = \Sigma P_{Н} + \Sigma P_{с.н} + \Sigma \Delta P = \Sigma P_{порт}$$

где  $\Sigma P_{Г}$  - суммарная генерируемая активная мощность электростанций;  $\Sigma P_{Н}$  - активная мощность нагрузок;  $\Sigma \Delta P_{с.н}$  - суммарная активная мощность собственных нужд электростанций;  $\Sigma \Delta P$  - потери активной мощности в сетях;  $\Sigma P_{порт}$  - суммарное потребление мощности. Потери активной мощности в сети зависят и могут достигать 5-15% от суммарной нагрузки электростанций. Расход на собственные нужды станций (ТЭС) может колебаться в зависимости от технического оборудования от 5-10% на ТЭС этот расход значительно меньше и равен примерно 1%.

Частота переменного тока установившемся режиме в любой точке системы должна иметь одно значение, т. е. при отклонении частоты согласно ГОСТ у более чем на +0,1 Гц от 50 Гц, может производиться в любом районе системы. Такое регулирование проводится на ряде станций, позволяющее быстро изменять выдаваемую мощность, т. е. наиболее маневренных. В идеальном случае такими ведущими станциями могут быть все станции энергосистемы.

Частота тока в системе и напряжения в ее узлах меняются непрерывно и изменением генерируемых или потребляемых мощностей в системе, что приводит к изменению качества энергии. Статические характеристики таких изменений показаны на рис. Это постоянное изменение объясняется изменением мощности потребителей вводом в работу дополнительных генераторов, аварийными и плановыми отключениями линий, трансформаторов или их включениями, а также другими «возмущениями» установившегося режима. Поддержание качества энергии  $f$  и  $U$  требует различных мероприятий при осуществлении управлением режимами энергосистем для обеспечения их нормальной работы.

Изменением активной мощности практически можно менять и напряжение в узлах системы согласно выражению. Однако изменение

генерируемой активной мощности определяется, в первую очередь, регулированием частоты, так как ее снижение оказывает влияние на работу всех электроприемников. Особенно сильно это снижение частоты сказывается на работе собственных нужд электростанций и может привести к ее аварийному выходу. Поэтому изменение напряжения в узлах системы путем изменением активной мощности не производится.

Распределение нагрузки между станциями отдельных энергосистем, входящих в объединенные системы, должно происходить так, чтобы избежать перегрузки линии связи. Если мощность, передаваемая по по линии связи, превосходит допустимую по условию устойчивости и произдет отключений этой линии, то нарушается связь между отдельными энергосистемами, что может вызвать аварию системы, в которой нет достаточного резерва мощности.

Номинальное значение частоты тока обеспечивается с помощью резерва активной мощности и автоматического регулирования. Нормальная эксплуатация электрического системы невозможна без соответствующего резерва мощности. Необходимый суммарный резерв состоит из нагрузочного, ремонтного, аварийного и так называемого народнохозяйственного. Нагрузочный резерв служит для покрытия случайных колебаний и непрерывного повышения нагрузки сверх учтенного в балансе. Он составляет 1-3% от максимума нагрузки системы. Ремонтный резерв должен обеспечивать возможность проведения текущих и капитальных ремонтов оборудования электростанций. Аварийный предназначен для замены агрегатов, вышедших из строя в результате возможное повышение потребления электроэнергии по сравнению с запланированным. Он составляет 1-2% от максимума нагрузки. Резерв должен быть достаточным для поддержания в любой момент времени баланса активной мощности в системе и частоты тока в допустимых пределах.

### **Управление частотой и активной мощностью**

Первичным устройством управления частотой является регулятор частоты вращения турбин. Измерительный орган регулятора контролирует частоту вращения и при изменении ее исполнительный орган действует на регулирующие клапаны паровых турбин и направляющие аппараты гидротурбин, воздействуя на изменении энергоносителя, поступающего на рабочие колеса.

Режим энергосистемы по частоте устанавливается в точки пересечения характеристики регулирования турбин и статической характеристики нагрузки (сочетаний нагрузок), что соответствует на рисунке точке  $m_1$  при мощности  $P_0$  и частоте  $f_0$ . Включение дополнительных приемников и рост нагрузки до значения вызывает уменьшение частоты до  $f_1$  (точка  $m_2$ ). Следовательно, при изменении нагрузки отклонение частоты зависит от мощности турбины и равно

$$\Delta f = \Delta f_0 - f_1 = -s \Delta P.$$

Таким образом, действие регулятора частоты вращения сводится к выполнению условия

$$\Delta f + s \Delta P = 0,$$

Где  $\Delta f$  и  $\Delta P$ - изменения частоты и мощности;  $s$ -коэффициент статизма регулятора, равный примерно 4%.

Если установившаяся частота отличается номинальной, то уставку регуляторов частоты вращения турбин приходится менять. Характеристика смещается (кривая 2) и новый режим устанавливается в точки  $m_3$  при мощности турбины, соответствующей мощности, потребляемой нагрузкой  $P_1$ . При этом, как видно из рисунка, частота не отличается от номинальной  $f_0$ .

Таким образом, при постоянстве частоты баланс активной мощности сводится к равенству генерации и потребления:

$$P_z = \text{при } \Delta f = 0$$

Воздействие на уставку регулятора и смещение характеристик регулирования позволяет перераспределять активную мощность частоте, к чему приходится прибегать в процессе управления режимом энергосистемы. Такое воздействие производится либо вручную персоналом, либо помощью вторичного автоматического регулятора активной мощности электростанций. На первый вход регулятора поступает сигнал, характеризующий задаваемую активную мощность, на второй-сигнал, пропорциональный суммарно фактической мощности. При равенстве заданной  $P_{зд}$  и фактической  $P_{факт}$  мощностей регулятор бездействует. Если же равенство нарушается, то регулятор мощности, воздействуя на уставку регулятор частоты вращения, изменяет мощность турбины до ее совпадения с заданной. Таким образом, действие регулятора сводится к выполнению условия:

$$P_{факт} - P_{зд} = \Delta P_T = 0$$

Регулятор активной мощности может управлять работой регуляторов частоты вращения всех турбин электростанции с помощью устройства распределения, задающее долевое участие каждой из турбин. Одновременно этот регулятор контролирует параметры частоты и давление пара, чтобы в случае их значительного отклонения от нормальных значений распознать аварийный режим, требующий изменения заданной мощности в функции указанных параметров. Сигнал задаваемой мощности на регуляторы электростанций поступает от III иерархического уровня централизованной системы управления частотой и активной мощностью энергообъединения.

Обменная мощность объединения  $P_{обм}$ - это алгебраическая сумма потоков мощности по всем электрическим линиям, связывающим объединение с соседними энергосистемами. Одновременно суммарный обменный поток является разностью между генерируемой электростанциями мощностью  $P_z$  и потребляемой мощностью  $P_{потр}$  рассматриваемого объединения:

$$P_{обм} = P_z - P_{потр}$$

На измерительный орган системы в качестве контролируемого параметра поступает обменная мощность по всем внешним связям, которая сравнивается с заданной. Если  $P_{обм} = P_{зд}$ , то система управления бездействует.

Действие системы управления сводится к выполнению условия

$$\Delta P_i + \rho_i \Delta f = 0$$

Где  $\rho$ -постоянный коэффициент для энергообъединения. При отклонении обменного потока от заданного значения система управления это отклонении. При неизменной частоте  $\Delta f=0$  из следует, что

$$P_{\text{обм}} - P_{\text{зд}} = \Delta P_{\text{обм}} = 0$$

Заданный обменный поток должен предусматривать не только сохранение баланса мощности генерируемой (с помощью регулирования) и потребляемой нагрузок данного объединения, но и мощности, которую необходимо передавать смежным энергосистемам.

## ТЕМА № 7

### Баланса реактивной мощности и его связь с напряжением

План :

1. Общее сведения.
2. Равновесие реактивной мощности

#### Общее сведения.

В отличие от частоты напряжение в различных точках системы различно и зависит от передаваемой мощности  $P$  и  $Q$  сопротивлений  $R$  и  $X$ . Для рассматриваемых сетей значение  $X \gg R$ . Член  $QX$  в может быть значительным при передаче реактивной мощности  $Q$  на большие расстояния. В этом случае потеря напряжения возрастает и напряжение снижается иногда в недопустимых пределах. Большие отклонения напряжения нельзя допускать по условиям потерям мощности и неэффективному использованию напряжения в определенных пределах вызывают необходимость его автоматического регулирования. Напряжения в ограниченных районах электрической сети поддерживаются регулированием в определенных узлах питающей сети, называемых контрольными точками.

Автоматическое регулирование напряжения. Первичным устройством управления напряжением является быстродействующий автоматическое регулятор возбуждения (АРВ) синхронных машин. Измерительный орган этого регулятора контролирует отклонение напряжения на выводе машин от заданной величины, а в переходных процессах реагирует, в ряде случаев еще и на другие параметры режима, скорости и ускорении их изменения. Отклонение напряжения компенсируется изменением тока возбуждения. влияющим на ЭДС и, следовательно, на генерируемую реактивную мощность.

Как следует балансу активной мощности сопутствует параметр частоты, а балансу реактивной параметр напряжения. Удовлетворение равенств  $P_{\Gamma} = P_{\text{порт}}$  при  $\Delta f = 0$   $Q_{\Gamma} = Q_{\text{порт}}$  при  $\Delta U_{\kappa} = 0$  соответствует балансу мощностей.

## Равновесие реактивной мощности

Особое внимание уделяется качеству обеспечения электроэнергией потребителей с дополнительным источником при выборе равновесия реактивной мощности со схемой электрических сетей района.

Очень важно улучшить техника – экономического показателя районной электросети т.е для равенства реактивной мощности надо рассчитать с конденсаторными батареями.

Для этого нужно вычислить следующее равенство:

$$\Sigma Q_G + \Sigma Q_K = \Sigma Q_{нагр} + \Delta Q_{тр} + Q_{рез} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь  $\Sigma Q_G$ - сумма установленной генерационной реактивной мощности;  
 $\Sigma Q_K$ - сумма мощностей конденсаторной батареи;  
 $\Sigma Q_{нагр}$  - сумма нагрузочной реактивной мощности;  
 $\Delta Q_{тр}$ - потеря реактивной мощности в трансформаторе;  
 $Q_{рез}$ - реактивная мощность в резерве.

Сумма генерационной реактивной мощности определяется через соответствующий коэффициент мощности районной электросети:

$$\Sigma Q_G = \Sigma P_{нагр} \text{tg}\varphi. \quad [\text{Мвар}]$$

Баланс по реактивной мощности в системе должно соответствовать равенство:

$$\Sigma Q_G = \Sigma Q_H + \Sigma Q_{с.н} + \Sigma \Delta Q - \Sigma Q_C - \Sigma Q_{к.у} = \Sigma Q_{потр}$$

где  $\Sigma Q_G$ - реактивная мощность, вырабатываемая генераторами станций;  $\Sigma Q_H$ - реактивная мощность нагрузок;  $\Sigma Q_{с.н}$ - реактивной мощность собственных нужд станций;  $\Sigma \Delta Q$ -потери реактивной мощности в сетях;  $\Sigma Q_C$ - мощность, генерируемая линиями;  $\Sigma Q_{к.у}$ - реактивная мощность дополнительных источников (КУ);  $\Sigma Q_{потр}$ -суммарное потребление мощности;

Колебание энергии в магнитных и электрических полях различных устройств переменного тока обуславливает потребление ими реактивной мощности. Основными потребителями реактивной мощности являются трансформаторы, асинхронные двигатели, индукционные электропечи и др. Потери реактивной мощности в сети очень велики и могут достигать 50% от реактивной мощности, поступающей в сеть. Так как по пути от электростанций до нагрузки происходит три и большее число трансформаций, потери реактивной мощности в трансформаторах достигают больших величин.

Реактивные нагрузки потребителей зависят от электрооборудования и в ряде случаев достигают большого относительного значения. Реактивная мощности теряется и в последовательных сопротивлениях линий, хотя одновременно вырабатывается в параллельных емкостных проводимостях (зарядная мощность  $Q_C$ ). Таким образом, учитывая, что второй член велик, так как велико индуктивное сопротивление  $X$  в энергосистеме, регулирование напряжения производится регулированием реактивной мощности, поскольку

изменение реактивной мощности источников энергии определяется, как указывалось, регулированием частоты.

В противоположность частоте напряжение в определенных точках системы может регулироваться независимо в каждой компактной подсистеме. В такой подсистеме, разделенной с другими подсистемами значительными индуктивными точками, в которых поддерживается напряжение основной питающей сети. Управление напряжением в контрольной точке следует производить таким образом, чтобы обеспечить минимум потерь в сетях. Таким образом, в каждой подсистеме имеется система управления напряжением.

Важное значение в расчетах и при исследовании нагрузок, а также при подсчетах расходов и потерь электроэнергии, имеют среднюю мощность за наиболее загруженную смену  $P_{см}$ ,  $Q_{см}$  и среднегодовую мощность  $P_{сг}$  и  $Q_{сг}$ . Определяются путем обследований нагрузок и проверяют по удельным расходам электроэнергии известным для большинства производств.

$P_{см}$  для приемников повторно кратковременного режима работы.  
КПВ=100%

Средняя реактивная мощность с одинаковым режимом работы приемников определяется следующим образом.

1 способ

$$Q_{см} = K_{ур} Q_{ном}$$

2 способ

$$Q_{см} = P_{см} \operatorname{tg} \varphi.$$

для опережающего тока (синхронные двигатели, конденсаторные батареи):

$$Q_{см к} = Q_{фак} = Q_{ном к} \left( \frac{U_{факт}}{U_{ном}} \right)^2.$$

Активная средняя мощность за наиболее загруженную смену  $P_{см}$  узла системы электроснабжения, включающая количество групп приёмников с разными режимами работы, определяется суммированием активных средних мощностей отдельных приёмников.

## ТЕМА № 8

### КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЮ

**Цель. Изучение показатели качества электрической энергии систем электрической сети и их применение в производства.**

**План :**

1. Общее сведения.
2. Показатели качества энергии
3. Отклонения частоты Колебания частоты
4. Отклонения напряжения

Электрическая энергия практически непосредственно не потребляется, а является как бы полуфабрикатом и претерпевает последующее преобразование в электро приемниках. Качество работы электроприемников зависит не только от качества электрической энергии, но и от свойств самих электроприемников.

Хотя приемники выполняются с определенными номинальными данными, они должны нормально работать и при параметрах режима, несколько отличных от номинальных. В ряде случаев почти одинаковые результаты можно получить как за счет улучшения качества энергии, так и путем соответствующего изменения свойств приемников.

Обычно заведомо известно, что экономически более целесообразно улучшение качества энергии. Кроме того, некоторое улучшение качества энергии дает дополнительный технико-экономический эффект в системах электроснабжения.

В настоящее время качество энергии нормировано: на его допустимые показатели ориентированы свойства выпускаемых электропромышленностью страны электроприемников. Нормированные значения показателей качества энергии обосновываются экономически. Однако выполнение нормированных показателей качества энергии рассматривается как обеспечение заданных технических условий.

Под обеспечением технических условий понимается устранение таких ненормальных явлений, как возникновение брака продукции, снижение ее качества, повышение повреждаемости оборудования, снижение срока службы приемников и т. п. Эти ненормальные явления могут возникать не сразу при каком-то одном режиме работы сети, а в течение длительного срока эксплуатации системы электроснабжения, за который бывают многие различные режимы работы. Другая форма учета указанных условий является весьма затруднительной.

Кроме того, от показателей качества энергии зависит экономичность работы отдельных производственных агрегатов в каждом характерном режиме в отдельности. Поэтому дополнительно решается задача дальнейшего повышения экономичности работы систем электроснабжения при имеющихся средствах воздействия на качество энергии.

Наивыгоднейшее решение получается путем тщательного технико-экономического анализа возможных вариантов. Однако все сравниваемые

решения должны безусловно удовлетворять техническим требованиям в соответствии с установленными нормами на показатели качества энергии.

### **Показатели качества энергии**

Основными показателями качества энергии считаются значения частоты и напряжений в узлах сети. В современных условиях все чаще приходится учитывать возможности нарушения симметрии и синусоидальности напряжений у электроприемников. Все эти показатели нашли отражение в выпущенном в 1967 г.

На большинство показателей качества энергии параметры сети оказывают заметное влияние. Поэтому такие показатели считаются местными, имеющими разные числовые значения в разных местах сети. Исключение составляет основная частота в сети, в установившихся режимах определяемая скоростью вращения генераторов.

Для обеспечения местных показателей качества энергии в допустимых пределах в ряде случаев приходится или изменять параметры сети, или применять специальные дополнительные устройства. Поэтому при проектировании сети необходимо определять эти показатели в заданных условиях и в случае необходимости выбирать наиболее экономичные средства кондиционирования энергии, т. е. приведения показателей качества энергии в соответствии с действующими нормами.

Ниже показатели качества энергии рассмотрены более подробно. При этом для каждого из них дается определение, излагаются причины изменения и характеризуется воздействие этого изменения на работу приемников, указываются требования действующих норм и характеризуются пути улучшения положения, а также приводятся некоторые сведения о возможностях текущего контроля за фактическим положением в процессе эксплуатации электрических сетей.

Следует иметь в виду, что количественные показатели качества энергии непрерывно изменяются. Поэтому, кроме решения задачи выбора средств обеспечения требуемого качества энергии, при проектировании сетей приходится также решать и задачи выбора наилучших законов регулирования параметров режима в процессе изменения нагрузок.

В ряде случаев повышение технико-экономических показателей работы систем электроснабжения может быть достигнуто при использовании имеющихся устройств. В отдельных случаях этим может быть оправдано и применение дополнительных устройств регулирования параметров режима.

Практически обеспечить показатели качества энергии в соответствии с требованиями можно только средствами автоматического регулирования, так как изменение нагрузок приводит к необходимости достаточно частого изменения параметров режима. В отдельных случаях, например в послеаварийных режимах, возможно и целесообразно применение и ручного управления соответствующими устройствами.

При проектировании электрических сетей важно знать, что для кондиционирования энергии по разным ее показателям иногда могут быть использованы одни и те же устройства. К таким устройствам относятся, например, батареи конденсаторов.

В условиях эксплуатации электрических сетей должен быть осуществлен систематический контроль за показателями качества энергии. Соответственно должны приниматься и дополнительные мероприятия: изменение законов регулирования, применение дополнительных средств автоматизации, изменение параметров оборудования, изменение состава оборудования и включение дополнительных устройств. Последние мероприятия требуют соответствующих проектных решений, которые выполняются при развитии или реконструкции электрической сети.

### Отклонения частоты

Частота токов и напряжений в электрической системе определяется частотой вращения генераторов. Скорость вращения генераторов можно изменять, поэтому при некоторой суммарной нагрузке системы частота может практически достаточно точно соответствовать номинальной. Это достигается схема передающей / регулированием удельного впуска энергостемы. носителя (пара, воды) в первичный двигатель.

Для получения представления о возможности изменения состояния системы целесообразно воспользоваться статическими характеристиками передающей / и приемной // частей. Соответствующие статические характеристики по частоте. Действительное значение частоты в системе определяется точкой пересечения этих характеристик. Предполагается, что при данной суммарной активной нагрузке  $P$  частота установлена равной номинальной  $f_n$ . В дальнейшем состояние системы по частоте определяется действием устройства автоматического регулирования частоты вращения турбин .

Если происходит увеличение суммарной нагрузки системы, то приемная ее часть характеризуется другой статической характеристикой. При этом точка пересечения статических характеристик перемещается: частота в системе снижается.

Для поддержания частоты на прежнем уровне требуется переход на другую статическую характеристику / питающей части системы. Это осуществляется устройством автоматического регулирования частоты в системе. Изменение нагрузки системы характеристики по частоте происходит с различной периодичностью. Наряду с достаточно емкой // частей системы, быстрыми изменениями, происходящими с интервалами в несколько минут, замечаются изменения с периодами в несколько часов. В соответствии с этим разделяются и задачи регулирования частоты в системе.

Регулирование частоты в соответствии с быстрыми изменениями нагрузки возлагается на частотную станцию системы. Более медленные, но и более значительные изменения нагрузки должны восприниматься большим количеством станций системы. При этом возникает дополнительная задача: обеспечение экономичности работы всей энергетической системы за счет более рационального распределения активной мощности нагрузки между ее электрическими станциями. Отличие фактического значения частоты от номинального

$$\Delta f = f - f_n \quad (6-1)$$

называется отклонением частоты.

В настоящее время в условиях нормальной работы системы допускаются отклонения частоты в пределах  $\pm 0,1$  Гц. Современные системы автоматического регулирования частоты обеспечивают выполнение этих требований.

Частота вращения всех включенных в работу электродвигателей, находящихся в составе потребителей энергии, пропорциональна частоте. В ряде случаев частота вращения двигателей влияет на производительность промышленных агрегатов цехов и предприятий в целом. Многие технологические процессы требуют стабилизации частоты в системе.

Регулирование частоты в системе практически возможно только при наличии резерва активной мощности. Это значит, что рабочая мощность регулирующих станций должна быть больше их фактической нагрузки.

В послеаварийных режимах при делении системы на несинхронные работающие части в одной из них может не оказаться достаточной рабочей мощности. При этом частота снижается, так как это соответствует снижению суммарной активной нагрузки.

Во избежание недопустимо глубоких посадок частоты, при которых резко снижается производительность оборудования электрических станций (питательных и циркуляционных насосов и т. п.) и возможно полное нарушение работы данной части системы, широкое применение получили устройства автоматической частотной разгрузки (АЧР). При недопустимом снижении частоты в системе эти устройства отключают менее ответственных потребителей.

При восстановлении частоты в системе происходит автоматическое повторное включение потребителей (частотное АПВ).

В настоящее время нормируется синхронное время

$$t_c = \frac{1}{f_H} \int_0^t f dt,$$

которое не должно отличаться от астрономического более чем на 2 мин. Это обусловлено стремлением к широкому применению электрических часов на переменном токе. Существующая система централизованного управления часами в крупных городах является весьма сложной, дорогой и ненадежной.

### **Колебания частоты**

В случаях достаточно быстрых изменений частоты (со скоростью более 0,1 %/с) вводится понятие колебаний частоты, которые могут быть определены количественно также по формуле.

Одной из причин колебаний частоты являются большие возмущения в системе, связанные с переходными процессами в результате коротких замыканий и аналогичных явлений. Эти колебания возникают сравнительно редко и поэтому не оказывают существенного влияния на работу приемников. Наиболее существенными для работы приемников являются периодические колебания частоты, которые вызываются так называемой периодической ударной нагрузкой большой мощности. Такой является, например, нагрузка крупных прокатных станов с электроприводами в виде мощных синхронных двигателей, в настоящее время их мощность выражается в десятках мегаватт.

Резкие и почти периодические изменения нагрузки этих двигателей приводят к явлению их качаний, т. е. периодическому изменению частоты их вращения (рис. 6-3). Если мощность двигателей соизмерима с мощностью генераторов системы, то возникают и качания генераторов.

Практически чаще замечаются явления качаний электродвигателей, присоединенных к участкам сети, которые оказываются электрически близкими к синхронной машине с переменной частотой вращения.

Причина этого явления заключается в том, что приемники оказываются под одновременным воздействием двух (в простейшем случае) источников питания — источников с постоянной и переменной частотой вращения. Первым является эквивалентный генератор системы 1, а вторым — двигатель 2 с переменной частотой вращения. В зависимости от соотношения параметров сети второй источник питания оказывает различное влияние.

Чем меньше электрическая удаленность (сопротивление эквивалентной связи) от источника с переменной частотой вращения, тем больше его влияние и скорее может обнаружиться явление качания двигателей других потребителей.

В настоящее время величина колебаний частоты нормирована: она не должна быть больше  $\pm 0,2$  Гц. Эта величина дана независимо от отклонений частоты.

Колебания частоты относятся к местным показателям качества энергии. Соответственно местными оказываются и меры воздействия. В частности, обнаружено, что заметно снизить колебания частоты удается с помощью устройства автоматического регулирования тока возбуждения синхронных двигателей с ударной нагрузкой.

В случае необходимости приходится воздействовать и на соотношение параметров сети. Так, можно снижать электрическую удаленность от источника питания с постоянной частотой вращения путем применения установок продольно-емкостной компенсации. Можно применять и взаимоиндуктирующие цепи, одновременно уменьшающие удаленность от источника питания с постоянной частотой вращения и увеличивающие удаленность от источника питания с переменной частотой вращения.

### **Отклонения напряжения**

Непрерывное изменение электрических нагрузок в распределительных и питающих сетях приводит к непрерывному изменению падений и потерь напряжения в них. Вследствие этого во всех пунктах сетей непрерывно изменяются значения отклонений напряжения.

По действующим нормам допускаются следующие отклонения напряжения у зажимов приемников: для осветительных приемников в производственных и общественных помещениях от  $-2,5\%$  до  $+5\%$ ; для асинхронных двигателей от  $-5\%$  до  $+10\%$  и во всех прочих случаях от  $-5\%$  до  $+5\%$ .

Поскольку современные электрические сети в большей мере обладают реактивными сопротивлениями, режим напряжений в них в основном определяется значениями реактивной мощности. Для характеристики режима напряжений в некотором пункте соединения питающей и приемной частей сети) целесообразно воспользоваться статическими характеристиками реактивной мощности по напряжению.

На рис. показаны эти характеристики для передающей / и приемной // частей сети. В первой учтено влияние сети; вторая отражает свойства приемников без учета действия устройства. Статические автоматического регулирования характеристики по напряжению.

Спряжению передающей / Точка пересечения этих характеристик соответствует значению напряжения  $U_n$  в данном пункте сети. Увеличение реактивной нагрузки (вызванное, например, включением дополнительных электроприемников) означает переход на другую статическую характеристику приемной части сети //. При этом напряжение снижается ( $I' < I_a$ ).

Если нужно сохранить напряжение на прежнем уровне или повысить его по сравнению с полученным, то надо обеспечить переход на другую статическую характеристику для передающей части сети. Так возникает задача автоматического регулирования.

Следует, однако, иметь в виду, что применение регулирующих устройств оказывается достаточным только в том случае, если в соответствующем месте сети реактивная мощность может быть получена в нужном количестве, т. е. имеется резерв реактивной мощности. При отсутствии резерва изменение коэффициента трансформации не приводит к желаемым результатам.

Это можно проследить по аналогичному графику. При отсутствии резерва реактивной мощности статическая характеристика передающей части сети / получается очень пологой. Добавление э. д. с.  $E$  (обусловленное изменением коэффициента трансформации) практически приводит к большему снижению напряжения  $U$  в питающей части сети, чем к повышению его  $U_c$  в приемной.

Если приемники имеют сравнительно малую электрическую удаленность от генераторов, регулирование напряжения может быть осуществлено путем изменения тока возбуждения генераторов. При этом автоматически (в пределах располагаемого регулировочного диапазона) генерируется и требуемая реактивная мощность.

Однако в современных условиях электроснабжения генераторы электрических станций оказываются соединенными с приемниками протяженными сетями разных номинальных напряжений. При этом суммарные потери напряжения в сети оказываются достаточно большими и изменяющимися в значительных пределах. Поэтому обеспечить требуемые отклонения напряжения на зажимах приемников можно только с помощью регулирующих и компенсирующих устройств.

Пусть, например, указанная цепь состоит из повышающих трансформаторов, сети 220 кВ, понижающих автотрансформаторов, сети 110 кВ, понижающих трансформаторов, сети 10 кВ, распределительных трансформаторов и сети 380 В. Нетрудно представить, что суммарные наибольшие потери напряжения в такой цепи могут превышать 50%. Если наименьшая величина нагрузки составляет 40% от наибольшей, то суммарная величина потерь напряжения в сети может изменяться на 30%.

Очевидно, что при неизменных коэффициентах трансформации регулирование напряжения генераторами оказывается недостаточным; при этом в режимах

больших (нб) нагрузок отклонения напряжения у приемников получаются ниже допустимых  $V$ -, а в режимах малых (нм) нагрузок — выше допустимых. Следует отметить, что одновременное изменение коэффициентов трансформации промежуточных трансформаторов приводит только к изменению значений напряжений во всей последующей части сети (по пути передачи электрической энергии) на одну и ту же величину  $E$  во всех рабочих режимах.

### Обобщенная диаграмма режима напряжения

Представление о режиме напряжений в распределительной сети в условиях обеспечения допустимых отклонений напряжения на зажимах приемников, присоединенных к этой сети, можно получить в графической форме в виде обобщенной диаграммы режима напряжений. Целесообразность такого представления обусловлена его наглядностью и общностью. Однако следует иметь в виду, что при построении диаграммы имеется определенное количество допущений.

Диаграмма строится по данным предельных режимов (условно — наибольших и наименьших нагрузок) при условии однородности потребителей. Исходными являются заданные пределы отклонений напряжения от  $U_d$  до  $V''$  на зажимах приемников, известное отношение потерь напряжения ДУ в режиме наибольших нагрузок и Д() в режиме наименьших нагрузок для любого участка сети, принятая структура сети и параметры трансформаторов. Построенная диаграмма отражает режим напряжений во всех распределительных сетях с. н. и н. н., получающих питание от шин ЦП — шин 6—10 кВ районной подстанции.

Диаграмма строится в прямоугольных осях координат  $V, V''$ . Зона допустимых отклонений напряжения определяется на диаграмме областью, ограниченной сторонами прямоугольника

Если режим напряжений у питающего конца сети н. н. определяется точкой  $A$ , то в любом другом пункте этой сети он находится с помощью прямой  $AB$  с угловым коэффициентом.

Если точка  $B$  соответствует наиболее удаленному пункту сети, то разность ординат точек  $A$  и  $B$  определяет наибольшие потери напряжения в сети

Режим напряжений в сети является допустимым, если вся прямая  $AB$  находится в пределах прямоугольника  $abcy$ . Он оказывается допустимым и в том случае, если часть прямой, выходящая за пределы прямоугольника  $abcy$ , соответствует участку сети, к которой приемники не присоединяются.

## ТЕМА № 9

# ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**Цель.** Изучение элементов систем электрической сети и общие характеристики электроприёмников.

**План :**

1. Общие сведения.
2. Показатели экономичности отдельных элементов
3. Определение капитальных затрат и годовых эксплуатационных расходов
4. Приведенные затраты 3.

### **Общие сведения.**

Условия эксплуатации существующих электрических сетей характерны тем, что состав установленного оборудования оказывается заданным и его параметры известными (эти параметры с течением времени могут несколько изменяться), При данном составе оборудования электрическая сеть может работать с разными технико-экономическими показателями. Задача эксплуатационного персонала состоит в том, чтобы при выполнении всех технических требований обеспечить наиболее, экономичную работу электрических сетей.

В общем случае при этом нельзя рассматривать условия работы каждого устройства, входящего в состав некоторой энергетической системы, отдельно от условий работы других устройств. Эти условия могут быть связанными, поэтому целесообразность изменения режима работы каждого из устройств определяется суммарным эффектом для системы в целом. Только в некоторых случаях эта связь оказывается достаточно слабой и практически может не учитываться.

Для энергетической системы в целом наивыгоднейшим является такой режим ее работы, при котором суммарные затраты за длительный период времени на энергоснабжение потребителей с выполнением всех технических требований получаются наименьшими. При этом наименьшей получается удельная себестоимость отпущенной абонентам электроэнергии. Приблизительно считают, что при этом наименьшим должен быть удельный расход топлива.

Строго говоря, условие экономичности работы должно распространяться на всю энергетическую систему, в состав которой входят все ее элементы. Однако между некоторыми задачами имеется сравнительно слабая связь, поэтому они могут решаться взаимно независимо. К числу их относятся наивыгоднейшее распределение активной мощности нагрузки энергетической системы между ее электрическими станциями, наивыгоднейшее распределение реактивной мощности нагрузки электрической системы между источниками питания, улучшение условий работы неоднородных замкнутых частей электрической сети, регулирование уровня напряжения в электрической сети или ее отдельных частях, выбор

состава включенного в работу оборудования (допустимого по техническим условиям).

При решении вопроса о наивыгоднейшем распределении активной мощности между электрическими станциями приходится различать системы — концентрированные и протяженные. Концентрированными называют системы, в которых удельный прирост потерь для основной сети сравнительно мал и не выходит за пределы 0,05—0,1. В таких случаях определяющими являются условия экономичности параллельной работы электрических станций. Это обусловлено прежде всего тем, что к. п. д. современной крупной тепловой станции при полной ее нагрузке не превышает 40%, в то время как к. п. д. основной электрической сети редко оказывается ниже 90%.

В концентрированных системах влияние потерь активной мощности в сети на экономичность распределения активной мощности между станциями мало. Учет его может внести лишь некоторую поправку в решение. В протяженных системах эта поправка может быть существенной и должна учитываться.

Отсюда следует, что для протяженных систем не всегда можно отдельно рассматривать задачи наивыгоднейшего распределения активной и реактивной мощности и что ни в каких случаях нельзя рассматривать задачу распределения активной мощности между электрическими станциями, исходя из условий только снижения потерь активной мощности в сети.

#### **Показатели экономичности отдельных элементов**

В значительной мере независимыми можно считать задачи снижения потерь активной мощности изменением условий работы неоднородных замкнутых частей сети и регулирования уровня напряжения в отдельных частях сети. Это справедливо в тех случаях, когда заметного влияния на распределение активной и реактивной мощности между источниками питания при этом не получается.

В отдельных случаях решение задачи оказывается настолько очевидным, что не требует специального анализа и может быть получено непосредственно. Например, асинхронный двигатель, присоединенный к сети промышленного предприятия, всегда целесообразно отключить, если он по условиям технологического процесса долгое время должен работать вхолостую. При этом устраняются потери активной мощности в нем, снижается потребление реактивной мощности, уменьшаются потери, активной и реактивной мощности в сети и т. п. То же относится и к трансформаторам, работающим вхолостую, если их отключение не приводит к перерывам или снижению надежности электроснабжения.

Задача выбора условий включения или отключения одного из трансформаторов или синхронных компенсаторов по условиям экономичности (когда по техническим требованиям любой из этих вариантов является допустимым) оказывается более сложной, так как при этом постоянные потери (холостого хода) изменяются в одну сторону, а переменные

(нагрузочные) — в другую. При этом могут изменяться и потери в других элементах сети.

### Определение капитальных затрат и годовых эксплуатационных расходов

Приведенные затраты  $Z$  при строительстве в течение одного этапа (года) и дальнейшей эксплуатации с неизменными годовыми издержками

Предполагается также, что дальнейшая эксплуатация происходит с неизменными годовыми издержками, т. е. передаваемая мощность, а следовательно, и потери энергии, затраты на ремонт и обслуживание и другие величины не меняются из года в год в течение рассматриваемого срока эксплуатации.

Годовые издержки  $I$  (годовые эксплуатационные расходы) состоят из трех составляющих: ежегодных отчислений от капитальных затрат  $p_z K$  на амортизацию; стоимости потерь энергии  $C_3$ ; ущерба  $У$ .

Рассмотрим эти составляющие подробнее.

1. Каждое сооружение (шины, трансформаторы и др.) может просуществовать какое-то число лет  $n$  (линия на металлических опорах — несколько десятков лет, на деревянных — менее 10 лет) в зависимости от долговечности опор и качества изоляции и т. д. Например, линия на деревянных опорах, пропитанных от гниения специальным составом, может проработать 10 лет. Через 10 лет должна быть произведена замена этой линия. Чтобы иметь для этого средства, ежегодно от капитальных затрат на реновацию (полную замену) отчисляются основные фонды, так чтобы через 10 лет сумма отчислений равнялась этим затратам.

Амортизационные отчисления. Постепенное перенесение стоимости основных фондов на производимый продукт в целях образования фонда денежных средств для последующего частичного и полного воспроизводства основных фондов называется *амортизацией*. Амортизационные отчисления производятся по специальным нормам, устанавливаемым в процентах по отношению к балансовой (первоначальной или восстановительной) стоимости основных фондов. Эти отчисления включаются в себестоимость продукции и по мере ее реализации образуют особый фонд средств, который делится на две части: одна из них предназначается для полного восстановления выбывающих в плановом порядке основных фондов, другая часть образует особый целевой фонд предприятия, расходуемый в соответствии с планом на капитальный ремонт и модернизацию действующих основных фондов. Общий коэффициент ежегодных отчислений  $p_s$  приведен в табл.

При проектировании необходимо иметь в виду, что капитальные затраты на резервирование отдельных элементов (генераторов, линий, трансформаторов и т. д.) в ряде случаев могут быть значительно уменьшены применением вместо резервных основных элементов релейной защиты и автоматики, стоимость которых несоизмеримо меньше, чем основных.

Ток, протекающий по линиям и трансформаторам, вызывает потери энергии  $\Delta Э$ , стоимость которых  $C_3 = \Delta Э c_3$ , где  $c_3$  — стоимость 1 кВт·ч потерянной энергии, согласно рис.

Народнохозяйственный ущерб  $У$  вызывается перерывами в электроснаб-жении, отклонением напряжения от нормального, потерей устойчивости параллельной работы станций (или потребителей) и др. Однако, как указывалось, рекомендуется учитывать только ущерб от недоотпуска энергии, так как другие виды ущербов определяются до вольно сложно. Таким образом, годовые издержки

$$И = p_{\Sigma} K + C_3 + У$$

где  $C_3 = \Delta P_{\max} \tau c_3 = 3I^2 R \tau c_3 \cdot 10^{-3}$  сум/год

### Приведенные затраты $З$ .

Эффективность капиталовложений в строительство сетей, станций и т. д. оценивается **сроком окупаемости**  $T_{ок}$ . Для учета срока окупаемости сооружения применяется так называемый нормативный коэффициент эффективности  $E_n$ , представляющий собой величину, обратную сроку окупаемости:

$$E_n = 1/T_{ок}.$$

Этот коэффициент зависит от состояния народного хозяйства на данном этапе развития и при строительстве объектов энергетики принимается равным 0,12 (в относительных единицах); при оценке эффективности новой техники — равным 0,15. Срок окупаемости  $T_{ок}$  представляет собой время, за которое первоначально вложенные средства возвращаются за счет экономии на себестоимости.

Таким образом, приведенные затраты, сум/год,

$$З = (E_n + P_{\Sigma})K + 3I^2 R \tau c_3 \cdot 10^{-3} + У \quad \text{или} \\ З = (E_n + P_{\Sigma})K + C_3 + У.$$

Для ряда элементов системы

$$З = \Sigma[(E_n + P_{\Sigma})K + C_3 + У].$$

Суммирование производится по элементам (линиям, трансформаторам и т. д.).

Оптимальным считается вариант, у которого приведенные затраты минимальны. Если какая-либо составляющая этих затрат входит во все сравниваемые варианты (величина постоянная), она может не учитываться, так как на выбор варианта не влияет.

Если в раскрыть скобки и заменить годовые издержки согласно через  $я$ , то получим

$$З = E_n K + И.$$

Это выражение наиболее часто встречается в литературе и не противоречит выражению.

При сравнении вариантов важным показателем является удельная расчетная стоимость передачи энергии, сум/(кВт'Ч),

$$C_n = З/\mathcal{E} = З/(P_{\max} T_{\max}),$$

где  $P_{\max}$  — максимальная активная мощность, передаваемая потребителю; величина  $T_{\max}$  зависит от потребителя. Важным показателем является также себестоимость передачи энергии, сум/(кВт-ч),

$$C_c = И/\mathcal{E} = И/(P_{\max} T_{\max}).$$

При проектировании электросетей одна и та же задача может быть решена в нескольких вариантах. Например, передачу электроэнергии от мощной электростанции к приемной п/станции может быть осуществлена при 220 и 110 кВ. В обоих вариантах сеть будет удовлетворять техническим требованиям. Какой из них более целесообразен можно выявить лишь в результате сравнения их экономических показателей. При 220 кВ вероятно линия окажется дешевле. Однако тр-ры и РУ будут дороже. Проект электрической сети должен обеспечивать выполнение трех основных требований : надежности, качества напряжения и экономичности. Последнюю оценивают, сопоставляя равноценные по первым двум требованиям варианты методом приведенных затрат :

$$Z_{пр} = K_{эн} * K + C_{э} + У$$

где У -годовой ущерб от перерывов эл. снабжения.

## ТЕМА № 10

### Мероприятия по уменьшению потерь мощности и электроэнергии.

**Цель** Способы уменьшению потерь мощности и электроэнергии в производстве.

**План :**

1. Общее сведения.
2. Потери активные и реактивные трансформатора:

#### **Общее сведения.**

а) Приведение нагрузок районных п/станций к шинам высшего напряжения. Нагрузка сети в точке присоединения районной п/ст состоит из активных и реактивных нагрузок потребителей и потерь в распред. сети и в тр-рах р/нной п/ст. Вычисления должны быть выполнены для режимов наиб. и наименьших нагрузок.

б) Нахождение предварительного распределения мощностей в сети в режиме наиб. нагрузок. Наиб. мощность передаваемая по участку сети представляет собой сумму наиб. нагрузок, питаемых через рассматриваемый участок. При этом акт. и реактив. мощности нагрузок складываются независимо друг от друга.

Потери мощности в линиях не учитываются т.к. они зависят сеч. проводов, которые еще неизвестны.

в) Определение площади сечение проводов линии производят по экон. плотности тока. При этом по условию предотвращения короны сечение провода должно быть не менее:

для ЛЭП - 110 кВ - АСО - 300

для ЛЭП 220 кВ - АСО - 240

Во избежание механической перегрузки опор сечения проводов не должны превышать:

для ЛЭП - 110 кВ - АСО - 300

для ЛЭП - 220 кВ - АСО - 500

г) Вычисление расчетных нагрузок и составление схемы замещения сети.

Расчетную нагрузку в точке присоединения п/станции находят как сумму активных и реактивных нагрузок этой п/ст. с учетом потерь мощности в трансформаторах и половины зарядной мощности линии, присоединенных к ее сборным шинам.

д) уточнение потококораспределения мощностей с учетом потерь мощности в сети;

е) уточнение мощности компенс. устройств.

ж) уточнение сеч. проводов.

з) Определение потерь напряжение в питающей сети. При расчете неразветвл. сети следует различать задачи двух типов: А) Задано напряжение на шинах наиболее удаленной подстанции. Необходимо определить потери напряжения на участках линии и напряжения на остальных точках

присоединения нагрузок; Б) Известно напряжение в пункте питания, необходимо найти потери напряжения на участках линии и напряжений на остальных узлах сети.

Эл. расчет обычно выполняется для двух режимов нормальной работы: при наибольших и наименьших нагрузках. Должны быть проворены также и после аварийные режимы: отключение одной из цепей ЛЭП на любом участке, одного из тр-ров р/нной или повышающей п/ст, любой из электростанций энергосистемы. Аварийное отключение может привести к значит. понижению или повышению напряжения у нагрузок.

и) Выбор рег. ответвлений РПН тр-ров.

Предварительное распределение мощностей и энергий по уч. линии в реж. макс. нагрузки.

б) в режиме наименьшей нагрузки ( мин. режим) расчет производится в той же последовательности, но нагрузка берется наименьшая из годового графика по продолжительности. Если такие данные отсутствуют, то принимается 50% нагрузки максимального режима.

Для определения мощности трансформатора, устанавливаемой на двухтрансформаторной подстанции, нужно нашу большую нагрузку подстанций разделить на число температур и прибавить 30% запаса мощности и затем по табл. ГОСТа выбрать трансформатор ближайшей большей мощности

### Потери активные и реактивные трансформатора:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 1/n \Delta P_{\text{кт}} (S_x/S_{\text{нт}})^2 + n \Delta P_{\text{хх}} = (1/2) * 18 * (840/630)^2 + 2 * 3,6 = 23,2 \text{ [кВт]}$$

$$\Delta Q_{\text{т}} = U_{\text{к}} \% S_x^2 / 100 n S_{\text{нт}} + n I_{\text{хх}} \% S_{\text{нт}} / 100 = 6,5 * 840^2 / 200 * 630 + 2 * 1,4 * 630 / 100 = 54,04 \text{ [кВАР]}$$

Здесь n=2- число трансформатора.

В результате в вводной части трансформатора активная и реактивная мощность будет иметь следующий вид:  $P_{\text{ввод}}^{\text{тр}} = P + \Delta P_{\text{тр}} = 800 + 23,2 = 823,2 \text{ [кВт]}$  ;

$$Q_{\text{ввод}} = Q + \Delta Q_{\text{тр}} = 600 + 54,04 = 654,04 \text{ [кВар]} ;$$

В этом случае полная мощность:

$$S_{\text{ввод}}^{\text{тр}} = P_{\text{ввод}}^{\text{тр}} + jQ_{\text{ввод}}^{\text{тр}} = 823,2 + j654,04 \text{ [кВА]} ;$$

Потеря энергии в трансформаторе:

$$\Delta A_{\text{тр}} = (1/n) \Delta P_{\text{кт}} (S_x/S_{\text{нт}})^2 \tau + n \Delta P_{\text{хх}} T_{\text{и}} = (1,2) * 18 * (840/630)^2 * 200 + 2 * 3,6 * 8760 = 88592 \text{ [кВт. с/год]}$$

Здесь,  $\tau$ -максимальная потеря времени, берется из таблицы-10 и из графика  $\tau=f(T)$

Теперь, чтобы выбрать провод линии электра передач выполняется следующие расчеты. Чтобы найти поперечное сечение провода воздушной линии и чтобы она соответствовала номинальному напряжению нужно найти максимальный рабочий ток.

$$I_{\text{макс}} = S_{\text{ввод}}^{\text{тр}} / \sqrt{3} U_{\text{н1}} = (823,2 + j654,04) / 35 \sqrt{3} = \sqrt{823,2^2 + 654,04^2} / 35 \sqrt{3} = 1051 / 35 \sqrt{3} = 17,3 \text{ [А]}$$

Если рабочий ток имеет двойную цепь, то будет в два раза меньше. Конечно же, площадь поперечного сечения провода и сам провод основывается на выборе максимального рабочего тока  $I_{\max}$  и выбранный провод сравнивается с разрешенным током и напряжением. Здесь выбранная проволока проверяется на следующих условиях:

$$I_{\text{раз}} \geq I_{\max} U$$

Площадь выбранного поперечного сечения и его паспортные данные пишут в таблицу-11.

Вычисляем активные и реактивные сопротивления линии:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell \text{ [OM]};$$

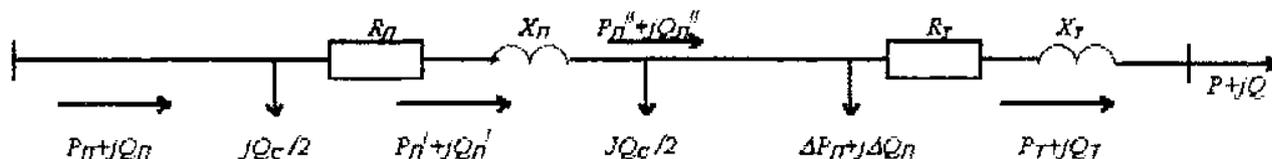
Зарядная реактивная мощность вычисляется таким образом:

$$Q_c = U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]};$$

Если линии электропередач будет двух проводной, то расчет выполняется в следующем виде:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad Q_c = 2 U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]}.$$

Здесь:  $r_0, x_0, b_0$ -берутся из таблицы в соответствии с видом проволоки.



**Рисунок-2.**

Зная параметры линии электра передач, можно на основе схемы замещения вычислить мощность и потери, которые течет по радиальным сетям и системам.

Из рисунка.2 видно, что активные и реактивные мощности в конце линии равны:

$$P_{\text{л}}^{11} = P_{\text{г}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^{11} = Q_{\text{г}} - Q_c / 2 \text{ [кВар]};$$

Определяем активную и реактивную мощность потери линии:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) R_{\text{л}} / U_{1\text{н}}^2 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) X_{\text{л}} / U_{1\text{н}}^2 \text{ [кВар]};$$

Учитывая потери линии, мощность на концах линии будет:

$$P_{\text{л}}^1 = P_{\text{л}}^{11} + \Delta P_{\text{л}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^1 = Q_{\text{л}}^{11} + \Delta Q_{\text{л}} \text{ [кВар]};$$

В результате, определяем начальную мощность линии:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{л}}^1 \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}} = Q_{\text{л}}^1 - Q_c / 2 \text{ [кВар]};$$

Потеря электроэнергии на линии будет таковым:  $\Delta A_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau \text{ [кВт.с/год]}.$

Для выбранной линии электропередач потеря напряжения проволоки определяется с помощью формулы:

$$\Delta U_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^1 R_{\text{л}} + Q_{\text{л}}^1 X_{\text{л}}) / U_{\text{л}} \text{ [кВ]};$$

Потеря напряжения в воздушных линиях  $\Delta U_{\text{л}}$  должно быть до 5%.

$$\Delta U \% = \Delta U_{\text{л}} 100 \% / U_{\text{л}}^{11} \leq 5 \%$$

Здесь:  $U_{л1}$  - напряжения линии в конечной области, это соответствует с напряжением  $U_1$ , которая соединяется с верхней обмоткой трансформатора .  
 В таком случае начальное напряжение линии:

$$U_{л1} = U_{л} + \Delta U_{л} \quad [\text{кВ}];$$

Определяем КПД линии и мощности:

$$\eta = P_{л1} / P_{л} \quad \cos \varphi_{л} = P_{л} / S_{л};$$

здесь:  $S_{л} = P_{л} + jQ_{л}$  [кВА]-комплексный вид или  $S = \sqrt{P_{л}^2 + Q_{л}^2}$  [кВа ном.

## ТЕМА № 11.

### Расчёт воздушных линий электропередач на механическую прочность.

**Цель.** Изучение механическую прочность элементов систем электрической сети

#### План :

1. Общие сведения.
2. Внутренние сети
3. Наружные воздушные сети
4. Кабельные сети

#### Общие сведения.

Механическая прочность возд. линий опр-ся способностью ее конструктивных элементов выдерживать мех. нагрузки, обусловленные действием ветра на поверхности проводов, тросов, опор, действием массы самих проводов и массы гололеда. Величины этих воздействий зависят от климатических условий местности. Поэтому вся территория нашей страны разделена на 5 клим. района по гололеду и 7 кл. района по скор. наопру ветра. Территория Средней Азии может быть отнесена к П-кл. ( 10мм)

району по гололеду и IV - клим. району по скоростному напору ветра. (30 м/с) .

Климатич. районы отличаются толщиной стенки гололеда, образуемой на поверхности провода и скоростью ветра, которые приведены в справочниках.

Гололед образуется на проводах во время туманов, снегопада или во время дождя при температуры от 0 до -5С. В пределах этих температур снежинки и капли дождя подмерзают и образуют слой льда на поверхности провода.

в) Нагрузки от собственной массы провода, покрытого гололедом. Направление ветра при расчете принимается горизонтальным

Г о л ы е (неизолированные) п р о в о д а изготавливают из м е д и, а л ю м и н и я и стали без изолирующих покровов. Их применяют главным образом в воздушных сетях, где они подвешиваются к специальным опорам с помощью арматуры и изоляторов, но иногда и во внутренних сетях.

Медь обладает наименьшим удельным электрическим сопротивлением 18 Ом-мм<sup>2</sup>/км при 20° С. Временное сопротивление на разрыв медной проволоки, подвергавшейся горячей прокатке, а затем холодному волочению, составляет 38—40 кгс/мм<sup>2</sup>.

Медь по сравнению с алюминием является более дорогим и дефицитным металлом, поэтому в настоящее время новых воздушных линий с медными проводами не сооружают.

Алюминий обладает в 1,6 раза большим удельным электрическим сопротивлением 29,5 Ом-мм<sup>2</sup>/км при 20°С. Временное сопротивление на разрыв твердотянутой алюминиевой проволоки составляет всего 15— 16 кгс/мм<sup>2</sup>, поэтому алюминиевые провода обычно применяют только в сетях напряжением до 35 кВ.

Сталь обладает значительно более высоким удельным электрическим сопротивлением, которое зависит от ее сорта, способа изготовления провода и

от величины тока, проходящего по нему. Временное сопротивление на разрыв стальных проводов достигает 70—120 кгс/мм<sup>2</sup> и более.

Для предотвращения окисления стальные провода оцинковываются.

Стальные провода применяют редко при сравнительно малых нагрузках, характерных для сельских сетей. В отдельных случаях вследствие высокой механической

прочности стальные провода применяют при выполнении переходов воздушных линий через широкие реки и другие препятствия.

По конструктивному выполнению различают однопроволочные и многопроволочные провода. Последние часто бывают комбинированными — из алюминия и стали. На линиях иногда применяют расщепление проводов: подвешивают одновременно по несколько проводов на фазу.

Однопроволочный провод состоит из одной круглой проволоки. Многопроволочный провод свивается из отдельных круглых проволок диаметром 2—3 мм. При увеличении сечения провода число проволок возрастает. Например, алюминиевый провод сечением 35 мм<sup>2</sup> состоит из семи проволок, а алюминиевый провод сечением 185 мм<sup>2</sup> — из 19 проволок.

Однопроволочные провода дешевле многопроволочных, однако они менее гибки и имеют меньшую механическую прочность. Поэтому однопроволочные стальные провода изготавливают диаметром не более 5 мм. Алюминиевые однопроволочные провода вообще не изготавливают из-за их низкой прочности.

В сталеалюминевых проводах внутренние проволочки (сердечник провода) выполняют из стали, а верхние из алюминия. Стальной сердечник предназначен для увеличения механической прочности провода; алюминий является токопроводящей частью. Хотя сечение стальной части в среднем в 5 раз меньше сечения алюминиевой части, стальная часть воспринимает около 40% всей механической нагрузки. Сталеалюминевые провода широко применяют в сетях напряжением 35 кВ и выше.

В марке провода буквой отмечается его материал: медные М, алюминиевые А, сталеалюминевые АС, стальные однопроволочные ПСО, стальные многопроволочные провода ПС и ПМС (провод медянистый стальной). Провода ПС имеют присадку меди до 0,2%, а провода ПМС — до 0,4%. Провода ПМС имеют большую коррозионную устойчивость, и поэтому срок их службы в полтора раза превышает срок службы проводов ПС.

Сталеалюминевые провода с усиленным стальным сердечником имеют марку АСУ, с облегченным стальным сердечником АСО. В марке провода указывается и его номинальное сечение. Например, А-50 означает алюминиевый провод сечением 50 мм<sup>2</sup>. Для стальных однопроволочных проводов в марке указывают диаметр провода. Так, ПСО-5 означает однопроволочный стальной провод диаметром 5 мм. Стальные многопроволочные грозозащитные тросы имеют марки С-35, С-50, С-70.

Расщепление проводов применяется на линиях сверхвысоких напряжений. Этим достигается ослабление электрического поля около проводов и снижение ионизации воздуха (явления «короны»).

Провода воздушных линий соединяют при помощи специальных зажимов путем обжатия или прессования. Концы проводов соединяют термитной сваркой. Посредством термитной сварки создают цельнометаллическое соединение, не изменяющее с течением времени своих электрических характеристик и имеющее хорошие механические характеристики.

Изолированные провода имеют внешние изолирующие, а иногда и защитные покрытия. Они используются в основном для внутренних сетей. Токоведущие жилы проводов выполняют из круглой медной или алюминиевой проволоки. Изготавливают одно-, двух-, трех-, , четырехжильные и многожильные провода.

Изолирующую оболочку выполняют из резины или полихлорвинилового пластиката. Защитные покрытия проводов с резиновой изоляцией выполняют в виде оплетки из волокнистых материалов, пропитанной противогнилостным составом. Провода с полихлорвиниловой изоляцией обычно изготавливают без защитных покрытий. Применяют также металлические защитные оболочки для защиты от механических повреждений. Два свитых вместе гибких изолированных провода называют шнуром. По напряжению провода изготавливают на 220, 380, 500, 2000 и 3000 В переменного тока, а шнуры — на 220 В.

Отечественные заводы изготавливают большой ассортимент проводов и шнуров, предназначенных для различных условий прокладки и работы. Провода с медной жилой и резиновой изоляцией имеют марки ПР, а с алюминиевой жилой — АПР. Провода марок ПР и АПР применяют для неподвижных прокладок на изоляторах внутри помещений.

Для присоединения подвижных частей электрических машин и аппаратов используют изолированные провода повышенной гибкости марки ПРГ. Буква Г в марке провода означает, что его жила имеет повышенную гибкость.

Для прокладки в стальных, стеклянных и других трубах применяют изолированные провода марок ПРТО и АПРТО. Провода с полихлорвиниловой изоляцией и с медной или алюминиевой жилой имеют марки ПВ и АПВ. Шнур с резиновой изоляцией имеет марку ШР.

Кабелем называют многопроволочный провод или несколько скрученных вместе взаимно изолированных проводов (жил) при выполнении в общей герметической оболочке. Поверх оболочки могут быть наложены защитные покрытия. Силовые кабели предназначены для • прокладки в земле, под водой, на открытом воздухе и внутри помещений.

Силовые кабели напряжением до 35 кВ включительно изготавливают главным образом с изоляцией из плотной бумаги, пропитанной специальной кабельной массой (компаундом). Применяют также кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией. Токоведущие жилы изготавливают из медных или алюминиевых проволок и для уменьшения размеров выполняют секторной формы и между отдельными жилами вставляют специальные жгутики — заполнители из джута. Поверх изоляции кабель спрессовывают бесшовной оболочкой из алюминия или свинца для того, чтобы в изоляцию не попадала влага из воздуха. Для кабелей напряжением до 1 кВ применяют также оболочки из пластмасс.

Для защиты от механических повреждений кабель покрывают броней из стальной ленты. Между металлической оболочкой кабеля и броней и поверх брони накладывают покровы из джута, пропитанные антикоррозионными составами. В воздухе прокладывают кабели без наружного джутового покрова. Для прокладки в туннелях и других местах, опасных в пожарном отношении, применяют специальные кабели с негорючими защитными покровами.

Кабели на напряжение 20 и 35 кВ выполняют с отдельно освинцованными круглыми жилами. Наличие отдельных свинцовых оболочек для каждой фазы обеспечивает более равномерную структуру электрического поля и, следовательно, лучшее использование изоляции кабеля.

В кабелях с вязкой пропиткой после первого же цикла нагрева током образуются пустоты. Объясняется это тем, что температурный коэффициент расширения кабельной массы значительно превышает коэффициенты расширения изолирующей бумаги, свинца и пр. Наличие пустот ослабляет электрическую прочность кабеля.

При напряжении 35 кВ находят применение газонаполненные кабели. Это освинцованные кабели, изолирующая бумага которых пропитана относительно малым количеством кабельной массы. Кабель находится под небольшим избыточным давлением инертного газа (обычно азота), что значительно повышает изолирующие свойства бумаги.

На рис. дан схематический разрез трехжильного газонаполненного кабеля на напряжение 35 кВ. Для выравнивания электрического поля поверх бумажной изоляции каждой фазы наложен экран из металлизированной бумаги. Газопроводящие каналы образованы открытыми металлическими спиралями, что обеспечивает свободный доступ газа в изоляцию по всей длине кабеля.

Газонаполненные кабели применяют и на напряжение 10 кВ при крутонаклонной и вертикальной прокладках. Применение обычных кабелей с вязкой пропиткой привело бы к стеканию пропиточной массы в верхних участках трассы кабеля. Кроме газонаполненных кабелей, в этих случаях применяют также кабели со специальной нестекающей пропиточной массой.

При напряжениях выше 70 кВ кабели с вязкой пропиткой практически неприменимы, так как при этом потребовалось бы значительное увеличение диаметра кабеля, что весьма затруднило бы его транспорт. В таких случаях применяется заполнение маслом или газом под давлением.

Кабели 110 кВ и выше обычно выполняют одножильными. Существует значительное число конструкций таких кабелей. Маслонаполненный кабель низкого давления. Внутри жилы, выполненной из отдельных медных проволок, находится медная спираль, образующая сплошной канал. Он заполнен маслом под небольшим избыточным давлением, что исключает возможность образования пустот в изоляции кабеля и значительно повышает его электрическую прочность.

В марке кабеля указывают число и сечение жил кабеля. Например, СБ-ЗХ95 означает освинцованный и бронированный двумя стальными лентами трехжильный кабель с медными жилами сечением 95 мм<sup>2</sup>, с наружным джутовым покровом; СБГ-ЗХ95 означает такой же кабель, но без наружного джутового покрова; АСБГ — освинцованный бронированный кабель с

алюминиевыми жилами без наружного джутового покрова; ААБГ — кабель с алюминиевыми жилами в алюминиевой оболочке.

### **Внутренние сети**

В зависимости от типа и назначения помещений внутренние сети выполняют изолированными проводами и шнурами, кабелями, токопроводами (шинопроводами). По способу выполнения проводки внутри помещений делятся на открытые и скрытые.

К открытым относятся проводки, выполненные по поверхностям стен, потолков, по фермам и т.д. К числу их относятся проводки изолированными проводами на изоляторах, кабелями" на скобах, шинопро. Сталеалюминиевые водами.

К скрытым относятся проводки внутри конструктивных элементов зданий: стен, полов, перекрытий. Различают сменяемые и несменяемые скрытые проводки. При сменяемых проводках в процессе эксплуатации провода или кабели могут быть заменены без разрушения строительных конструкций. К числу их относятся проводки в различных трубах, каналах и пустотах строительных конструкций, из которых при необходимости ' провода или кабели могут быть вытянуты или затянуты вновь.

Несменяемыми называют проводки, выполненные проводами, наглухо заделанными в теле строительных конструкций: под слоем штукатурки, по перекрытиям в конструкции полов и т. п. В случае выхода из строя такую проводку практически приходится заменять открытой.

Способы выполнения проводок определяют в зависимости от назначения помещения, особенностей строительных конструкций и технологии, удобства эксплуатации, экономики условий окружающей среды.

Скрытая прокладка проводов в наибольшей степени отвечает архитектурным и гигиеническим требованиям. Она находит преимущественное применение в общественных, административных и жилых зданиях.

При значительном количестве линий, проходящих по одной трассе, применяют прокладку проводов или кабелей в лотках , кабелей в каналах и т. п.

Широкое распространение находят токопроводы. Т о к о п р о в о д о м называют устройство состоящее из проводников со всеми относящимися к ним изоляторами и конструкциями, предназначенное для передачи электроэнергии на опорных конструкциях, в туннелях, галереях и т. п. Токопроводы выполняют голыми однопроволочными и многопроволочными проводками и стальными или алюминиевыми шинами различного профиля поперечного сечения: прямоугольного, корытного и др. Токопроводы, выполненные жесткими шинами, часто- называют шинопроводами. В целях уменьшения размеров токопровода и увеличения надежности его работы иногда токопроводы низкого напряжения выполняют изолированными шинами.

Токопроводами низкого напряжения выполняют магистральные линии и распределительные сети внутри цехов промышленных предприятий. На рис. показаны простейшие конструкции трехфазных токопроводов, состоящих из

голых шин 1, разъемного стального короба 2 и прокладок 3 специальной формы, служащих для изоляции шин. Зажимы 4 токопровода предназначены для присоединения ответвлений к электроприемникам. Для присоединения или отсоединения последних напряжение с шин сборки должно быть снято.

На токопроводах, устанавливают ответвительные коробки со специальными штепсельными контактами, которые позволяют отсоединять и присоединять приемники, не снимая напряжение с токопровода (но при отключенном приемнике).

Токопроводы в цехах прокладывают на кронштейнах, на поддерживающих стойках и путем подвески их на стойке и тросе (рис. 2-10, в).

Токопроводы высокого напряжения 6—20 кВ применяют для передачи значительной мощности на расстояние до 1,5—2 км. На промышленных предприятиях их применяют в качестве магистральных линий от источников питания (теплоэлектроцентрали или центральной понижающей подстанции) к цеховым подстанциям и отдельным мощным электроприемникам.

Токопроводы высокого напряжения прокладывают в закрытых галереях или туннелях (рис. 2-11, а) или в виде шинных мостов и подвесных гибких токопроводов. При больших токах токопроводы выполняют из нескольких проводов на фазу (рис. 2-11, б)

### **Наружные воздушные сети**

Воздушные линии состоят из трех основных элементов: проводов, изоляторов и опор. В последнее время изолирующие конструкции стараются сделать частью опор.

Расстояние между двумя соседними опорами называют длиной пролета или пролетом / линии. Под влиянием собственного веса провод в пролете провисает по цепной линии. Расстояние от точки подвеса провода до его нижней точки называют стрелой провеса / провода. Наименьшее расстояние от наименьшей точки провода до земли  $H$  должно обеспечивать безопасность движения людей и транспорта. Это расстояние зависит от условий местности, от напряжения линии и т. п. Для ненаселенной местности  $H = 6—7$  м, для населенной 6—8 м.

Расстояние между соседними проводами воздушной линии обеспечивает требуемый изоляционный промежуток и зависит главным образом от ее номинального напряжения.

Высота опоры  $H$  при горизонтальном расположении проводов и креплении их на штыревых изоляторах определяется размером  $k$  и максимальной стрелой провеса. При креплении проводов на Длину пролета линии обычно определяют из экономических соображений. С увеличением длины пролета резко возрастает стрела провеса, а следовательно, и высота опор, что увеличивает их стоимость. Вместе с тем с увеличением длины пролета уменьшается число опор и снижается стоимость изоляции линии (меньше изоляторов и арматуры для крепления проводов).

В линиях напряжением до 1000 В расстояние между проводами мало, изоляция линии относительно дешева, опоры просты и недороги. Поэтому для таких линий экономически целесообразны сравнительно небольшие длины пролетов 40—50 м при высоте опор 8—9 м.

В линиях напряжением свыше 1000 В экономически целесообразны большие пролеты: в линиях **110** кВ на деревянных опорах они обычно составляют 150—200 м при высоте опор с горизонтальным расположением проводов 13—14 м, для линий 220—500 кВ на металлических опорах они достигают 400—450 м при высоте опор 25—30 м.

Изоляторы воздушных линий предназначены для изоляции проводов линий от опор. Линейные изоляторы изготавливаются из фарфора и из закаленного стекла. Изоляторы разделяют на штыревые и подвесные.

Штыревые изоляторы применяют на линиях напряжением до 35 кВ включительно.

Они состоят из двух фарфоровых элементов / и 3, соединенных при помощи цементирующей замазки 2 Их крепят на стальных штырях или крюках. Штыри применяют при установке изоляторов на опорах с траверсами а крюки — при установке изоляторов на стойке опоры

Провод крепят на изоляторе при помощи вязки из мягкой отожженной проволоки того же материала, что и сам провод.

Подвесные изоляторы применяют на линиях напряжением 35 кВ и выше. Из таких изоляторов составляют гирлянды. Число изоляторов в гирлянде зависит от напряжения линии: например, для линий 35 кВ в гирлянде должно быть два-три изолятора, для линий 110 кВ шесть-семь, для линий 220 кВ 12—14 и т. д. Каждый изолятор имеет гарантированную прочность на разрыв, которая для различных типов изменяется в пределах от 3 до 11 Т. Соответственно изменяются размеры изолятора: высота *А* в пределах 155—215 мм и диаметр *В* в пределах 260—350 мм.

В настоящее время изготавливают так называемые малогабаритные изоляторы из фарфора лучшего качества. Высота каждого изолятора уменьшается на 20—30 мм, что уменьшает длину гирлянды изоляторов для линий **110** кВ и выше и приводит к уменьшению высоты опор.

Подвесные стержневые изоляторы применяют на линиях 110 кВ вместо гирлянд подвесных изоляторов. Стержневые изоляторы значительно легче и дешевле гирлянд подвесных изоляторов. Недостатком их является несколько большая трудность в обеспечении необходимых механических характеристик при их изготовлении.

Конструктивное выполнение фазы линии 500 кВ с расщепленными проводами: три провода расположены по вершинам равностороннего треугольника со сторонами 40 см. Провода фазы скреплены несколькими жесткими растяжками в пролете.

Опоры воздушных линий предназначены для поддержания проводов линий на определенном расстоянии от земли, обеспечивающем безопасность людей и надежную работу линий. Их изготавливают из дерева, металла и железобетона. Основную часть опор линии составляют облегченные, так называемые промежуточные опоры с поддерживающими провода гирляндами изоляторов. Через каждые 3—5 км устанавливают более прочные анкерные опоры. Анкерные опоры устанавливают также для повышения надежности работы линии, при переходах через железные дороги, пересечении других воздушных линий и т. п.

Наиболее часто встречающиеся расположения проводов на опорах схематически. Там же указано и возможное расположение грозозащитных тросов. Расположение проводов по вершинам треугольника широко распространено на линиях до 20—35 кВ и на одноцепных линиях 110 кВ на металлических опорах. Горизонтальное расположение продлится 50 лет и более. Стоимость металлических и железобетонных опор значительно превышает стоимость деревянных опор. Выбор того или иного материала для опор обуславливается экономическими соображениями, а также наличием соответствующего материала в районе сооружения линии.

Составные промежуточные опоры с треугольным расположением проводов для линии 6 кВ и линии 35 кВ. Промежуточная составная деревянная опора с горизонтальным расположением проводов для линии 110 кВ, анкерная опора 110 кВ, выполненная, из целых бревен. Различия между анкерными и промежуточными опорами. Анкерная опора более жесткая, на ней провода натягиваются. На промежуточной опоре провода только поддерживаются. Промежуточная металлическая опора для двухцепной линии 110 кВ, промежуточная металлическая опора порталного типа с горизонтальным расположением проводов для линии 220 кВ. Промежуточная двухцепная железобетонная опора линии 110 кВ.

### **Кабельные сети**

Кабельные линии вне зданий обычно прокладывают в траншеях

Глубина прокладки кабелей 0,7—1 м, ширина траншеи зависит от числа прокладываемых кабелей. Если вблизи трассы кабелей возможны земляные работы, то для защиты от механических повреждений поверх кабелей укладывают кирпичи или гончарные 110кВ

В больших городах при наличии усовершенствованных покрытий улиц и на крупных промышленных предприятиях кабели прокладывают в железобетонных блоках. При прокладке кабели затягивают в трубы блока, концы кабелей соединяют в специальных колодцах. При повреждении кабелей, проложенных в блоках, их заменяют без вскрытия поверхностного покрытия улиц. Основные недостатки прокладки кабелей в блоках: относительно высокая стоимость, плохие условия охлаждения.

При большом числе параллельно прокладываемых кабелей применяют прокладку в туннелях. При этом улучшаются условия эксплуатации, снижается площадь поверхности земли, необходимая для прокладки кабелей. Стоимость туннелей очень высока.

Отдельные участки кабелей соединяют при помощи соединительных муфт. При этом концы жил кабелей заделывают в соединительные зажимы и изолируют лентами кабельной бумаги. Поверх соединения надевают свинцовую муфту, концы которой припаивают к свинцовой оболочке кабелей. Через специальные отверстия муфту заполняют кабельной массой, после чего отверстия запаивают.

Применяют и другие конструкции соединительных муфт. Хорошо себя зарекомендовали соединительные муфты из эпоксидного компаунда, который заливают во временную форму, устраняемую после его отвердения.

На концах кабелей применяют концевые муфты. Внутри помещений для кабелей на напряжение 10 кВ и ниже применяют концевые воронки из стали, которые заливают кабельной массой. Есть так называемая «сухая разделка» (кабеля) и концевая разделка из эпоксидного компаунда.

Кабельные линии 110—220 кВ снабжаются специальной арматурой для обеспечения избыточного давления и др.

Кабельные линии значительно сложнее и дороже воздушных. Они применяются в тех случаях, когда применение воздушных линий недопустимо по каким-либо условиям (в центральных районах городов, вблизи аэродромов, на территории промышленных предприятий и т.д.).

Представим провод, закрепленный в двух точках, расположенных на одинаковой высоте. Расстояние между ними по горизонтали наз. пролетом, а наибольшее отклонение от горизонтали - стрелой провеса.

Выделим часть провода от нижней точки  $O$  до произвольной точки  $A$  и рассмотрим условие равновесия этой части. Обозначим нагрузку от собственной массы и внешних воздействий ветра и гололеда на единицу длины через

При работе провода пролете наибольшее напряжение на растяжение в нем может наступить при одном из двух условий: при наиб. уд. нагрузке или при низкой температуре в данной местности. В последнем случае увеличение натяжения провода происходит за счет сокращения его длины.

Т.к. наиб. добавочная нагрузка от гололеда и ветра наступает при  $-5^\circ\text{C}$ , т.е. не совпадает по времени с наименьшей. Сталеалюминевые ей температурой  $-40^\circ\text{C}$ , то при расчете проводов необходимо выяснить, какой из этих случаев будет наиболее тяжелым для провода в данном случае.

Для выяснения поставленного вопроса проанализируем уравнение состояния провода в отношении зависимости напряжений от величины пролета.

Наиб. стрелу провеса провод имеет или при макс. доп. нагрузке от гололеда и ветра при температуре  $-5^\circ\text{C}$ , когда провод удлиняется от мех. сил или при наивысшей температуре окружающего воздуха, принимаемой равной  $+40^\circ\text{C}$ , когда провод удлиняется от теплового расширения металла. Чтобы узнать в каком из двух случаев провод имеет наиб. стрелу провеса вводится понятие критической температуры.

Кривич. температурой наз. такая температура провода несущего нагрузку только от собственной массы, при которой провод имеет стрелу провеса такую же, какую он имеет и при наиб. вертикальной нагрузке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ :

13. Идельчик В.И.-Электрические сети и системы. Учебник М. Энергоатомиздат, 1989г.
14. Блок В.М.-Электрические сети и системы-М. «Высшая школа», 1986г.
15. Каримов Х.Г. Расулов А.Н. Электр тармоқлари ва системалари. 1 қисм Тошкент 1996 г. 165 бет.
16. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие (под. Ред. Веникова В.А.) энергоатомиздат,1983г.
17. Строев В.А. Электрические системы и сети. Учебник. М. «Высшая школа», 512с. 1998г. 3
18. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. Под общ. ред. профессоров МЭИ. М: издательство МЭИ,2004.964с.
19. Гойибов Т.Ш. электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар тўплами. Ўқув қўлланма.-Т: ТошДТУ,2006.
20. Гойибов Т.Ш. Электр тармоқлари ва тизимлари/Ўқув қўлланма. – Т.: «Ворис-нашриёт». 2010. 160 б.
21. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан курс лойиҳасини бажариш бўйича услубий қўлланма./Шарипов У.Б., Хамидов Ш.В., Хайдаров С.Ж. – Т.: ТошДТУ, 2003.
22. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан курс лойиҳасини бажариш бўйича услубий қўлланма./КаримовХ.Г., Таслимов А.Д., Мамарасулова Т.С.. – Т.: ТошДТУ, 2006.
23. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан тажриба ишлари учун услубий қўлланма./Гайибов Т.Ш., Тазинбаева А.К. – Т.: ТошДТУ, 2007.
24. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан тажриба ишлари учун услубий қўлланма./Таслимов А.Д., Рисмухамедова Д.А., Мамарасулова Т.С. – Т.: ТошДТУ, 2004.

### Дополнительные литературы

5. Электрические системы. /Электрические сети/ Под ред. В.А.Веникова - М.: Высшая школа, 1981. - 439 с.
6. Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем. - Л.: Энергия, 1987, 391 с.
7. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях: Учебное пособие для ВУЗов/Ю.Н.Астахов, В.А.Веников, В.В.Ежков и др. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
8. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, В.В. Ежнов, Г.К. Зарудский, Э.И.Зуев под ред. Строева В.А. М. «Высшая школа» 352с. 1999г.

### 3.3. Электрон ресурслар

3. Сайт: [www/energystrategy.ru](http://www/energystrategy.ru)
4. Сайт: [www/uzenergy.uzpak.uz](http://www/uzenergy.uzpak.uz)

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛИ (ЛЕКЦИЯ,  
УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ)**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

Доц.Шайматов Б.Х.,  
Ст.преп. Холмурадов М.Б.  
асс.Мавлянов Ж.

Методическое пособие к выполнению лабораторных работы по курсу: «Электрические сети и системы » Доц.Шайматов Б.Х.,Ст.преп.Холмурадов М.Б. асс.Мавлянов Ж. Навои: НГГИ, 2015-30 с.

Методические пособие предназначены для выполнения лабораторных работы по курсу «Электрические сети и системы». Студенты, выполняющие лабораторных работы изучают существующих видов элементов электроэнергетики, электрические сети и систем, а также конструктивное исполнение воздушных линий, указанных в описаниях. В указаниях предложена теоретическая часть для выполнения лабораторных работы, а также показано их решение. В том числе в указаниях дано паспортные данные элементов электрических сетей и системы. Данные методические указания рекомендованы для студентов обучающихся по направлению 5310200 «Электроэнергетика».

Кафедра «Электроэнергетика»

Методическое пособие обсуждено на заседании кафедры «Электроэнергетика» Протокол № 15 от 05.03.15 г. а также рассмотрено учебно-методическим советом ЭМФ и рекомендовано к печати решением Учебно-методического совета НГГИ.

Рецензенты: Ведущие инженер Навоийкий тепловой  
электрических станции

Х.Х.Эшев

Доцент кафедры «Автоматизации и управления  
технологические процесс и производства» НГГИ

Эшмуродов З.О

## Предисловие

Методические пособия предназначены для выполнения лабораторных работ по курсу «Электрические сети и системы». То есть, в соответствии учебным планом возникающие сложные задачи в области электрических сетей и системы, отвечая, на эти вопросы в виде выполнения лабораторных работ помогает каждому студенту еще больше расширить свой кругозор. А также, отвечая на научно-технические вопросы; сталкиваясь с новыми идеями в электрических сетях и системах. В энергетической программе Узбекистана сформулированы важнейшие задачи развития промышленности путём интенсификации и повышения эффективности производства на базе научно-технического процесса.

В области электрических сетей и систем предусматривается повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональной эксплуатации высоконадёжного электрооборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при её передаче, распределении и потреблении.

Развитие и усложнение структуры электрических сетей и систем, возрастающие требования к экономичности и надёжности их работы в сочетании с изменяющейся структурой и характером потребителей электроэнергии на базе современной вычислительной техники ставит проблему подготовки высококвалифицированных специалистов.

Изучение и рассмотрение вопросов электрических сетей в системах электроснабжения. Развитие системы электроснабжения в Узбекистане. Общая система электроснабжения, место систем электроснабжения. Свойства электроснабжения в промышленных предприятиях.

Изучение выбора рационального напряжения, мощности и количество силовых трансформаторов. Выбор цеховых трансформаторов, распределительных устройств, компенсация реактивной мощностей, автоматизация и диспетчеризация, а также экономика электроэнергии. Решением их может быть использование литературы, которая помогает каждому студенту.

Лабораторные работы выполняются на базе филиалы кафедры НЭТ, а также рассмотрено в № 5-подстанции НГМК участках систем электроснабжения промышленных предприятий. Для выполнения работы позволяет получить студентам представления о распределении мощности в разветвленной электрических сетей, определение мощностей сложно-замкнутых электрических сетей, изучение нормальных режим работы электрических сетей, изучение статический режим работы замкнутых сетей на напряжения 110/220 кВ.

Каждый будущей бакалавр-энергетик, который получил своё теоретическое знание, должен осуществить его на практике, и вместе с этим создаются условия для усвоения предмета «Электрические сети и системы».

Данные методические пособия рекомендованы для студентов, обучающихся по направлению 5310200 «Электроэнергетика».

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ОСНОВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Ознакомление с основными элементами воздушных линий прикрепленных на стенде.

Основными элементами ВЛ являются провода, изоляторы, линейная арматура, опоры и фундаменты.

#### I. ПРОВОДА.

На ВЛ предпочитается голые (неизолированные) провода состоящие из одной или нескольких проволок. Провода из одной проволоки, называемые однопроволочными, имеют меньшую прочность и применяются как правило, на низких напряжениях до 1000 В. Многопроволочные провода состоящие из нескольких проволок используют на линиях всех напряжений.

Однопроволочные провода.

Согласно ПУЭ на линиях напряжением до 100В. Допускается применение однопроволочных стальных проводов диаметром не менее 1 мм., не более 5 мм. ВЛ отведенная от линий ввода к зданиям допускается применение проводов диаметром 3мм. Ограничение минимального диаметра обусловлено тем, что провода меньшего диаметра имеют недостаточную прочность. Но большие диаметры ограничены из-за того, что изгибы оцентровочного провода большего диаметра могут вызвать в его слоях такие остаточные деформации, которые приводят к существенному снижению его прочности.

Многопроволочные провода

Скругленные из нескольких проволок эти провода обладают большой гибкостью: они могут быть выполнены любого необходимого сечения. Диаметры стальных проволок и их число подбирают так, чтобы сумма пересеченных сечений отдельных проволок дала требуемое общее сечение провода.

Как правило многопроволочные провода изготавливаются из круглых проволок, поочередно помещаются одна, две, три или четыре проволоки одинакового диаметра.

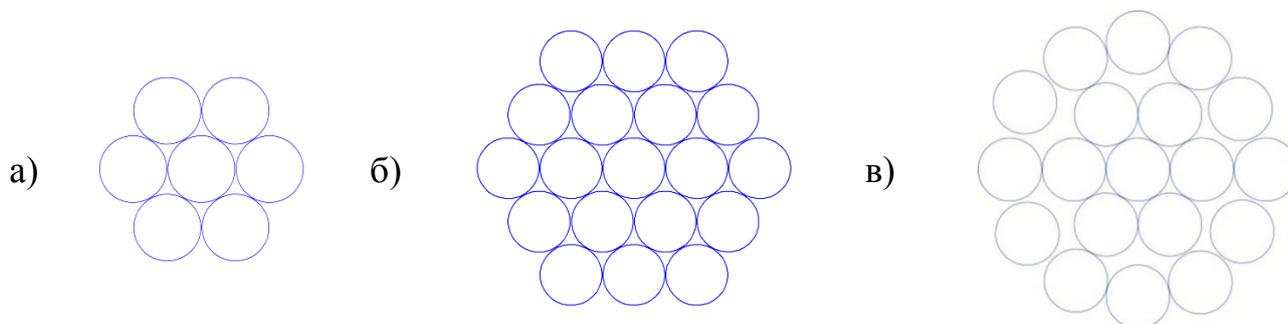


Рис. I-I. Многопроволочные провода

Наиболее распространены конструкции с одной центральной проволокой (рис. I-I, а.): провода с тремя свитыми вместе центральными проволоками (рис. I-I, а.): применяются в случаях когда желательнее увеличить диаметр провода.

На центральную проволоку(или проволоки) навивается один или несколько концентрических повивав (слоев) проволок в зависимости от требуемого сечения провода.

После скрутки каждая проволока, кроме одной центральной располагается по винтовой линии.

Для придания проводу круглой формы и для предотвращения его раскручивания смежные повивы скручиваются в противоположных направлениях причем наружному повиву дают правое направление.

Для всех проводов приняты условные обозначения, состоящие из буквенной и цифровой части; буквы указывают материал провода (А-алюминиевый, АС-сталеалюминиевый). Добавляемые к этим обозначениям буквы КП показывают что межпроволочное пространство

Всего провода за исключением наружной поверхности заполнено нейтральной смазкой, защищающей провод от коррозии. Таким образом, марка АКП означает алюминиевый провод повышенной коррозиестойкости.

Сталеалюминиевые провода выпускаются также марки АСКС- с заполнением смазкой межпроволочного пространства стального сердечника и марки АСК - с изоляцией стального сердечника двумя лентами из полиэтиленовой пленки Эти провода имеют также Повышенную стойкость против коррозии, но в меньшей степени чем провода АСКП.

После буквенных обозначений. материала и конструкции провода указывается номинальное поперечное сечение токоведущей части.

Отношения сечения в алюминиевой и стальной частей провода(стальной сердечник служит для увеличения механической прочности провода) обозначается дробной частью марки, числитель которой показывает сечение алюминиевой части, а знаменатель – сечение стального сердечника(с округлением) в мм<sup>2</sup>.

Так Например АС 1 БО/24 обозначает – сталеалюминиевый провод с сечением алюминиевой части 149 мм<sup>2</sup> и стального сердечника 24,2 мм<sup>2</sup>.

Сталеалюминиевые провода всех марок выпускаются с разным соотношением площади поперечного сечения алюминиевой части к стальной: в проводах 6,0 – 6,6 – для работы провода в средних по механической нагрузке условиях; 4,29 – 4,39 – усиленной прочности; 0,65 – 1,16 – особо усиленной прочности; 7,71 – 8,13 – облегченной конструкции

## II. ИЗОЛЯТОРЫ

Изоляторы относятся к ответственным элементам воздушных линий.

В отличие от изоляторов, применяемых в других электроустановках, например, в электрических аппаратах, изоляторы воздушных линий называются линейными.

Изоляционным материалом изоляторов является фарфор или закаленное стекло. Линейные изоляторы подразделяются на две основные группы:

а) Штыревые, закрепляемые на опорах с помощью штырей и

крючьев; в СССР изоляторы этого типа применяются на линиях низкого напряжения- до 1000 В, а также на высоковольтных линиях напряжением 35 кВ включительно;

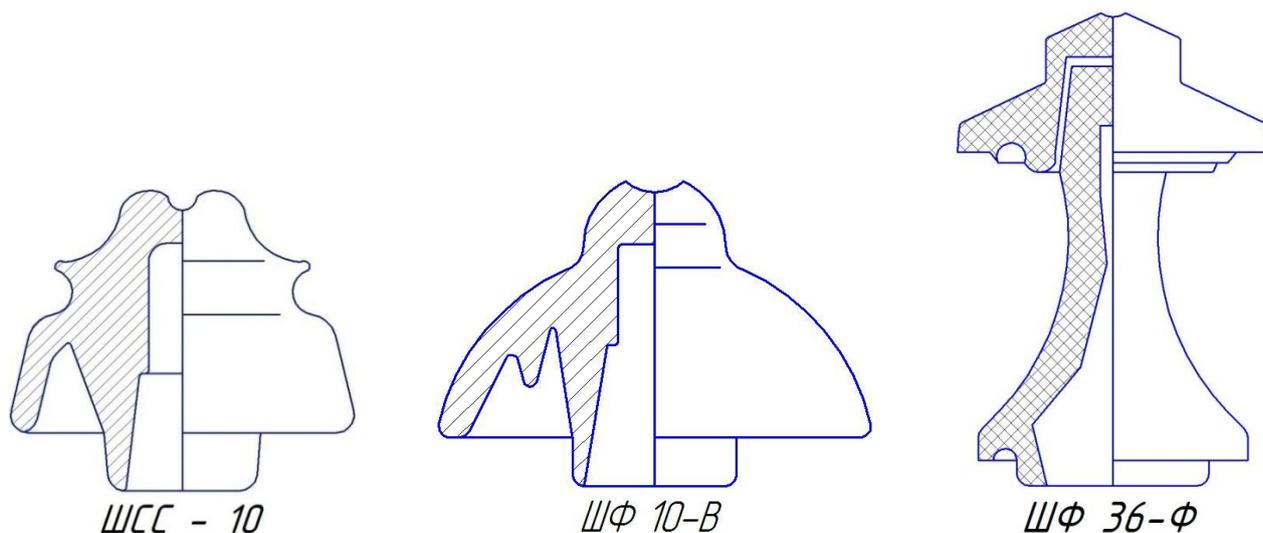


Рис. 2-1, Штыревые изоляторы

б) подвесные, закрепляемые на опорах с помощью линейной арматуры; они соединяются в гирлянды, состоящие обычно из нескольких сцепленных друг с другом элементов. Подвесные изоляторы применяются на линиях напряжением 35 кВ и выше, а в отдельных случаях - и на линиях более низких напряжений.

Низковольтные штыревые изоляторы имеют наиболее простую форму. У высоковольтных штыревых изоляторов на 6 и 10 кВ развиты конструкции "юбок" (рис.2-1, а-б). Изоляторы на 20 и 35-кВ состоят из нескольких склеенных элементов (рис.2-1, в).

На линиях 6-20 кВ штыревые изоляторы крепятся к опоре на крюках (рис.2-2) из круглой стали.

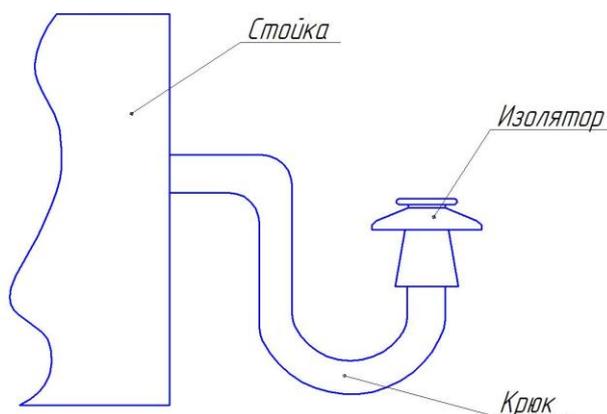


Рис. 2-2

Конец крюка, имеющий резьбу, ввертывается в столб. На второй конец с насечкой насаживается изолятор.

Штыревые изоляторы линий 35 кВ и линий 6-20 кВ с крупными сечениями проводов насаживаются на штыри.

Штыревые изоляторы крепятся на крюках или штырях при помощи пакли, смоченной разведенным на олифе суриком. Высоковольтные штыревые изоляторы обозначаются шифром, состоящим из буквенной и цифровой частей. Буквенная часть – наименование изолятора (например, ЩФ - штыревой фарфоровый), цифра - класс изолятора (напряжение линии), буквы А,Б,В после цифр исполнение изолятора.

Подвесные изоляторы (рис.2-3) состоят из фарфоровой или стеклянной изолирующей части и металлических деталей - шапок и стержней, соединяемых с изолирующей частью посредством цементной связки. В СССР применяются тарельчатые изоляторы различных типов.

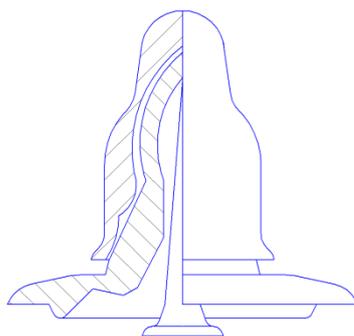
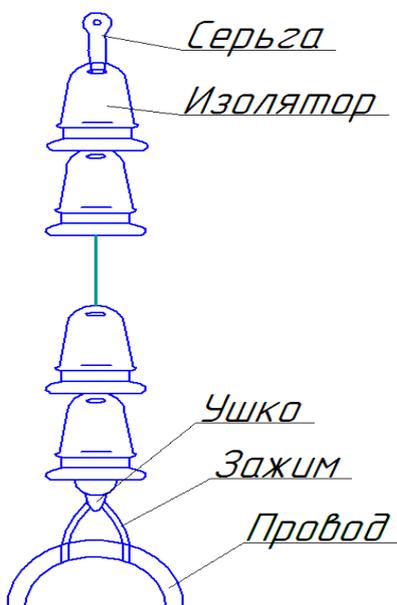


Рис. 2-3 Подвесной изолятор

Подвесные изоляторы собираются в поддерживающие провод гирлянды на промежуточных опорах, а натяжные гирлянды – на анкерных и других опорах.



Число изоляторов в гирлянде зависит от напряжения линии, степени загрязненности атмосферы, материала спор и типа изоляторов.

В подвесных гирляндах провод только поддерживается с помощью зажимов (Рис. 2-4) в натяжных - закрепляется наглухо.

Натяжные гирлянды находятся я более тяжелых условиях, чем поддерживающие. Поэтому на линиях до 110 кВ (при относительно небольшом числе изоляторов) число изоляторов в натяжных гирляндах принимают на один больше.

### III. ЛИНЕЙНАЯ АРМАТУРА

Линейную арматуру применяют при закреплении проводов в гирляндах подвесных изоляторов, можно подразделить по назначению на пять основных видов:

1. Зажимы служащие для закрепления проводов и тросов, подразделяемые на поддерживающие на промежуточных опорах, и натяжные,

применяемые на опорах анкерного типа.

2. Сцепная арматура (скобы, серьги, ушки, коромысла), служащая для соединения зажимов с изоляторами, подвески гирлянд но на опорах и соединения нискоцепных гирлянд друг с другом.

3. Защитная арматура (кольца) монтируемая на гирляндах линий напряжением 330 кВ и выше, предназначенная для более равномерного распределения напряжения между отдельными изоляторами гирлянды и для защиты от повреждения дугой при перекрытиях

4. Соединительная арматура, служащая для соединения проводов и тросов в пролете, а также для соединения ПРОВОДОВ в шлейфах на опорах анкерного типа.

5. Распорки, применяемые для соединения друг с другом проводов расширительной фазы.

Поддерживающие зажимы (рис.3-1.) состоят из лодочки, в которую укладывается провод, плашек и болтов (или болта) для закрепления провода в лодочке, пружин, цапф или кронштейнов для крепления зажима к гирлянде. По прочности закрепления поддерживающие зажимы подразделяется на четыре основных типа.

1. Глухие зажимы, в которых прочность заделки достигнет 30- 90% прочности алюминиевых проводов, 20-30% прочности сталеалюминевых проводов и 10-15% прочности стальных проводов. При такой заделке провод и трос в случае обрыва в одном из пролетов, как правило, не вытягивается из зажима и втяжение провода или троса, оставшегося необорванным, передается на промежуточную опору. Другие зажимы являются основным типом зажимов, применяемых в настоящее время на ВЛ в СССР и за рубежом

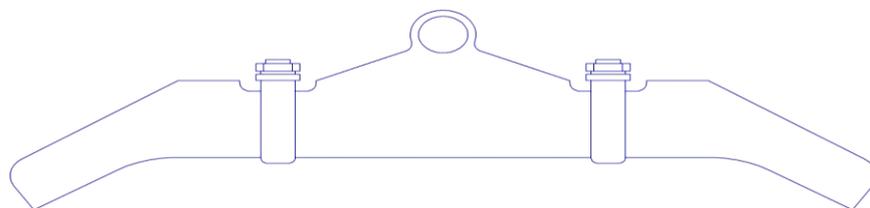


Рис. 3-1. Глухой поддерживающий зажим

2 Вы недавние зажимы (называемые также выпускающими выбрасывающие лодочку с проводом при отклонении поддерживающей гирлянды на определенный угол (около  $40^{\circ}$ ) в случае обрыва в одном из проводов.

В настоящее время выпадающие зажимы не применяются.

3. Зажимы с ограниченной прочностью заделки, имеющие прочность заделки провода 600-800да Н. Зажим этого типа применяется на воздушных линиях 500 кВ., отличаются от выпадающих зажимов тем, что при превышении прочности заделки провод протягивается (проскальзывает) в зажиме, но не выбрасывается вместе с лодочкой на землю. Обоснованием для применения зажимов этого типа является уменьшение продольных нагрузок на промежуточную опору при обрыве проводов расщепленной фазы.

Однако опыт эксплуатации линии 500 кВ. с зажимами ограниченной прочности заделки не вполне удовлетворителен: наблюдаются повреждения отдельных проводов фазы при обрывах и протягивании через зажим, в то время как случаи одновременного обрыва всех проводов расщепленной фазы исключительно редки. Поэтому в новой редакции ПУЭ нормативные нагрузки на промежуточные опоры по аварийному режиму при подвеске проводов в глухих зажимах снижены до значений, близких к нагрузкам на линиях 500 кВ с зажимами ограниченной прочности заделки. Согласно решения Минэнерго на всех основных промежуточных опорах воздушных линий 500 кВ допускается подвеска в глухих зажимах.

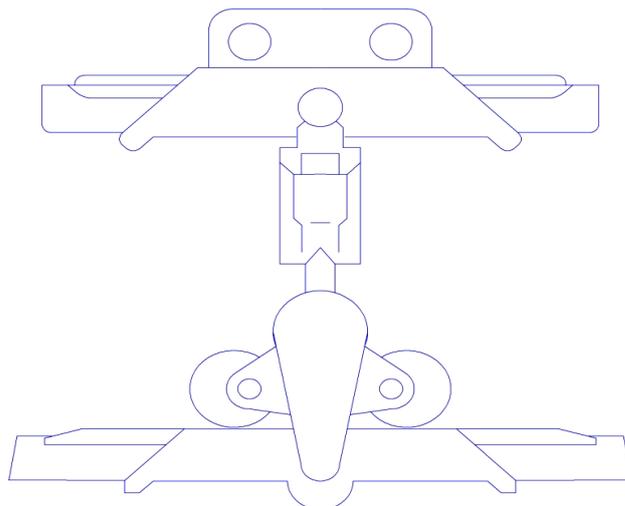


Рис. 3-2. Поддерживающий зажим с ограниченной прочностью заделки

4. Многороликовые подвесы, по существу, не являющиеся зажимами, так как провод может свободно перекаатываться по роликам разности тяжений в смежных пролетах. Многороликовые подвесы применяются для крепления проводов с сечением, равным или больше  $300 \text{ мм}^2$  и тросов на промежуточных опорах больших переходов. При этом защита сталеалюминевых проводов обеспечивается специальными гибкими муфтами, насаживаемыми на провода в участках их возможных перемещений.

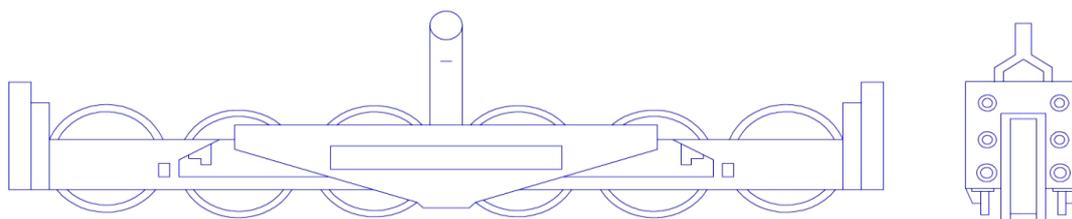


Рис. 3-3. Многороликовый подвес для больших переходов

Натяжные зажимы подразделяются на три основных типа:

1. Болтовые натяжные зажимы, применяемые для монтажа проводов сечением 3-300 мм<sup>2</sup>

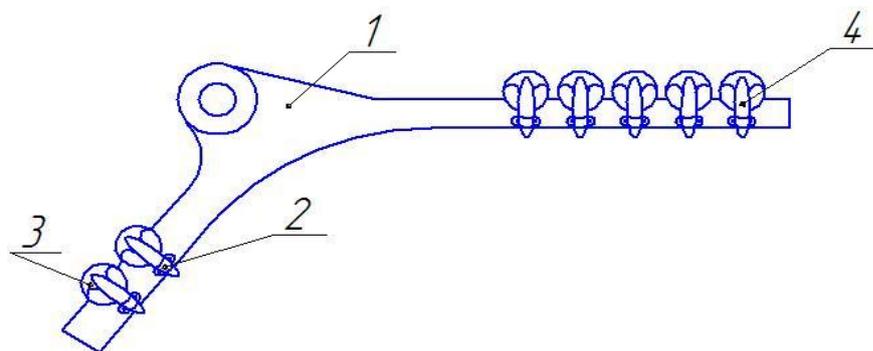


Рис. 3-4. Болтовой натяжной зажим

Они состоят из корпуса 1, плашек 4, натяжных болтов с гайками 2 и прокладок 3 из алюминия

2. Прессуемые натяжные зажимы применяемые для монтажа сталеалюминевых проводов сечением 300 мм<sup>2</sup> и более.

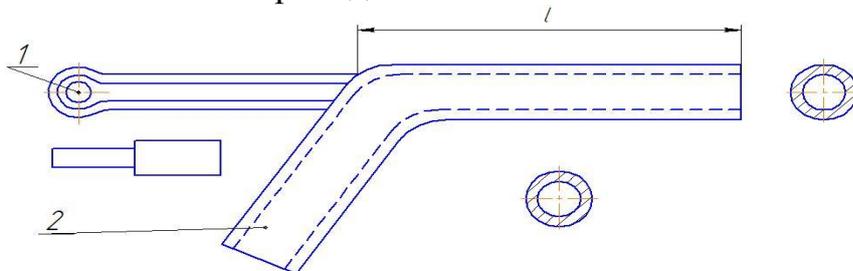


Рис. 3-5. Прессуемый натяжной зажим

Они состоят из стального анкера, в котором на длине впрессовывается сердечник провода, и алюминиевого корпуса 2, в котором на длине  $l$  впрессовывается алюминиевая часть провода со стороны пролета, а на длине  $l$  – шлейф.

3. Клиновые натяжные зажимы применяемые для подвески тросов. Они состоят из корпуса 1 и двойного клина 2. при тяжении троса клин прижимает трос к корпусу, что обеспечивает надежную заделку.

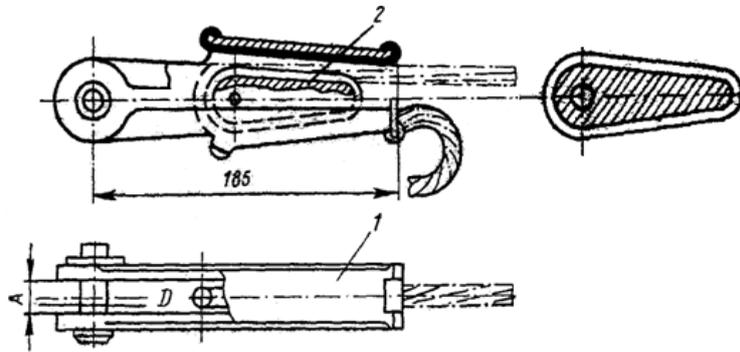
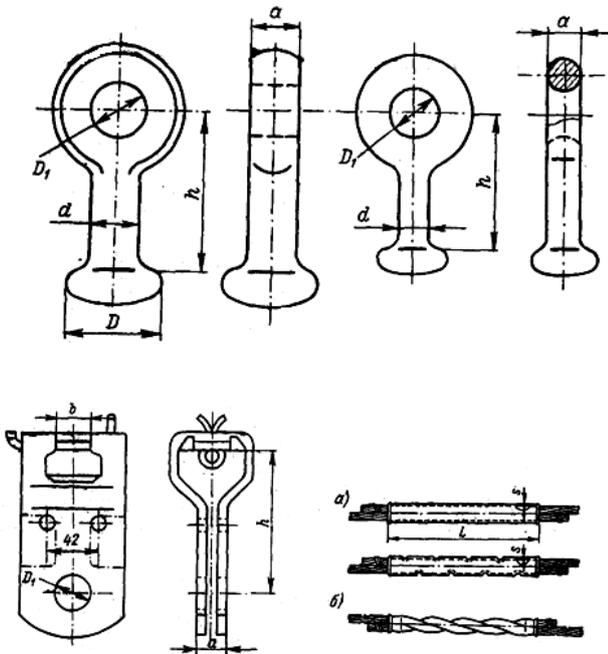


Рис. 3-6. Клиновый натяжной зажим

Сцепная арматура подразделяется на скобы, служащие для присоединения гирлянды к опоре или закрепляемым на опоре деталям; серьги, соединяемые с одной стороны со скобами или с деталями на опоре, а с другой стороны – с шапками изоляторов; ушки, служащие для сопряжения стержней изоляторов с зажимами или другими деталями гирлянды со стороны провода.

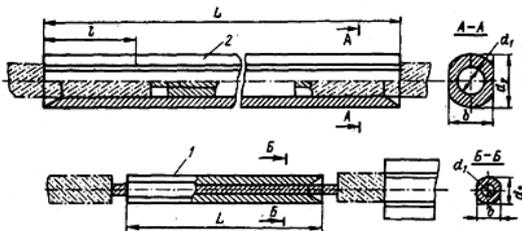


Защитная арматура может быть выполнена в виде рогов или колец.

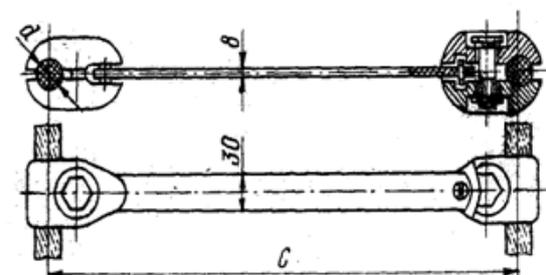
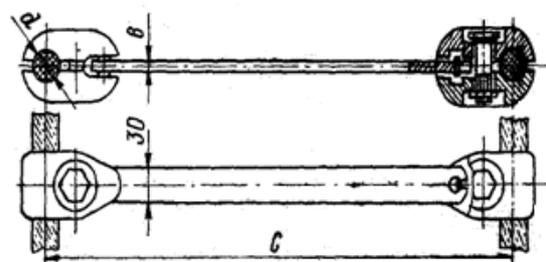
Соединители, предназначенные для соединения проводов и тросов, подразделяются на основные и прессуемые.

Овальные соединители применяются для проводов сечением до  $185 \text{ мм}^2$  включительно. В них провода укладываются внахлестку, после чего производится обжатие с помощью специальных клещей. Сталеалюминевые провода сечением до  $95 \text{ мм}^2$  включительно закрепляются в соединителях методом скручивания.

Прессуемые соединители используют для соединения проводов



сечением более  $185 \text{ мм}^2$  и для стальных тросов всех сечений. Прессуемый соединитель для сталеалюминевых проводов состоит из стальной трубки фасонного профиля 1, прессуемой на стальной сердечник, и



алюминиевой трубки 2, прессуемой на алюминиевую часть провода.

Распорки устанавливаемые на проводах для расширительной фазы для обеспечения требуемого расстояния  $S$  между проводами, состоят из двух пар плашек, закрепляемых на проводах болтами и жесткой тяги, шарнирно соединенной с плашками.

Контрольные вопросы.

1. Для чего в сталеалюминевых проводах применяется стальной сердечник?
2. От чего зависит число изоляторов в гирлянде?
3. Что такое расщепление проводов?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### РАСЧЕТ НОМЕНАЛЬНОГО РЕЖИМА НА СТАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** освоение расчета режимов электрических систем на статической модели переменного тока.

**ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ:** для заданного варианта исходных данных для схемы районной электрической сети провести расчет нормального режима на модели.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

I. Предварительная подготовка

а) Выбор масштабных коэффициентов.

Величина напряжений генераторной станции не должна превышать максимального возможного напряжения данной модели (300В). Величина тока в любом из сопротивлений не должна превышать максимально допустимого значения для модели (0,5А). Дробных коэффициентов следует избегать, принимая для них значения, удобные для умножения.

Для исследуемой сети с  $U_{ном} = 220$  кВ удобно выбирать следующие коэффициенты:

по  $Z$ : 1 Ом модели = 1 Ом системы;

по  $U$ : 1 В модели = кВ модели.

Рассчитывая следующие масштабные коэффициенты:

по  $I$ : 1 А модели = 4 кА системы,

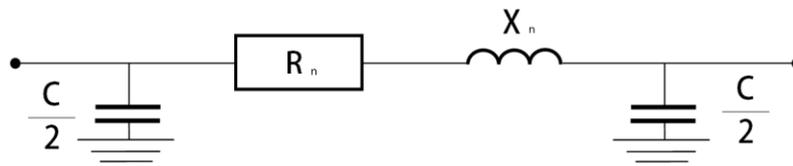
по  $S$ : 1 ВА модели = 16 МВА системы.

Таким образом, напряжение в модельных единицах:  $U_{ном} =$

б) Составление эквивалентной схемы замещения и расчет параметров в модельных единицах.

Подготовка исходных данных заключается прежде всего в определении параметров всех элементов рассчитываемой системы: линий, трансформаторов, нагрузок. На основании этих данных составляется схема замещения сети.

Схема замещения ЛЭП представляется П-образной схемой замещения:



Определение параметров схемы замещения линии электропередачи осуществляется на основании сведений о нормальном напряжении, Числе цепей, длине и марки провода. По этим данным вычисляются активные и индуктивные сопротивления и зарядная мощность ЛЭП. При пересчете параметров ЛЭП в модельные единицы:

$$R_{л} = r_0 l - 0.05 X_n \text{ (ом)}.$$

$$X_n = x_0 l \text{ (ом)}.$$

$$C = \frac{q_0 l \cdot 10^6}{55^2 \cdot 2\pi \cdot 196 \cdot 16}$$

где  $r_0, x_0, q_0$  – удельные параметры для заданного сечения;  
 196 – частота модели, Гц;  
 $l$  – длина ЛЭП, км;  
 55 – напряжение модели, В;  
 Длина  $2^x$  цепной ЛЭП:

$$R_{2л} = \frac{R_{л}}{2}, \quad X_{2л} = \frac{X_{л}}{2} \quad C = 2C$$

Схема замещения трансформаторов представляется упрощенно:



где  $X_T$  – индуктивное сопротивление для заданного типа трансформатора.

Для двух трансформаторов:  $X_{2м} = \frac{X_m}{2}$

Нагрузки подстанций задаются активной и реактивными мощностями:

$$P = S \cdot \cos\varphi \text{ (МВт)}, \quad Q = S \cdot \sin\varphi \text{ (МВар)}$$

При наборе модели:

$$P_{мод} = \frac{P}{16} \text{ (Вт)}, \quad Q_{мод} = \frac{Q}{16} \text{ (Вар)}$$

Рассчитанные параметры нанести на эквивалентную схему замещения сети.

## II. РАБОТА В ЛАБОРАТОРИИ

Сборка схемы не модели производится на основании составленной расчетной схемы. Для ускорения работы сборку обычно ведут два студента: один диктует, второй непосредственно выполнит ее. После набора нагрузок, сопротивлений линейных и трансформаторных элементов, емкостных величин схема проверяется преподавателем. Затем включается питание модели и устанавливается заданное напряжение на шинах генераторов.

Установка нормального режима ведется методом последовательных приближений. При заданном напряжении на шинах генераторной станции устанавливаются заданные значения мощностей нагрузочных элементов. Затем производят замеры мощностей и напряжений, при этом следует обратить внимание на соблюдение баланса активных и реактивных мощностей в узловых точках схемы.

### III. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

1. Заданная схема, исходные данные варианта.
2. Эквивалентная схема замещения с параметрами и замерами в модельных единицах.
3. Схема замещения с пересчетом в системные единицы.

Параметры режима, установленного на модели, пересчитываются по масштабным коэффициентам в оригинал, и полученные данные наносятся на схему нормального режима сети. Перерасчет зарядной мощности в оригинал с масштаба модели производится по следующей формуле:

$$Q = \frac{C_{\text{мод}} \cdot U_{\text{мод}}^2 \cdot \omega}{10^6} \cdot 16 \text{ (МВар)}$$

где  $C_{\text{мод}}$  - величина емкости, набираемая на модели. мкФ;  
 $U_{\text{мод}}$  – напряжение на шинах, В.

### IV. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Схемы замещения ЛЭП и трансформаторов.
2. Как представляются нагрузочные элементы на модели?
3. Как определяются потери мощности и напряжения в электрических сетях?

### V. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Описание статической модели переменного тока. Статическая модель переменного тока позволяет моделировать электрическую схему энергетической системы и предназначена для расчетов нормальных и аварийных режимов в энергосистемах, дает возможность определить потокораспределение и напряжение в электрических системах, выполнять расчеты статической и динамической устойчивости, определить токи короткого замыкания.

Модель электрической системы состоит из линейных, трансформаторных и емкостных элементов, предназначенных для имитации линий электропередач, трансформаторов и реакторов энергосистемы, нагрузочных элементов.

Все элементы могут быть соединены между собой в соответствии со схемой исследуемой сети. С помощью измерительных приборов в любой точке набранной схемы могут быть измерены: ток, напряжение, активная и реактивная мощности, соответствующие в принятом масштаба этим величинам и реальной сети.

Частота модели 196 Гц:

Генераторные станции выполнены по трансформаторной схеме, дают возможность точной регулировки величины ЭДС и ее фазового угла, а также реактивности генератора.

Модель имеет два комплекта индуктивных сопротивлений и систему трансформаторной фазы и напряжения переключателей, позволяющих изменять фазу ЭДС генераторной станции на  $360^\circ$  степенями по 0,2 и по  $10^\circ$ , а ее величину от 0 до 300 В степенями по 0,2; 5 и по 50 В.

Максимальное напряжение, которое может быть установлено на

генераторной станции 300В. Максимальный длительно допустимый ток – 0,5А.

Половина всех линейных элементов выполняется по П-образной схеме замещения, а половина - в виде последовательно соединенных регулируемых активного и индуктивного сопротивлений. Линейные элементы рассчитаны на ток, не превышающий 0,3 А, и на падение напряжения на сопротивлениях – 50В.

Нагрузочные элементы представляют собой регулируемые активные и индуктивные сопротивления, которые могут включаться последовательно и параллельно. Нагрузке также может быть набрана величинами активной и реактивной мощностей.

Емкостные элементы располагаются конструктивно вместе со сдвоенными трансформаторными элементами и предназначаются для имитации продольной компенсации линий электропередач.

Разделительные трансформаторы предназначаются для анализа на моделях сложных видов повреждений (к.я. в двух точках, обрыв и т. Д.).

Коммутационные панели предназначаются для сборки исследуемой схемы и производства измерений в отдельных точках.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДАЛЬНИХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** исследование различных режимов работы дальних ЛЭП на статической модели переменного тока.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

##### I. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА.

Исследование проведем на конкретном примере: для линии электропередачи напряжением  $U = 500\text{кВ}$  длиной  $1000\text{км}$ , выполненной проводом АС - 3х500.

Удельные параметры ЛЭП:

$$r_0 = 0,022 \text{ Ом/км}, \quad x_0 = 0,2996 \text{ Ом/км}, \quad b_0 = 3,84 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

Коэффициент фазы:

$$\beta_0 = \frac{b_0}{v} = \frac{3,84 \cdot 10^{-6}}{0,3} = 1,28 \cdot 10^{-5} \text{ рад/км.}$$

Волновое сопротивление:

$$z_b = \sqrt{\frac{L}{C}} = 278 \text{ Ом.}$$

Представим линию длиной  $1000 \text{ км}$  цепью с распределенными параметрами, т.е. цепочной схемой замещения. Модель линии соберем из участков по  $100\text{км}$  каждый.

$$X_{л(100)} = j z_b \sin \beta_0 l = j 278 \cdot 0,11 = j 29,19 \text{ см.}$$

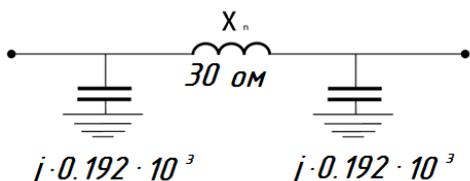
$$Y_{л(100)} = j \frac{1}{z_b} \cdot 0,05 = j 0,18 \cdot 10^3 \text{ см.}$$

По упрощенным формулам:

$$X_{л(100)} = x_0 l = 0,296 \cdot 100 \approx 30 \text{ см.}$$

$$Y_{л(100)} = \frac{b_0 l}{2} = \frac{3,84 \cdot 10^{-6}}{2} \cdot 100 = 0,192 \cdot 10^3 \text{ см.}$$

Тогда П – образная схема замещения для  $100\text{км}$ .



Примем масштаб для модели:

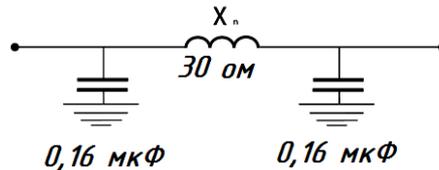
По U:	1 В модели =	10 кВ системы
По I:	1 А модели =	10 кА системы
По Z:	1 Ом модели =	1 Ом системы
По S:	1 ВА модели =	100 ВА системы

Проводимость линии представим емкостью:

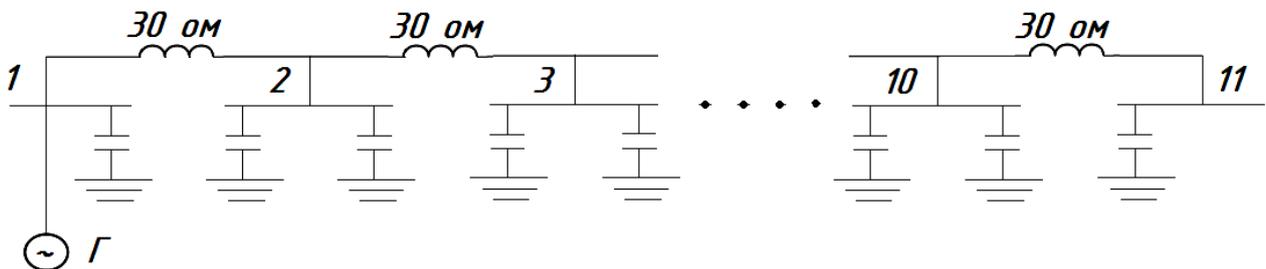
$$C = \frac{b}{\omega} = \frac{0.192 \cdot 10^3}{1230} = 0.16 \text{ мкФ}$$

$$\omega = 2\pi\varphi = 2\pi \cdot 196 = 1230;$$

Участок линии длиной 100 км для набора на модели:



Для линии длиной 1000 км схема замещения:



## II. РАБОТА В ЛАБОРАТОРИИ.

- 1) Опыт холостого хода.
- 2) На шины подключаем генератор, в котором устанавливаем  $U = 50\text{В}$ .
- 3) С помощью измерительного шунта пройти через каждые 100 км линии, произвести замеры напряженности. Замерить мощность  $P$  и  $Q$  на генераторе в конце ЛЭП. Результат опыта внести в таблицу 1.

№ <sub>шин</sub>											
l, км.	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$U_{\text{мод}}$											
$U_{\text{сист}}$											

Мощность на генераторе:

$$P_{\text{Г. мод}} =$$

$$Q_{\text{Г. мод}} =$$

$$P_{\text{Г. сис}} =$$

$$Q_{\text{Г. сис}} =$$

Мощность на конце ЛЭП:

$$P_{\text{К. мод}} =$$

$$Q_{\text{К. мод}} =$$

$$P_{\text{К. сис}} =$$

$$Q_{\text{К. сис}} =$$

4) Опыт короткого замыкания

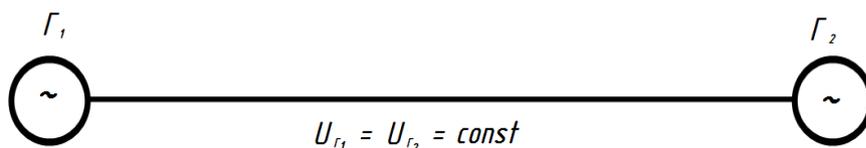
Собранную на модели линию замкнуть на землю в конце. Пройти через 100 км линии, произвести замеры напряжения, мощностей на генераторе и в конце ЛЭП. Результаты опыта внести в таблицу (для каждого опыта своя таблица).

5) Нагрузочные режимы

Исследовать распределение напряжения в. линии при фиксированном

напряжении в начале и с нагрузкой в конце ЛЭП.

- а) Подключить в конце линии нагрузочный элемент с величиной активного сопротивления  $R_n = Z_b$  ( $Z_b$  было определено раньше). Замерить напряжения вдоль ЛЭП через каждые 100 км,  $P$  и  $Q$  на генераторе и в конце ЛЭП. Данные внести в таблицу.
  - б) то же, при  $R_n < Z_b$
  - в) то же, при  $R_n > Z_b$ .
- 4) Исследование распределения напряжения вдоль линии при фиксированных напряжениях по концам линии и передаче по ЛЭП активных мощностей.



а) холостой ход

Указатель фазы у обоих генераторов установить в нулевом положении.

Замерить напряжение вдоль ЛЭП через каждые 100 км.,  $P$  и  $Q$  по концам схемы, данные внести в таблицу.

б) регулируем фазы у генератора 1 установить мощность

$$P_n = P_{\text{нот}} \quad \text{где} \quad P_{\text{нот}} = \frac{U^2}{Z_b} = \frac{500^2}{278} = 200 \text{ МВт.}$$

Замкнуть напряжения  $P$  и  $Q$  на генераторных станциях и вычислить  $\cos \gamma$ .

в) то же, при  $P < Q$

г) то же, при  $P > Q$ .

III. Порядок оформления отчета.

По результатам всех опытов заполнить таблицы и построить зависимости  $U \sim f(x)$

#### IV. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что называют натуральной мощностью линии?
2. Какой характер имеет цепь при холостом ходе и при коротком замыкании?
3. Что мы учитываем при представлении дальней передачи эквивалентной П – образной схемой замещения?
4. При каких длинах можно пренебречь влиянием распределенности параметров?
5. Для чего при напряжении 500 кВ фаза представляется расщепленной?

## ЛАБОРАТОРНАЯ №4

### ИССЛЕДОВАНИЕ ХОЛОСТОГО ХОДА ДАЛЬНИХ ЛЭП.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** исследование закона распределения напряжения при холостом ходе в дальних ЛЭП на статической модели переменного тока.

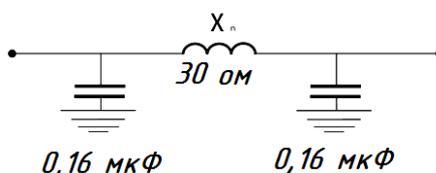
#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

##### I. Предварительная подготовка.

Линия выполнена проводом АС-3х500 с удельными параметрами:

$$r_0 = 0,022 \text{ Ом/км}, \quad x_0 = 0,296 \text{ Ом/км}, \quad b_0 = 3,84 \cdot 10^{-6}$$

Представим ЛЭП длиной 3000 км из 30 участков по 100 км. Каждый П-образная схема замещения для 100 км.



$X_0, C$  определены в предыдущей работе.

##### II. Работа в лаборатории.

1. На коммутаторной панели выделить из линии длиной 3000 км последовательно участки 1200, 1300, 2000, 2500, 3000 км.

2. Включить питание модели, подключить генераторную станцию на шины, установить требуемое напряжение в начале ЛЭП.

3. С помощью измерительного шунта для линии разной длины пройти через каждые 100 км, измерить напряжения и данные занести в таблицу.

ЛЭП  $l=3000$  км.

№ <sub>шин</sub>											
l, км.	0	100	200	...	...	1500	1600	...	...	2900	3000
$U_{\text{мод}}$											
$U_{\text{сист}}$											

Для ЛЭП  $l=1200, 1300, 2000, 2500$  км составляются аналогичные таблицы.

##### III. Порядок оформления отчета.

По результатам всех опытов заполнить все таблицы и построить графики  $U = f(l)$ .

##### IV. Контрольные вопросы.

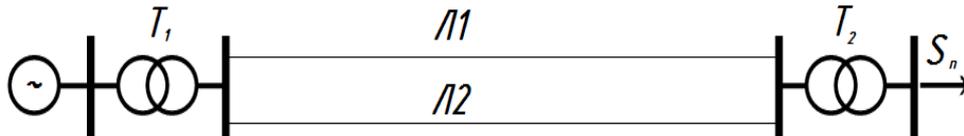
1. Что называется волновым сопротивлением ЛЭП?
2. Чем опасно включение линии при холостом режиме?
3. Основные уравнения дальних ЛЭП.
4. Как меняется напряжение в зависимости от направления протекания реактивной мощности?

## ЛАБОРАТОРНАЯ №5

### РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В РАЙОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** исследование методов регулирования напряжения в заданной схеме районной электрической сети.

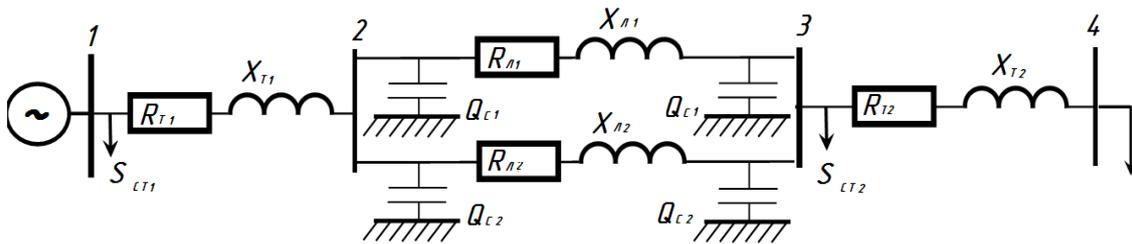
**ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ:** для заданного варианта исходных данных для схемы районной электрической сети произвести исследование методов регулирования напряжения.



#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

I. Предварительная подготовка.

Определить параметры эквивалентной схемы замещения электрической сети.



При этом следует учесть, что  
 $D_{cp} = 5,04 \text{ м}$  при  $U_{ном} = 110 \text{ кВ}$ ,  
 $D_{cp} = 7,0 \text{ м}$  при  $U_{ном} = 220 \text{ кВ}$   
 Определить  $S_{н2}$  в  $T_2$ .

$$\frac{M}{M \cdot \text{мм}^2}$$

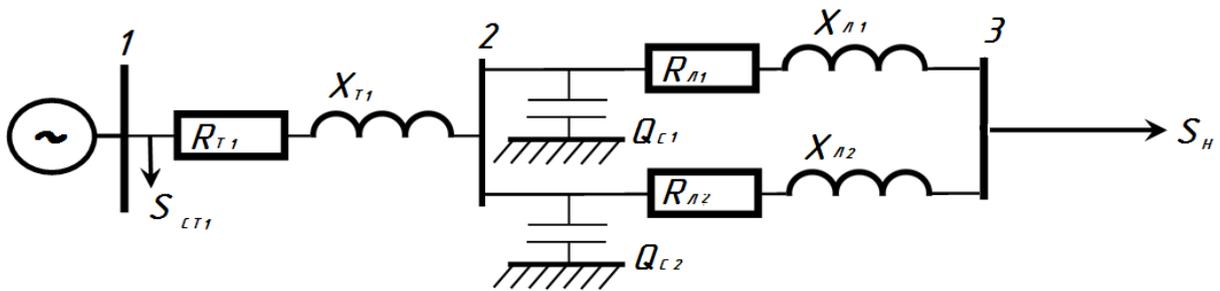
$$\frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_H^2} \cdot R_{T2}$$

$$\frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_H^2} \cdot X_{T2}$$

Нагрузка приведенная к высокой стороне  $T_2$ , равна:

$$S_H = P_H + j Q + ( P_{CT2} + j Q_{CT2} ) + ( P_{MT2} + j Q_{MT2} ) - ( Q_{C1} + Q_{C2} )$$

Схема сети примет следующий вид:



Определит мощности, протекающие по параллельным Л<sub>1</sub> и Л<sub>2</sub>:

$$\frac{Z_{Л2}}{Z_{Л1} + Z_{Л2}} \quad \frac{Z_{Л1}}{Z_{Л1} + Z_{Л2}}$$

Потери в ЛЭП:

$$\Delta S_1 = \frac{P_1^{(3)^2} + Q_1^{2^2}}{U_H^2} \cdot R_{Л1} \cdot jX_{Л1}$$

$$\Delta S_2 = \frac{P_2^{(3)^2} + Q_2^{2^2}}{U_H^2} \cdot R_{Л2} \cdot jX_{Л2}$$

Мощность на выходе Т<sub>1</sub>:

$$S_{Т1}^{(2)} = (S_1^{(3)} + \Delta S_1 - j \Delta Q_{C1}) + (S_2^{(3)} + \Delta S_2 - j \Delta Q_{C2})$$

Определить в Т<sub>1</sub>.

$$\frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_H^2} \cdot R_{Т1} \quad \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_H^2} \cdot X_{Т1}$$

Мощность на шинах генератора без учета :

$$S_r = P_r + j Q_r = S_{Т1}^{(2)} + \Delta S_{MT1}$$

Определить суммарные потери активной мощности.

$$\Delta P = P_r \cdot P_H$$

Считать напряжение генератора заданным:  $U_{ген} = 10,5$  кВ.

Определить приведенное напряжение Т<sub>1</sub>:

$$U_{Т1} = U_r \cdot K, \quad \text{где } K_{Т1} =$$

$$\text{Для } U_H = 220 \text{ кВ } K_{Т1} =$$

Для  $U_H = 110 \text{ kV}$   $K_{T1} =$

Потери напряжения в Т1:

$$\Delta U_{T1} = \frac{X_{T1}}{U_2}$$

Напряжение в начале ЛЭП:  $U_2 = U_{T1}^1 - \Delta U_{T1}$

Потери напряжения в ЛЭП:

$$\Delta U_{\text{ЛЭП}} = \frac{R_{\text{ЛЭП}} + (Q_1^{(3)} + \Delta Q_1) \cdot X_{\text{ЛЭП}}}{U_2}$$

Напряжение в конце ЛЭП:

Потери напряжения в Т2:

$$\Delta U_{T2} = \frac{R_{T2} + (Q_H + \Delta Q_{MT2}) \cdot X_{T2}}{U_2}$$

Приведенное напряжение на шинах нагрузки:  $U_H = U_3 - \Delta U_{T2}$

Действительное напряжение на нагрузке:

$U_H =$  где  $K_{T2} =$

Для  $U_H = 220 \text{ kV}$   $K_{T2} =$

Для  $U_H = 110 \text{ kV}$   $K_{T2} =$

Результаты расчета напряжений свести в таблицу 1.

п\п	Способы регулирования U.					
		1	2	3	4	5
	При расчете вручную					
	При расчете на ЭВМ					

Результате расчета, полученного на машине, вносятся в таблицу в прогресс работы.

Работа считается законченной, если полученное напряжение у потребителя в допустимых пределах.

## II. Работа в лаборатории.

1. Внести в ЭВМ исходные данные и расчетные параметры схемы замещения. Данные вводить согласно инструкции по использованию программы. Если параметры рассчитаны неверно, на экране появится сообщения об этом. В этом случае необходимо провести повторный расчет.

2. Ввести в ЭВМ  $U_{г}$ ,  $P_H$ ,  $Q_H$ .

3. На экране появится таблица итеративного расчета напряжений в узлах 1, 2, 3, 4 и суммарных потерь. Произвести сравнение результатов

первой итерации магнитного и ручного расчета номинального режима. Результаты машинного расчета занести в табл. 1.

4. Если напряжение у потребителя  $U_n$  отличается от номинального больше, чем на 5%, необходимо исследовать все указанные на экране ЭВМ способы регулирования  $U$ .

5. Последнюю итерацию после применения каждого способа регулирования внести в табл. 1.

### **III. Порядок оформления отчета**

1. Заданная схема, исходные данные варианта.
2. Схема замещения, результаты её параметров.
3. Расчет нормального режима.
4. Таблица 1 – результаты ручного и машинного расчета нормального режима: результаты исследования напряжения.

### **IV. Контрольные вопросы.**

1. От каких факторов зависит напряжение от потребителя?
2. Как влияет на напряжение изменение числа витков у трансформаторов РПН, ПБВ.
3. Как можно менять потери напряжения в электрических сетях?
4. Как изменится напряжение, если синхронный компенсатор, установленный у потребителя, привести в режим потребления реактивной мощности? Почему?

**Составители:** Доц.Шайматов Б.Х.,асс.Холмурадов М.Б

Методические указания к выполнению практических занятий по курсу:  
«Электрические сети и системы » Доц.Шайматов Б.Х.,асс.Холмурадов М.Б.  
Навои: НГГИ.

Методические указания предназначены для выполнения курсового проекта и контрольной работы по курсу «Электрические сети и системы». Студенты, выполняющие контрольные работы и курсовые проекты изучают работу существующих видов элементов электроэнергетики, электрические сети и систем, а также конструктивное исполнение воздушных линий, указанных в описаниях. В указаниях предложена теоретическая часть для выполнения контрольного и курсового проекта, а также показано решение одного примера. В том числе в указаниях дано паспортные данные элементов электрических сетей и системы. Данные методические указания рекомендованы для студентов обучающихся по направлению 310200 «Электроэнергетика».

Кафедра «Электроэнергетика»

Печатается по решению учебно-методического Совета Навоийского государственного горного института.

Рецензенты:

Ведущие инженер Навоийкий тепловой  
электрических станции

Х.Х.Эшев

Доцент кафедры «Технологические процесс  
и производства автоматизации и управления »  
НГГИ

Эшмуродов З.О

## Предисловие

Данное методические указания по направлению «Энергетика» и по предмету «Электрические сети и системы» предназначается для выполнения курсового проекта и контрольной работы. То есть, в соответствии учебным планом возникающие сложные задачи в области электрических сетей и системы, отвечая, на эти вопросы в виде реферата помогает, каждому студенту еще больше расширить свой кругозор. А также, отвечая на научно-технические вопросы; сталкиваясь с новыми идеями в электрических сетях и системах; решением их может быть использование литературы, которая помогает каждому студенту.

В первой контрольной работе собран ряд вопросов: о качестве электроэнергии, об условии энергетических равновесии, о компенсации реактивных мощностей и о схемах электрических систем. А во второй контрольной работе решаются поставленные вопросы обычного потребителя, который имеет технико-экономический показатель сети, также анализ и выбор электропроводников. Этот методические указания показывает путь для выполнения курсового проекта и имеет важные сведения о них. Каждый будущий бакалавр-энергетик, который получил своё теоретическое знание, должен осуществить его на практике, и вместе с этим создаются условия для усвоения предмета «электрические сети и системы».

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Для выполнения этой контрольной работы чертят схему однолинейной электрических сетей и системы. На основе схемы вычисляют активную и реактивную мощность, выбирают трансформатор, компенсацию реактивной мощности и проводов линию электропередач. В результате выполняется следующие расчеты.

Выполнение контрольной работы: каждый студент берёт вариант из таблицы-2.

### Пример расчета:

Дано:  $U_1=35$  кВ;  $U_2=10,5$  кВ;  $t = 15$ км;  $S= 1000$ кВА;  $\cos\varphi=0,8$ ;  $T_{\max}= 5000$  с;  
 $\tau = 3000$  с.

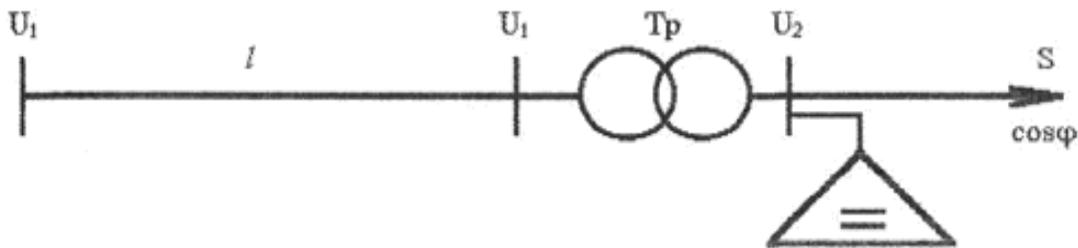


Рисунок-1.

1. Определяем активную и реактивную мощность потребителя.

$$P=S\cos\varphi= 1000*0,8=800[\text{кВт}]$$

$$Q=S\sin\varphi=1000*0,6=600[\text{кВАР}].$$

Здесь  $\sin\varphi=0,6$

$$\cos\varphi= 0,8$$

Тогда полная мощность будет:

$$S=P+JQ=800+J600\sqrt{800^2+600^2}=1000[\text{кВА}]$$

На основе расчета полной мощности выбираем трансформатор. Если будут двух трансформаторных подстанций:

$$S_{\text{тр}}=(0,7+0,8)S=0,75*1000=750 [\text{кВА}]$$

Если одна трансформаторная:

$$S_{\text{тр}}=S/(0,7+0,8)=1000/ 0,75=1333 [\text{кВА}];$$

В таких случаях, выбирая трансформатор нужно обратить внимание на категории потребителей. Или нагрузки коэффициента трансформаторов должны соответствовать к следующим категориям.

I категория  $K=0,6+0,75$

II категория  $K=0,7+0,85$

III категория  $K=0,8+0,95$

При выборе трансформатора учитывается компенсация реактивной мощности. Его значение вычисляется следующим образом:

$$Q_{\text{к}}=P(\text{tg}\varphi_{\text{ест}}-\text{tg}\varphi)=800(0,75-0,328)=337,6\approx 338 [\text{кВАР}]$$

Здесь:  $\text{tg}\varphi_{\text{ест}}=0,75$        $\cos\varphi_{\text{ест}}=0,8$  соответствует

$$\text{Cos}\varphi_{\text{н}}=0,95$$

$$\text{tg}\varphi_{\text{н}}=0,328$$

На основе вычисленной компенсации реактивной мощности ( $Q_k$ ), пользуясь литературой или таблицей-8, выбираем установку конденсатора, которая соответствует таким напряжениям:  $U_n=6$ [кВ] или  $U_n=10$ [кВ];

Или  $Q_k^i=330=330$  [кВАР]

Учитывая установку конденсатора, вычисляем полную мощность потребителя.

$$S_x=P+j(Q-Q_k^i)=800+j(600-330)=800+j270=\sqrt{800^2+270^2}=845 \text{ [кВА]}$$

Учитывая установку конденсатора, коэффициент мощности потребителя будет иметь следующий вид:

$$\cos\varphi=P/S_x=800/845=0,95$$

Или, коэффициент мощности должен быть равен нормативу или должен быть больше.

$$\cos\varphi \geq \cos\varphi_n=0,95$$

Таким образом на основе полной мощности, используя 9- таблицу или [5] литературу выполняя выше стоящие условия выбираем трансформатор.

Выбираем понизительную двух трансформаторную подстанцию типа 2ХТМ-630/10 или одну трансформаторную подстанцию типа ТМ-1000/10.

Тогда коэффициент нагрузки трансформатора будет иметь следующий вид:

$$K_n=S_x/nS_{HT}=840/2*630=0,67$$

$$K_n=S_x/S_{HT}=840/1000=0,84$$

Из таблицы -5 берем данные выбранного трансформатора.

$$S_{HT}=1000 \text{ [кВА]}; U_{нагр}=35 \text{ [кВ]}; U_{ок}=10.5 \text{ [кВ]}; \Delta P_{кт}=18 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta P_{xx}=3,6 \text{ [кВт]}; U_k\%=6,5\%; I_x\%=1,4\%; R_T=8,6 \text{ [Ом]};$$

$$X_T=49,8 \text{ [Ом]}; \Delta Q_x=22,4 \text{ [кВар]};$$

Стоимость трансформатора договорная свободная цена.

Вычисляем активные и реактивные потери мощности трансформатора:

$$\Delta P_{тр}=1/n\Delta P_{кт}(S_x/S_{HT})^2+n\Delta P_{xx}=(1/2)*18*(840/630)^2+2*3,6=23,2 \text{ [кВт]}$$

$$\Delta Q_T=U_k\%S_x^2/100nS_{HT}+nI_{xx}\%S_{HT}/100=6,5*840^2/200*630+2*1,4*630/100=54,04 \text{ [кВАР]}$$

Здесь  $n=2$ - число трансформатора.

В результате в вводной части трансформатора активная и реактивная мощность будет иметь следующий вид:  $P_{ввод}^{тр}=P+\Delta P_{тр}=800+23,2=823,2$  [кВт];

$$Q_{ввод}=Q+\Delta Q_{тр}=600+54,04=654,04 \text{ [кВар]};$$

В этом случае полная мощность:

$$S_{ввод}^{тр}=P_{ввод}^{тр}+jQ_{ввод}^{тр}=823,2+j654,04 \text{ [кВА]};$$

Потеря энергии в трансформаторе:

$$\Delta A_{тр}=(1/n)\Delta P_{кт}(S_x/S_{HT})^2\tau+n\Delta P_{xx}T_{и}=(1,2)*18*(840/630)^2*200+2*3,6*8760=88592 \text{ [кВт. с/год]}$$

Здесь,  $\tau$ -максимальная потеря времени, берется из таблицы-10 и из графика

$$\tau=f(T)$$

Теперь, чтобы выбрать провод линии электра передач выполняется следующие расчеты. Чтобы найти поперечное сечение провода воздушной

линии и чтобы она соответствовала номинальному напряжению нужно найти максимальный рабочий ток.

$$I_{\max} = S_{\text{ввод}}^{\text{ТР}} / \sqrt{3} U_{\text{нл}} = (823,2 + j654,04) / 35 \sqrt{3} = \sqrt{823,2^2 + 654,04^2} / 35 \sqrt{3} = 1051 / 35 \sqrt{3} = 17,3 \text{ [A]}$$

Если рабочий ток имеет двойную цепь, то будет в два раза меньше. Конечно же, площадь поперечного сечения провода и сам провод основывается на выборе максимального рабочего тока  $I_{\max}$  и выбранный провод сравнивается с разрешенным током и напряжением. Здесь выбранная проволока проверяется на следующих условиях:

$$I_{\text{раз}} \geq I_{\max} U$$

Площадь выбранного поперечного сечения и его паспортные данные пишут в таблицу-11.

Вычисляем активные и реактивные сопротивления линии:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell \text{ [OM]};$$

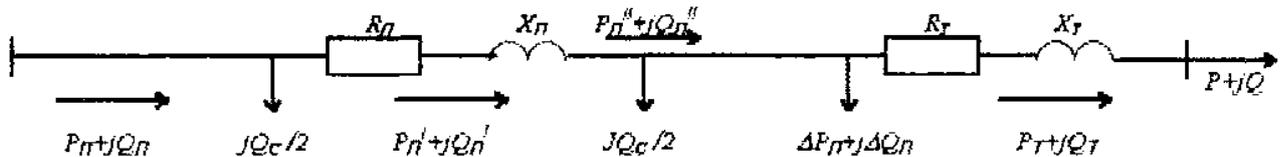
Зарядная реактивная мощность вычисляется таким образом:

$$Q_c = U^2 b_0 \ell \text{ [кВар]};$$

Если линии электропередач будет двух проводной, то расчет выполняется в следующем виде:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad Q_c = 2 U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]}.$$

Здесь:  $r_0, x_0, b_0$ -берутся из таблицы в соответствии с видом проволоки.



**Рис-2.**

Зная параметры линии электра передач, можно на основе схемы замещения вычислить мощность и потери, которые протекает по радиальным сетям и системам.

Из рисунка.2 видно, что активные и реактивные мощности в конце линии равны:

$$P_{\text{л}}^{11} = P_{\text{г}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^{11} = Q_{\text{г}} - Q_c / 2 \text{ [кВар]};$$

Определяем активную и реактивную мощность потери линии:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) R_{\text{л}} / U_{1\text{н}}^2 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) X_{\text{л}} / U_{1\text{н}}^2 \text{ [кВар]};$$

Учитывая потери линии, мощность на концах линии будет:

$$P_{\text{л}}^1 = P_{\text{л}}^{11} + \Delta P_{\text{л}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^1 = Q_{\text{л}}^{11} + \Delta Q_{\text{л}} \text{ [кВар]};$$

В результате, определяем начальную мощность линии:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{л}}^1 \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}} = Q_{\text{л}}^1 - Q_c / 2 \text{ [кВар]};$$

Потеря электроэнергии на линии будет таковым:  $\Delta A_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau \text{ [кВт.с/год]}$ .

Для выбранной линии электропередач потеря напряжения проволоки определяется с помощью формулы:

$$\Delta U_{л}=(P_{л}^1 R_{л}+Q_{л}^1 X_{л})/U_{л} \text{ [кВ]};$$

Потеря напряжения в воздушных линиях  $\Delta U_{л}$  должно быть до 5%.

$$\Delta U\%=\Delta U_{л}100\%/U_{л}^{11}\leq 5\%.$$

Здесь:  $U_{л}^{11}$ -напряжения линии в конечной области, это соответствует с напряжением  $U_1$ , которая соединяется с верхней обмоткой трансформатора . В таком случае начальное напряжение линии:

$$U_{л1}=U_{л}+\Delta U_{л} \text{ [кВ]};$$

Определяем КПД линии и мощности:

$$\eta=P_{л}^{11}/P_{л} \cos\varphi_{л}=P_{л}/S_{л};$$

здесь:  $S_{л}=P_{л}+jQ_{л}$  [кВА]-комплексный вид или  $S=\sqrt{P_{л}^2+Q_{л}^2}$  [кВа] ;

Теперь вычисляем экономические показатели электрической сети и системы:

$$\sum K=\sum K_{п/ст}+\sum K_{л} \text{ [тыс. Сум]}$$

Здесь:  $\sum K_{п/ст}$  ,  $\sum K_{л}$  –цена трансформатора и линии.(берется из таблицы 9,11).

Учитывая амортизации линии и определяем потери электрической сетей.

$$\sum G=G_{п/ст}+G_{л}+G_{\Delta A}. \text{ [тыс. Сум]}.$$

Здесь:  $G_{п/ст}=\sum K_{п/ст}P_{э.тр}$  [тыс. Сум] ;

$$G_{л}=\sum K_{л}P_{а.л} \text{ [тыс. Сум]} ;$$

$$G_{\Delta A}=\beta\Delta A \text{ [тыс. Сум]} ;$$

$P_{а.тр}$ ;  $P_{а.л}$ - Каждый год выделяющийся для трансформатора и линии амортизационный коэффициент.(таблица-12).

$\beta$ -цена электрической энергии за 1 кВт/час. (свободная цена).

Приведенная затрата электрической сети и системы определяется следующим образом:

$$Z=E_{н}\sum K+\sum G \text{ [тыс.Сум]} ;$$

$E_{н}=0,12\div 0,15$ - нормативный коэффициент. Если контрольная работа вычисляется в двух или трех вариантах, тот самый оптимальный  $Z_{\min}$ .

Таблица-2.

№	Вариант	S[кВА]	cosφ	U [кВ]	U [кВ]	ι [км]	T [час]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	01,51	1200	0,8	35	10	12	5000
2	12,52	2000	0,85	110	10	20	4000
3	03,53	5000	0,84	110	10	15	6000
4	04,54	7000	0,80	220	35	15	4500
5	05,55	4500	0,9	110	6,3	20	5500
6	06,56	8000	0,85	220	35	15	3500
7	07,57	1100	0,86	110	10	20	4000
8	08,58	4800	0,8	110	10	15	4500
9	09,59	9000	0,75	220	35	20	5000
10	10,60	1400	0,8	35	6,3	15	5500
11	11,61	4000	0,85	110	10	20	6000
12	12,62	9500	0,8	220	35	15	3000

1	2	3	4	5	6	7	8
13	13,63	8000	0,9	220	35	20	3500
14	14,64	6200	0,85	110	10	15	4000
15	15,65	10500	0,9	220	35	20	4500
16	16,66	1600	0,85	35	6,3	15	5000
17	17,67	2400	0,8	35	10	20	5500
18	18,68	9200	0,8	110	10	15	6000
19	19,69	3600	0,82	35	10	22	4500
20	20,70	8500	0,8	110	10	15	3000
21	21,71	1600	0,85	35	6,3	20	3500
22	22,72	12000	0,86	220	35	15	4000
23	23,73	3200	0,9	110	10	15	5000
24	24,74	1300	0,85	35	6,3	20	6000
25	25,75	1900	0,85	35	10	15	5500
26	26,76	2400	0,8	35	10	20	3000
27	27,77	6400	0,8	110	10	15	4500
28	28,78	12600	0,85	220	35	20	6000
29	29,79	10400	0,8	220	35	10	3500
30	30,80	8600	0,9	110	6,3	20	4000
31	31,81	3200	0,85	35	6,3	15	5500
32	32,82	1800	0,9	35	10	20	3000
33	33,83	2400	0,8	35	10	15	5000
34	34,84	7600	0,85	35	10	20	4500
35	35,85	8200	0,9	110	6,3	20	4000
36	36,86	4200	0,85	110	10	15	6000
37	37,87	3400	0,8	35	6,3	20	5500
38	38,88	3200	0,8	35	10	15	4500
39	39.89	10200	0,85	110	10	20	3500
40	40.90	8400	0,8	110	10	15	3000
41	41.91	6200	0,9	35	10	20	4500
42	42.92	8200	0,85	35	6,3	15	6000
43	43.93	10400	0,9	35	10	20	5000
44	44.94	4600	0,85	35	6,3	15	4000
45	45.95	9400	0,9	35	10	20	5500
46	46.96	11400	0,8	110	10	15	3500
47	47.97	10400	0,75	35	6,3	20	3000
48	48.98	4100	0,9	35	10	15	6000
49	49.99	6300	0,85	110	10	15	4500
50	50.100	1800	0,9	35	6,3	20	5000

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**ИНОСТРАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**КУРСОВАЯ ПРОЕКТ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

## **МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.**

### **1. Цель выполнения курсового проекта.**

Выполнение курсового проекта является заключительной частью предмета «Электрические сети и системы» и направлены на укрепление теоретических знаний студентов.

Требует особое внимание следующее, что:

- проектирование курсового проекта укрепляет практические знания;
- учат пользоваться нужной литературой;
- повышают внимание на вычисления и на технико-экономическую оценку;
- повышают способность, к самостоятельному решению упражнений инженера связанный с предметам по специальности;
- готовят себя к выполнению дипломного проектирования и дипломной работе.

### **2. Задание курсового проекта.**

Разработать оптимальный вариант энергоснабжения для данного района.

Здесь курсовой проект состоит из следующего:

1. План проекта вместе с местом расположения потребителей.
2. Активная мощность ( $P_n$ ) используемая в режиме более высокой нагрузки.
3. Повышение обеспечения электроэнергией потребителей и коэффициент соответствующей мощности ( $\cos\varphi$ ) на самое высокое время пользования ( $T_{\max}$ ).

Для этого схема электросетей обязана отвечать на следующие стандарты:

1. Повышения качества и бесперебойного обеспечения электроэнергией.
2. Удобность с экономической стороны обеспечения электроэнергией.

Потребители делятся на 3 категории для надёжности обеспечения электроэнергией.

Потребители категории 1, должны обеспечиваться 100% электроэнергией. Для этого желательно использовать источники энергии не связанные друг с другом, т. е. двух стороннее обеспечение энергией, двух проводную линию электропередач и подстанцию из двух трансформаторов.

Потребители категории 2, должны быть обеспечены электроэнергией с помощью подстанций из двух трансформаторов частичный коэффициент, которого  $K_{\Sigma}=0,75$  и используется однопроводная линия электропередач надёжная при высоком напряжении.

Потребители категории 3, обеспечиваются с помощью подстанций из одного трансформатора и однопроводной линии передач. Здесь учитывается обмен запасного трансформатора за сутки. Выбранные провода при различной катастрофе могут быть удовлетворены.

При проектировании электросетей и системы сравниваются на основании несколько вариантов схем, итоги одинаковых вычислений с экономическими показателями, и принимаются малорасходный вариант.

### **3. Порядок оформления графической и объяснительной части в курсовом проекте.**

Объяснительная работа по предмету «Электрические сети и системы» рекомендуется выполнять в качестве заключительного расчета в следующем виде:

1. Титульный лист.
2. Календарный план и данный проект.
3. Введение.
4. Основная часть расчета.
5. Пояснительная записка.
6. Используемые литературы при выполнении проекта.

Пояснительная записка пишется на белой бумаге формат 210x 297, 40-50 страницах и часть проекта в основном делят на следующие %:

- Устойчивость энергии и вычисление установки конденсатора 10%:
- Выбор схемы, выбор трансформатора и поперечного сечения провода- 40%:
- Определение параметров провода и трансформатора 20%:
- Техничко-экономические расчеты и сопоставление вариантов 30%:

Текст курсового проекта должен быть краткий и яркий с технической точки зрения, желательно все способы и формулы указывать в последовательности.

Графическая часть проекта, чертится на двух ватманах объём 24, после росписи и утверждения преподавателя, курсового проект разрешается защита.

**Министерство Высшего и Среднего специального образования  
Республики Узбекистан.  
Навоийский Государственный горный институт.  
Факультет «Энергомеханика».  
Кафедра «Электроэнергетика».**

**З А Д А Н И Е № \_\_\_\_\_**

**Курсовой проект по предмету «Электрические сети и системы».**

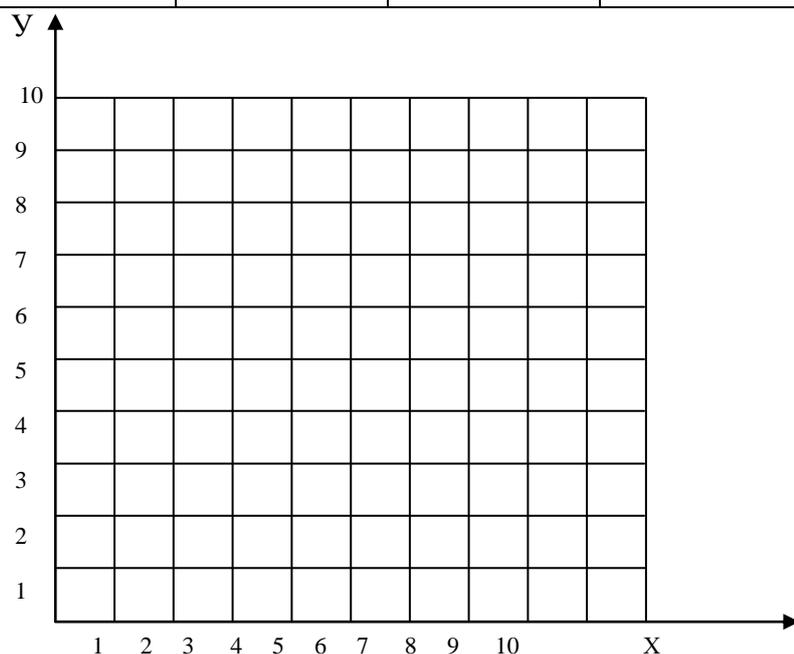
Студент \_\_\_\_\_

группа \_\_\_\_\_

Дата получения задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 год.

**Тема проекта: «Электрические сети района»**

№	P МВт	cosφ	x	y	U <sub>н</sub> кВ
п/ст					
1					
2					
3					
4					
5					



Время задачи задания: План \_\_\_\_\_ Фактический \_\_\_\_\_

Этапы					Защиты
1	2	3	4	5	

Руководитель проекта: \_\_\_\_\_

## 5. Ознакомление с заданием и расчет баланс мощностей

Один из основных показателей проектирования электрических сетей и систем, изучение рекомендации по обеспечению района электроэнергией.

Для этого:

Графическое место расположение потребителей.

Климатические условия:

Рекомендация и категория потребителей электроэнергии.

Понятия об электроэнергии.

Основные вычисления баланс мощности правильно подобрать схему и систему проектирования электрических сетей.

Определим баланс активное мощностей

$$\sum P_r = \sum P_{\text{нагр}} + \Delta P_{\text{сис}} + P_{\text{рез}} \quad [\text{МВт}]$$

Здесь  $\sum P_r$  - сумма установленной генерационной мощности;

$\sum P_{\text{нагр}}$  - сумма активных мощностей нагрузок.

$\Delta P_{\text{сеть}}$  - потеря активной мощности в сети;

$P_{\text{рез}}$  - активная мощность в резерве.

Сумма нагрузок активной мощности определяется следующим образом:

$$\sum P_{\text{нагр}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$  - активная мощность, данное потребителем.

Потеря активной мощности в сети:  $\Delta P_{\text{сеть}} = (6+10)\% \sum P_{\text{нагр}} [\text{МВт}]$

А активная мощность в резерве:  $P_{\text{рез}} = 10\% \sum P_{\text{нагр}} [\text{МВт}]$

Активная мощность в резерве вызывает доверие у потребителей в обеспечении энергией.

### Баланс реактивной мощности

Особое внимание уделяется качеству обеспечения электроэнергией потребителей с дополнительным источником при выборе баланса реактивной мощности со схемой электрических сетей района.

Очень важно улучшение техника – экономического показателя районной электросети т.е для баланса реактивной мощности надо рассчитывать с конденсаторными батареями.

Для этого нужно вычислить следующее равенство:

$$\sum Q_r + \sum Q_k = \sum Q_{\text{нагр}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь  $\sum Q_r$  - сумма установленной генерационной реактивной мощности;

$\sum Q_k$  - сумма мощностей конденсаторной батареи;

$\sum Q_{\text{нагр}}$  - сумма нагрузочной реактивной мощности;

$\Delta Q_{\text{тр}}$  - потеря реактивной мощности в трансформаторе;

$Q_{\text{рез}}$  - реактивная мощность в резерве.

Сумма генерирующей реактивной мощности определяется через соответствующий коэффициент мощности районной электросети:

$$\sum Q_r = \sum P_{\text{нагр}} \operatorname{tg} \varphi. \quad [\text{Мвар}]$$

$\operatorname{tg} \varphi$  определяем через  $\cos \varphi$ .

А реактивная мощность нагрузки определяется таким образом:

$$\sum Q_{\text{нагр}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad [\text{Мвар}]$$

Определение потери реактивной мощности в трансформаторе является основным показателем и определяется таким образом:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 10\% \sum S_{\text{нагр}} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь:  $\sum S_{\text{нагр}}$  - полная мощность нагрузки

$$\sum S_{\text{нагр}} = \sum P_{\text{нагр}} + j \sum Q_{\text{нагр}} = \sqrt{\sum P_{\text{нагр}}^2 + \sum Q_{\text{нагр}}^2} \quad [\text{МВА}]$$

Реактивная мощность в резерве определяется следующим образом:

$$Q_{\text{рез}} = 10\% \sum Q_{\text{нагр}} \quad [\text{Мвар}]$$

Чтобы определить реактивную мощность компенсации нужно вычислить мощность конденсаторной батареи:

$$\sum Q_k = \sum Q_{\text{нагр}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - \sum Q_r \quad [\text{Мвар}]$$

$$\text{Или } \sum Q_k = \sum P_{\text{нагр}} (\operatorname{tg} \varphi_{\text{ест}} - \operatorname{tg} \varphi_n)$$

$$\text{Здесь: } \operatorname{tg} \varphi_{\text{ест}} = \sum P_{\text{нагр}} / \sum S_{\text{нагр}}$$

$$\text{Или, } \cos \varphi_{\text{ест}} = (\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3 \cos \varphi_4 \cos \varphi_5) / 5$$

Определяя коэффициент мощности, можно найти  $\operatorname{tg} \varphi_n$

$$\operatorname{tg} \varphi_n = 0,328 \cos \varphi_n = 0,95 \quad \text{принимается таким образом.}$$

В результате, смотря на найденную мощность конденсаторной батареи  $\sum Q$ , из таблицы 8 выбирают конденсаторную батарею и определяют полную мощность потребителя.

$$S_{\text{нагр}} = \sum P_{\text{нагр}} + j (\sum Q_{\text{нагр}} - Q_k^1) \quad [\text{МВА}];$$

$Q_{\text{ку}}^1$  - мощность конденсаторной батареи, взято из таблицы.

Таким образом, покрытие реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи устанавливается ближе к месту потребителя. В нем, повышая реактивную мощность, уменьшает потери активной мощности, и технико-экономические показатели улучшает качество снабжения электроэнергией.

## **6. Выбор схемы электрических сетей.**

При выборе схемы электрических сетей чертятся 10-12 вариантов, расстояние между подстанциями, смотря на надёжность варианта, выбираются 2 варианта. Эти 2 варианта сопоставляются с технически – экономическими показателями. Районные электрические сети в основном делятся на 3 схемы:

Радиальный (из открытых сетей).

Кольцевые (схема закрытой цепи).

Разбросанный. (смешанный).

Берутся во внимание схемы вышеуказанных соединений, смотря на группы потребителей, расстояния линий передач, потребителей резервной энергией, а также экономичность в цене цветного металла.

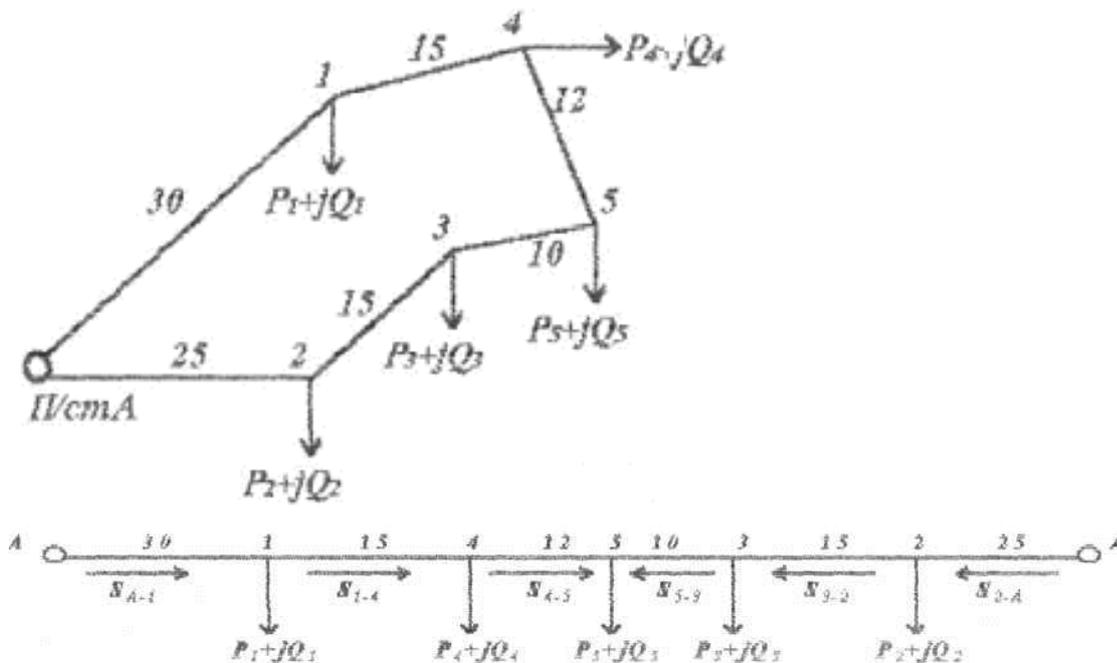
Выбранной схеме ставятся требования, такие как: надёжные, качественные и экономичные, важное место имеет коммутационные аппараты, количество трансформаторов и мощность в каждой подстанции.

Из 10-12 конфигураций нужно выбрать 2 оптимальных варианта, а от проектировщика требуется большие способности, мышление и знание.

Выбирать схемы желательно вместе с руководителем курсового проекта.

### 7. Определение точки распределения мощности в сети.

Для определения точки распределения мощности в сети делаем анализ простой кольцевой сети. Кольцевая сеть рассматривается потребитель с двух сторон. Для этого просмотрим выбранную схему. Здесь считается масштаб расстояния от одного потребителя к другому. Эту кольцевую сеть переводят в открытую систему, вычисляются по направлению мощности.



**Рис- 3**

$$S_{A-1} = \{(P_1+JQ_1)30+(P_4+JQ_4)45+(P_5+JQ_5)57+(P_3+JQ_3)67+(P_2+JQ_2)82\}/(\sum \ell = 107) = \{(R_1 30+JQ_1 30+P_4 45+JQ_4 45+P_5 57+JQ_5 57+P_3 67+JQ_3 67+P_2 82+JQ_2 82)\}/107 = \{\sum P+JQ\}/107 = P_{A-1}+JQ_{A-1} \text{ [MBA]}$$

$$S_{1-4} = S_{A-1} - S_1 = P_{A-1} + JQ_{A-1} - (P_1 + JQ_1) \text{ [MBA]}$$

$$S_{4-3} = S_{1-4} - S_4 \text{ [MBA]}$$

$$S_{5-3} = S_{4-3} - S_5 \text{ [MBA]}$$

Если  $S_{4-5} < S_1$ , то вычисления ведутся со второй стороны, т.е.

$$S_{A-2}^1 = \{(P_2+JQ_2)25+(P_3+JQ_3)40+(P_5+JQ_5)50+(P_4+JQ_4)62+(P_1+JQ_1)77\}/\{\sum \ell = 107\} = \{\sum P+JQ\}/107 = P_{A-2}^1 + JQ_{A-2}^1 \text{ [MBA]}$$

$$S_{2-3} = S_{A-2}^1 - S_2 \text{ [MBA]}$$

$$S_{3-5} = S_{2-3} - S_3 \text{ [MBA]}$$

После этого вычисления прекращаются, т.к. если  $S_{5-4} = S_{3-5} - S_5$  то будет  $S_{5-4} < S_5$ .

В итоге определена точка распределения мощности, после выполнения выше указанных вычислений текущая мощность с двух источников. На примере : на 5-точке с каждой двух сторон течение мощностей прекращается.

### **8. Выбор номинального напряжения в электрических сетях.**

Выбор номинального напряжения в электрических сетях и системе играет большую роль для техничеcки - экономических показателей. Через электрические сети подача мощности при различных стандартах можно принимать напряжение. В стандартные номинальные напряжения входят: 6,10,35,110,220,350,500,750 (кВ). При проектировании курсового проекта желательно пользоваться 13 таблицей.

2÷10 [МВт]	50÷20 [км]	35 [кв.]
10÷50 [МВт]	150÷50 [км]	110[ кв.]
100÷150 [МВт]	300÷200 [км]	220 [кв.]
400÷600 [МВт]	500÷1000 [км]	500 [ кв.].

Эти показатели в проектировании считаются заключительными в выборе напряжения. Выбор напряжения желательно после техничеcко-экономических вычислений. При выборе номинального напряжения одно из основных предложений соблюдение для выбора оптимального провода воздушных линий.

Для этого провода с минимальной и максимальной площади поперечного сечения подходящий для мощности обязательно надо соединить с короной.

Для 220 кв. АС-240 мм<sup>2</sup>

Для 110 кв. АС-70 мм<sup>2</sup>

Для 35 кв. АС-50 мм<sup>2</sup> будет минимальным.

Максимальные показания:

Для 35 кв. АС-95 мм<sup>2</sup>

Для 100кв АС-240 мм<sup>2</sup>

Для 220 кв.АС-400-500 мм

При выборе мощности пользуйтесь формулой:  $U = 4,34\sqrt{0,016/P}$ , (кВ).

Здесь:

$\ell$ -является расстоянием от источника до потребителя.

P- протяженная активная мощность.

Вычисленную нагрузку и правильно подобранную напряжение пишут в таблицу.

Меж.сетевые Части из рис.	Расстояние $\ell$ (км)	Вычисленная нагрузка		Номинальное напряжение U (кВ)
		P+jQ [кВа]	S [кВа]	
A-1 1-2 И т.д.				

## **9. Выбор силового трансформатора.**

При выборе мощного трансформатора (автотрансформатора) немалую роль играет технико-экономическая выдержка мощности, взятая из источника потребителем и надёжное обеспечение. Номинальное напряжение трансформатора измеряется в Киловольт - амперах или Мегавольт - амперах, и выбирается на основе полной мощности потребителя. На практике для подстанции выбираются трансформаторы, смотря на категории потребителя, принимается один или два, трансформатора т.е. все нагрузки в номинальном положении до 40% при аварии 0,7+ 0,75 принимаются.

В результате коэффициент нагрузок на трансформаторы рекомендуются в следующем виде:

Если 1 категория, то  $K_n=0,6 \div 0,75$  будет.

2 категория, то  $K_n=0,7 \div 0,85$  будет.

3- категория, то  $K_n=0,8 \div 0,95$  будет.

Часто для потребителей категории-3 выбирается трансформаторная подстанция с напряжением  $S_{нт}=6,3$ (МВА). Выбираемые трансформаторы регулируют под стандартные номинальные напряжения.

Трансформаторы и (автотрансформаторы) с напряжением 220/110/10,5/и 110/35/10,5 трёхфазные и трёхобмоточный обязаны нагружаться до следующего % отношения.

т.е. 100/100/100.

100/100/66,7

100/66,7/100

100/66,7/66,7.

Выбираемые трансформаторы для двух трансформаторных подстанций должны соответствовать следующим требованиям: граница его нагрузочного коэффициента 1,4 или 40% берётся во внимание нагрузка и приблизительное его напряжение определяется так:  $S \geq S_{наг}/1,4$ .

А нагрузочный коэффициент:  $K_n=S_{наг}/S_{нт}=0,7 \div 0,85$ .

В связи с напряжением трансформатора и автотрансформатора, выбор номинальных мощностей берется из таблицы-9.

## **10. Определение и выбор воздушных линий и выбор площади поперечного сечения провода.**

В воздушных электрических сетях с напряжением  $U_n=35$  кВ и выше устанавливаются однопроводной и двухпроводной деревянный столб, железный, железобетонный столб. Опоры выбираются по климату планируемого района. Железобетонные опоры устанавливаются в основном в горных массивах, а мощность их больше  $U_n=35$  кВ.

Деревянные опоры устанавливаются в районах с низким показателем влажности. Площадь поперечного сечения проводов определяется по формуле:  $I_U=S_{наг}/\sqrt{3}U_n$ .

Здесь:

$I_u$  – рабочий ток на линии;  
 $S_n$ - полное нагрузочное напряжение;  
 $U_n$ - номинальное напряжение линии.

С определением рабочего тока выбираем поперечное сечение провода или определяем с заключительной формулой:  $F=I_u/J_{эк}$

Здесь:

$F$ - Площадь поперечного сечения провода;  
 $J_{эк}$ - Экономическая плотность тока.(А/мм<sup>2</sup>).  
 $J_{эк}=1,3 \div 1,5$  [А/мм<sup>2</sup>]

По правилам вычисленного рабочего тока  $F=I_u/J_{эк}$  и выбирается площадь поперечного сечения провода для воздушного двойного провода:

$$I_u = S_{нар} / 2 * \sqrt{3} U_n$$

Площадь поперечного сечения провода выбранной для каждой сети проверяется при аварии и должны отвечать следующим правилам:

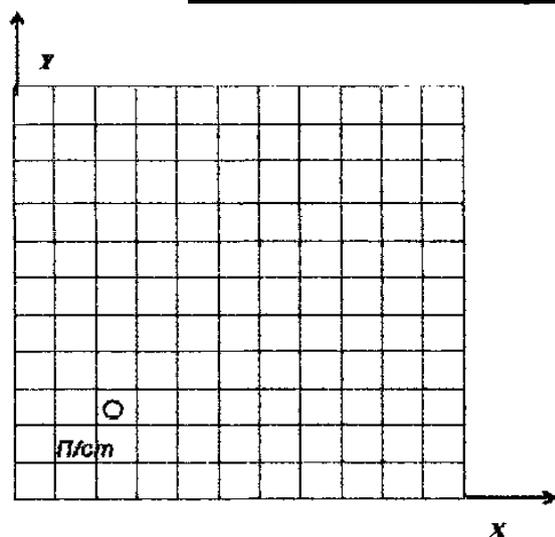
$$I_u \leq I_{раз} \quad \text{или} \quad I_{ав} \leq I_{раз}.$$

$I_{раз}$ - разрешённый ток для выбранной проволоки.

## **11. Однолинейная схема и схема замещения электрических сетей**

После вычисления курсового проекта нужно начертить однолинейную схему электрической сети и соответствующую схему замещения и на основе этих сделать анализ. В схеме указывается по ГОСТу подстанция трансформатора, воздушная линия, её длина, вид провода, площадь поперечного сечения. В схеме замещения указывается вычисленные значения параметров электрических сетей. Рекомендуются пользоваться 6 и 7 рис. Для черчения схемы.

## 12. Варианты курсового проекта и их выполнение



№	№ Потребитель	Р МВт	cosφ	X	Y	Категория %			U <sub>н</sub> (кВ)	T <sub>мак</sub> (с)	масштаб (км)
						I	II	III			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	п/ст			10	5					5800	
	1	25	0,75	6	6	10	40	50	10		
	2	15	0,85	7	7	20	40	40	6		
	3	20	0,95	9	8	5	50	45	6		
	4	10	0,90	7	9	20	35	45	10		
	5	5	0,8	5	7	15	45	40	10		
2	п/ст			3	4					4100	
	1	20	0,90	3	8	15	45	40	10		
	2	15	0,95	5	8	--	50	50	10		
	3	10	0,75	7	6	20	35	45	6		
	4	8	0,85	8	8	15	25	60	10		
	5	2	0,80	7	9	10	30	60	10		
3	п/ст			1	10					4600	
	1	20	0,90	4	7	10	50	40	10		
	2	16	0,85	6	7	15	45	40	10		
	3	12	0,75	3	5	15	35	50	6		
	4	10	0,95	5	5	--	50	50	6		
	5	6	0,80	6	3	5	40	50	6		
4	п/ст			1	9					4000	+
	1	16	0,90	3	5	—	50	50	10		
	2	10	0,95	5	6	10	50	40	6		
	3	12	0,75	3	3	20	35	45	6		
	4	4	0,85	5	4	15	25	60	6		
	5	2	0,80	4	2	10	30	60	6		
5	п/ст			8	3					4700	
	1	18	0,75	8	7	15	45	40	10		
	2	25	0,90	9	8	10	50	40	10		
	3	10	0,87	16	7	10	50	40	10		
	4	12	0,95	7	9	--	55	45	6		
	5	2	0,80	5	8	15	40	55	6		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	п/ст			8	3					4700	
	1	18	0,75	8	7	15	45	40	10		
	2	25	0,90	9	8	10	50	40	10		
	3	10	0,87	16	7	10	50	40	10		
	4	12	0,95	7	9	--	55	45	6		
	5	2	0,80	5	8	15	40	55	6		
7	п/ст			3	10					3100	
	1	18	0,75	5	6	10	45	45	10		
	2	8	0,9	6	5	15	35	50	10		
	3	10	0,95	3	5	15	40	45	6		
	4	12	0,85	4	3	10	50	40	6		
	5	5	0,80	6	3	5	25	70	6		
8	п/ст			8	7					5300	+
	1	12	0,85	7	3	15	45	40	6		
	2	14	0,90	6	5	10	50	40	6		
	3	8	0,95	4	4	5	50	45	10		
	4	5	0,75	5	2	15	40	45	6		
	5	10	0,80	4	3	20	35	45	10		
9	п/ст			1	2					4000	
	1	20	0,75	5	5	20	50	30	10		
	2	12	0,85	7	4	15	50	35	6		
	3	10	0,95	7	6	5	35	60	10		
	4	4	0,90	9	6	5	35	60	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	10		
10	п/ст			6	1					4300	
	1	20	0,85	7	5	15	40	45	10		
	2	15	0,75	5	6	15	45	40	6		
	3	25	0,90	7	7	10	50	40	6		
	4	10	0,80	4	7	10	50	40	10		
	5	5	0,95	6	8	5	40	55	10		
11	п/ст			2	2					4900	
	1	12	0,75	4	5	20	45	35	6		
	2	14	0,95	6	4	10	35	55	6		
	3	16	0,90	7	6	5	45	50	10		
	4	6	0,80	6	7	10	40	50	6		
	5	4	0,855	9	5	15	45	40	6		
12	п/ст			7	10					3900	
	1	25	0,85	5	5	25	50	25	10		
	2	16	0,75	2	5	20	50	30	6		
	3	20	0,90	6	3	--	45	55	6		
	4	8	0,80	8	2	10	40	50	10		
	5	4	0,95	4	1	15	35	60	6		
13	п/ст			5	2					5800	
	1	28	0,80	4	5	20	40	40	10		
	2	12	0,90	6	5	—	50	40	10		
	3	10	0,75	7	7	10	50	50	10		
	4	15	0,90	5	7	15	40	45	10		
	5	5	0,85	8	6	—	45	55	10		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	п/ст			2	8					5900	
	1	22	0,75	5	5	15	45	40	6		
	2	16	0,90	4	3	10	50	40	10		
	3	18	0,87	7	5	10	50	40	6		
	4	8	0,95	7	3	—	45	55	10		
	5	6	0,80	5	2	5	40	55	10		
15	П/ст			2	7					5100	
	1	20	0,75	6	7	15	45	40	10		
	2	16	0,90	5	5	20	40	40	10		
	3	14	0,80	7	4	-	40	45	6		
	4	12	0,87	8	6	15	50	50	6		
	5	10	0,95	9	5	5	50	45	6		
16	п/ст			4	2					5100	
	1	20	0,80	6	5	15	35	50	6		
	2	25	0,75	4	6	10	50	40	6		
	3	10	0,85	8	6	5	45	50	6		
	4	15	0,90	6	7	—	40	60	10		
	5	5	0,95	5	8	5	35	60	6		
17	п/ст			8	9					5100	
	1	15	0,75	6	6	25	50	25	10		
	2	8	0,90	4	7	10	50	40	6		
	3	10	0,80	2	6	15	45	40	6		
	4	14	0,87	2	4	15	45	40	6		
	5	5	0,95	6	4	--	50	50	6		
18	п/ст			3	9					4500	
	1	16	0,85	5	6	20	40	40	10		
	2	24	0,90	7	5	10	50	40	10		
	3	18	0,95	4	4	--	60	40	6		
	4	9	0,78	6	4	25	45	30	10		
	5	5	0,80	5	2	5	50	45	10		
19	п/ст			1	9					4000	
	1	15	0,80	3	5	—	50	50	10		
	2	10	0,95	5	6	10	50	40	6		
	3	6	0,75	3	3	20	35	45	6		
	4	4	0,80	5	4	15	25	60	6		
	5	8	0,90	4	2	10	30	60	6		
20	п/ст			3	9					4500	
	1	16	0,85	5	6	20	40	40	10		
	2	24	0,90	7	5	10	50	40	10		
	3	18	0,95	4	4	--	60	40	6		
	4	9	0,78	6	4	25	45	30	10		
	5	5	0,80	5	2	5	50	45	10		
21	п/ст			2	10					4200	
	1	20	0,80	8	7	20	50	30	6		
	2	15	0,95	6	8	25	45	30	6		
	3	10	0,75	5	6	5	40	55	6		
	4	8	0,85	7	9	10	45	45	6		
	5	2	0,8	9	8	15	40	40	6		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22	п/ст 1 2 3 4 5	16 6 2 8 4	0,90 0,95 0,75 0,85 0,80	10 5 4 7 3	2 4 6 6 7	15 -- 20 15 10	45 50 35 25 30	40 50 45 60 60	10 10 10 6 10	4300	
23	п/ст 1 2 3 4 5	18 24 10 10 6	0,95 0,75 0,90 0,90 0,85	9 5 7 5 3	2 3 6 6 6	10 20 5 20 15	40 40 50 35 45	50 40 45 45 40	6 6 10 10 10	4600	
24	п/ст 1 2 3 4 5	14 18 10 6 2	0,75 0,85 0,95 0,90 0,90	9 6 4 3 5	5 6 8 8 9	20 15 5 5 10	50 50 35 35 40	30 35 60 60 50	10 6 6 6 6	5800	
25	п/ст 1 2 3 4 5	20 15 25 10 5	0,85 0,75 0,90 0,80 0,95	6 7 5 4 6	1 5 6 7 8	15 15 10 10 5	40 45 50 50 40	45 40 40 40 55	10 6 6 10 10	4300	
26	п/ст 1 2 3 4 5	18 8 10 12 5	0,75 0,9 0,95 0,85 0,80	3 5 6 4 6	10 6 5 3 3	10 15 15 10 5	45 35 40 50 25	45 50 45 40 70	10 10 6 6 6	3100	
27	п/ст 1 2 3 4 5	20 16 14 12 10	0,75 0,90 0,80 0,87 0,95	2 6 7 8 9	7 7 4 6 5	15 20 - 15 5	45 40 40 50 50	40 40 45 50 45	10 10 6 6 6	5100	
28	п/ст 1 2 3 4 5	15 9 10 2 4	0,90 0,85 0,75 0,95 0,80	9 6 8 4 7	2 5 6 7 9	10 15 15 - 5	50 45 35 50 40	40 40 50 50 55	6 6 10 10 10	5400	
29	п/ст 1 2 3 4 5	18 25 10 12 2	0,75 0,90 0,87 0,95 0,80	8 8 9 16 7	3 7 8 7 9	15 10 10 -- 15	45 50 50 55 40	40 40 40 45 55	10 10 10 6 6	4700	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30	п/ст			2	2					4900	
	1	12	0,75	4	5	20	45	35	6		
	2	14	0,95	6	4	10	35	55	6		
	3	16	0,90	7	6	5	45	50	10		
	4	6	0,80	6	7	10	40	50	6		
	5	4	0,855	9	5	15	45	40	6		
31	п/ст			7	10					5000	
	1	25	0,85	5	6	15	40	45	10		
	2	16	0,75	3	6	15	45	40	6		
	3	20	0,90	5	5	10	50	40	6		
	4	8	0,80	7	5	10	50	40	10		
	5	4	0,95	4	4	5	40	55	6		
32	п/ст			9	2					5200	
	1	20	0,95	8	6	5	45	50	10		
	2	24	0,80	7	8	15	50	35	10		
	3	16	0,75	6	6	20	40	40	6		
	4	8	0,80	5	8	10	35	55	10		
	5	2	0,90	5	5	--	50	50	6		
33	п/ст			9	5					5800	
	1	14	0,75	6	6	20	50	30	10		
	2	18	0,85	5	8	15	50	35	6		
	3	10	0,95	4	6	5	35	60	6		
	4	6	0,90	3	8	5	35	60	6		
	5	2	0,90	5	9	10	40	50	6		
34	п/ст			7	9					5000	
	1	18	0,90	7	6	25	50	25	10		
	2	9	0,87	8	4	20	50	30	6		
	3	8	0,95	5	5	--	45	55	6		
	4	10	0,75	5	3	10	40	50	6		
	5	6	0,80	6	2	15	35	60	10		
35	п/ст			1	10					4600	
	1	20	0,90	4	7	10	50	40	10		
	2	16	0,85	6	7	15	45	40	10		
	3	12	0,75	3	5	15	35	50	6		
	4	10	0,95	5	5	--	50	50	6		
	5	6	0,80	6	3	5	40	50	6		
36	п/ст			9	8					3900	
	1	25	0,75	7	6	20	45	35	10		
	2	20	0,95	9	4	10	35	55	10		
	3	12	0,90	6	2	5	45	50	6		
	4	8	0,85	7	3	15	45	40	10		
	5	4	0,80	9	2	10	40	50	10		
37	п/ст			8	10					5000	
	1	24	0,95	4	8	10	40	50	6		
	2	18	0,75	3	6	20	40	40	6		
	3	10	0,90	6	7	5	50	45	10		
	4	14	0,80	5	5	20	35	45	10		
	5	6	0,85	2	5	15	45	40	10		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
38	п/ст			7	9					5000	
	1	18	0,90	7	6	25	50	25	10		
	2	9	0,87	8	4	20	50	30	6		
	3	8	0,95	5	5	--	45	55	6		
	4	10	0,75	5	3	10	40	50	6		
	5	6	0,80	6	2	15	35	60	10		
39	п/ст			1	2					4000	
	1	20	0,75	5	5	20	50	30	10		
	2	12	0,85	7	4	15	50	35	6		
	3	10	0,95	7	6	5	35	60	10		
	4	4	0,90	9	6	5	35	60	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	10		
40	п/ст			9	10					5800	
	1	18	0,95	6	7	10	40	50	6		
	2	9	0,75	6	5	20	40	40	10		
	3	8	0,90	4	6	5	50	45	10		
	4	10	0,80	5	4	20	35	45	10		
	5	2	0,88	3	5	15	45	40	10		
41	п/ст			9	10					5800	
	1	18	0,95	6	7	10	40	50	6		
	2	9	0,75	6	5	20	40	40	10		
	3	8	0,90	4	6	5	50	45	10		
	4	10	0,80	5	4	20	35	45	10		
	5	2	0,88	3	5	15	45	40	10		
42	п/ст			2	9					6000	
	1	22	0,80	6	7	15	50	35	10		
	2	25	0,95	8	9	5	45	50	6		
	3	14	0,75	8	7	20	40	40	6		
	4	6	0,80	10	8	10	35	55	10		
	5	8	0,90	9	5	-	50	50	10		
43	п/ст			7	10					3900	
	1	25	0,85	5	6	15	40	45	10		
	2	16	0,75	3	6	15	45	40	6		
	3	20	0,90	5	5	10	50	40	6		
	4	8	0,80	7	5	10	50	40	10		
	5	4	0,95	4	4	5	40	55	6		
44	п/ст			9	5					5800	
	1	14	0,75	6	6	20	50	30	10		
	2	18	0,85	5	8	15	50	35	6		
	3	10	0,95	4	6	5	35	60	6		
	4	6	0,90	3	8	5	35	60	6		
	5	2	0,90	5	9	10	40	50	6		
45	п/ст			7	9					5000	
	1	18	0,90	7	6	25	50	25	10		
	2	9	0,87	8	4	20	50	30	6		
	3	8	0,95	5	5	--	45	55	6		
	4	10	0,75	5	3	10	40	50	6		
	5	6	0,80	6	2	15	35	60	10		
46	п/ст			10	3					3800	
	1	12	0,80	6	5	40	30	30	10		
	2	16	0,75	5	6	45	40	25	10		
	3	8	0,90	4	4	40	40	20	6		
	4	10	0,85	3	5	50	30	20	10		
	5	2	0,95	3	7	--	45	25	6		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
47	п/ст			7	9					5000	
	1	18	0,90	7	6	25	50	25	10		
	2	9	0,87	8	4	20	50	30	6		
	3	8	0,95	5	5	--	45	55	6		
	4	10	0,75	5	3	10	40	50	6		
	5	6	0,80	6	2	15	35	60	10		
48	п/ст			1	2					4000	
	1	20	0,75	5	5	20	50	30	10		
	2	12	0,85	7	4	15	50	35	6		
	3	10	0,95	7	6	5	35	60	10		
	4	4	0,90	9	6	5	35	60	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	10		
49	п/ст			8	10					5700	
	1	24	0,75	7	6	15	45	40	10		
	2	14	0,80	5	6	20	40	40	10		
	3	16	0,85	5	4	15	40	45	6		
	4	8	0,90	3	5	—	50	50	6		
	5	2	0,95	7	3	5	50	45	10		
50	п/ст			9	10					5800	
	1	18	0,95	6	7	10	40	50	6		
	2	9	0,75	6	5	20	40	40	10		
	3	8	0,90	4	6	5	50	45	10		
	4	10	0,80	5	4	20	35	45	10		
	5	2	0,88	3	5	15	45	40	10		
51	п/ст			1	2					4000	
	1	20	0,75	5	5	20	50	30	10		
	2	12	0,85	7	4	15	50	35	6		
	3	10	0,95	7	6	5	35	60	10		
	4	4	0,90	9	6	5	35	60	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	10		
52	п/ст			3	10					5200	
	1	18	0,75	5	6	10	45	45	10		
	2	8	0,90	6	5	15	35	50	10		
	3	10	0,95	3	5	15	40	45	6		
	4	12	0,85	4	3	10	50	40	6		
	5	5	0,80	6	3	5	25	70	6		
53	п/ст			1	10					4600	
	1	20	0,90	4	7	10	50	40	10		
	2	16	0,85	6	7	15	45	40	10		
	3	12	0,75	3	5	15	35	50	6		
	4	10	0,95	5	5	--	50	50	6		
	5	6	0,80	6	3	5	40	50	6		
54	п/ст			10	8					5500	
	1	18	0,80	8	5	20	45	35	10		
	2	8	0,75	6	5	15	45	40	6		
	3	9	0,95	7	3	—	40	60	10		
	4	2	0,95	5	4	10	40	50	6		
	5	5	0,90	5	3	5	45	50	10		
55	п/ст			10	2					4300	
	1	16	0,90	5	4	15	45	40	10		
	2	6	0,95	5	6	--	50	50	10		
	3	2	0,75	4	5	20	35	45	10		
	4	8	0,85	7	6	15	25	60	6		
	5	4	0,80	3	7	10	30	60	10		

56	п/ст			1	9					4000	
	1	16	0,90	3	5	—	50	50	10		
	2	10	0,95	5	6	10	50	40	6		
	3	12	0,75	3	3	20	35	45	6		
	4	4	0,85	5	4	15	25	60	6		
	5	2	0,80	4	2	10	30	60	6		
57	п/ст			7	10					3900	
	1	25	0,85	5	6	15	40	45	10		
	2	16	0,75	3	6	15	45	40	6		
	3	20	0,90	5	5	10	50	40	6		
	4	8	0,80	7	5	10	50	40	10		
	5	4	0,95	4	4	5	40	55	6		
58	п/ст			10	5					4100	
	1	25	0,75	6	6	20	50	30	10		
	2	15	0,85	7	7	15	50	35	6		
	3	20	0,95	9	8	5	35	60	6		
	4	10	0,90	7	9	5	35	60	10		
	5	5	0,80	5	7	10	40	50	10		
59	п/ст			7	10					3900	
	1	25	0,85	5	6	15	40	45	10		
	2	16	0,75	3	6	15	45	40	6		
	3	20	0,90	5	5	10	50	40	6		
	4	8	0,80	7	5	10	50	40	10		
	5	4	0,95	4	4	5	40	55	6		
60	п/ст			1	2					4000	
	1	20	0,75	5	5	20	50	30	10		
	2	12	0,85	7	4	15	50	35	6		
	3	10	0,95	7	6	5	35	60	10		
	4	4	0,90	9	6	5	35	60	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	10		
61	п/ст			7	9					5000	
	1	18	0,90	7	6	25	50	25	10		
	2	9	0,87	8	4	20	50	30	6		
	3	8	0,95	5	5	--	45	55	6		
	4	10	0,75	5	3	10	40	50	6		
	5	6	0,80	6	2	15	35	60	10		
62	п/ст			3	4					4100	
	1	20	0,90	3	8	15	45	40	10		
	2	15	0,95	5	8	--	50	50	10		
	3	10	0,75	7	6	20	35	45	6		
	4	8	0,85	8	8	15	25	60	10		
	5	2	0,80	7	9	10	30	60	10		
63	п/ст			3	9					4500	
	1	16	0,85	5	6	20	40	40	10		
	2	24	0,90	7	5	10	50	40	10		
	3	18	0,95	4	4	--	60	40	6		
	4	9	0,78	6	4	25	45	30	10		
	5	5	0,80	5	2	5	50	45	10		
64	п/ст			9	2					5400	
	1	15	0,90	6	5	10	50	40	6		
	2	9	0,85	8	6	15	45	40	6		
	3	10	0,75	6	7	15	35	50	10		
	4	2	0,95	4	7	-	50	50	10		
	5	4	0,80	7	9	5	40	55	10		

65	п/ст			1	2					4000	
	1	20	0,75	5	5	20	50	30	10		
	2	12	0,85	7	4	15	50	35	6		
	3	10	0,95	7	6	5	35	60	10		
	4	4	0,90	9	6	5	35	60	10		
	5	6	0,80	6	7	10	40	50	10		
66	п/ст			6	8					3800	
	1	15	0,80	6	5	15	50	35	10		
	2	10	0,95	4	5	5	45	50	6		
	3	6	0,75	6	3	20	40	40	10		
	4	4	0,80	4	3	10	35	55	10		
	5	8	0,90	6	2	—	50	50	10		
67	п/ст			1	9					4000	
	1	16	0,90	3	5	—	50	50	10		
	2	10	0,95	5	6	10	50	40	6		
	3	12	0,75	3	3	20	35	45	6		
	4	4	0,85	5	4	15	25	60	6		
	5	2	0,80	4	2	10	30	60	6		
68	п/ст			3	10					5200	
	1	18	0,75	5	6	10	45	45	10		
	2	8	0,90	6	5	15	35	50	10		
	3	10	0,95	3	5	15	40	45	6		
	4	12	0,85	4	3	10	50	40	6		
	5	5	0,80	6	3	5	25	70	6		
69	п/ст			2	3					5100	
	1	24	0,75	6	5	15	45	40	10		
	2	10	0,80	6	7	20	40	40	10		
	3	14	0,85	8	5	-	40	45	6		
	4	16	0,90	9	6	15	50	50	10		
	5	8	0,95	9	7	5	50	45	10		
70	п/ст			4	1						
	1	20	0,90	3	5	10	50	40	10		
	2	15	0,85	6	5	15	45	40	10		
	3	12	0,75	4	6	15	35	50	6		
	4	8	0,95	3	7	—	50	50	10		
	5	10	0,80	5	8	5	40	55	10		
71	п/ст			8	3					4700	
	1	18	0,75	8	7	15	45	40	10		
	2	25	0,90	9	8	10	50	40	10		
	3	10	0,87	16	7	10	50	40	10		
	4	12	0,95	7	9	--	55	45	6		
	5	2	0,80	5	8	15	40	55	6		
72	п/ст			9	3					4200	
	1	16	0,80	8	7	20	50	30	6		
	2	25	0,87	6	8	25	45	30	6		
	3	16	0,90	5	6	5	40	55	6		
	4	8	0,75	7	9	10	45	45	6		
	5	5	0,85	9	8	15	40	40	6		
73	п/ст			3	4					4100	
	1	20	0,90	3	8	15	45	40	10		
	2	15	0,95	5	8	--	50	50	10		
	3	10	0,75	7	6	20	35	45	6		
	4	8	0,85	8	8	15	25	60	10		
	5	2	0,80	7	9	10	30	60	10		

74	п/ст			6	1					4300	
	1	20	0,85	7	5	15	40	45	10		
	2	15	0,75	5	6	15	45	40	6		
	3	25	0,90	7	7	10	50	40	6		
	4	10	0,80	4	7	10	50	40	10		
5	5	0,95	6	8	5	40	55	10			
75	п/ст			2	2					4900	
	1	12	0,75	4	5	20	45	35	6		
	2	14	0,95	6	4	10	35	55	6		
	3	16	0,90	7	6	5	45	50	10		
	4	6	0,80	6	7	10	40	50	6		
5	4	0,855	9	5	15	45	40	6			
76	п/ст			3	4					4100	
	1	20	0,90	3	8	15	45	40	10		
	2	15	0,95	5	8	--	50	50	10		
	3	10	0,75	7	6	20	35	45	6		
	4	8	0,85	8	8	15	25	60	10		
5	2	0,80	7	9	10	30	60	10			
77	п/ст			1	10					4600	
	1	20	0,90	4	7	10	50	40	10		
	2	16	0,85	6	7	15	45	40	10		
	3	12	0,75	3	5	15	35	50	6		
	4	10	0,95	5	5	--	50	50	6		
5	6	0,80	6	3	5	40	50	6			
78	п/ст			6	8					3800	
	1	15	0,80	6	5	15	50	35	10		
	2	10	0,95	4	5	5	45	50	6		
	3	6	0,75	6	3	20	40	40	10		
	4	4	0,80	4	3	10	35	55	10		
5	8	0,90	6	2	—	50	50	10			
79	п/ст			4	2					5900	
	1	24	0,87	3	6	25	50	25	10		
	2	18	0,75	6	6	20	40	40	10		
	3	10	0,90	5	7	10	50	40	6		
	4	8	0,95	4	9	—	50	50	10		
5	6	0,80	6	9	5	40	55	6			
80	п/ст			9	2					5200	
	1	20	0,95	8	6	5	45	50	10		
	2	24	0,80	7	8	15	50	35	10		
	3	16	0,75	6	6	20	40	40	6		
	4	8	0,80	5	8	10	35	55	10		
5	2	0,90	5	5	--	50	50	6			
81	п/ст			6	1					4300	
	1	20	0,85	7	5	15	40	45	10		
	2	15	0,75	5	6	15	45	40	6		
	3	25	0,90	7	7	10	50	40	6		
	4	10	0,80	4	7	10	50	40	10		
5	5	0,95	6	8	5	40	55	10			
82	п/ст			8	9					5100	
	1	15	0,75	6	6	25	50	25	10		
	2	8	0,90	4	7	10	50	40	6		
	3	10	0,80	2	6	15	45	40	6		
	4	14	0,87	2	4	15	45	40	6		
5	5	0,95	6	4	--	50	50	6			

83	п/ст			1	10					4600	
	1	20	0,90	4	7	10	50	40	10		
	2	16	0,85	6	7	15	45	40	10		
	3	12	0,75	3	5	15	35	50	6		
	4	10	0,95	5	5	--	50	50	6		
	5	6	0,80	6	3	5	40	50	6		
84	п/ст			3	9					4500	
	1	16	0,85	5	6	20	40	40	10		
	2	24	0,90	7	5	10	50	40	10		
	3	18	0,95	4	4	--	60	40	6		
	4	9	0,78	6	4	25	45	30	10		
	5	5	0,80	5	2	5	50	45	10		
85	П/ст			2	3					5100	
	1	24	0,75	6	5	15	45	40	10		
	2	10	0,80	6	7	20	40	40	10		
	3	14	0,85	8	5	-	40	45	6		
	4	16	0,90	9	6	15	50	50	10		
	5	8	0,95	9	7	5	50	45	10		

## ПРИМЕР РАСЧЕТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Если курсовой проект дан по вариантам, то он выполняется в следующем виде:

Дано:  $P_1=20$  [МВт];  $P_2=12$  [МВт];  $P_3=10$  [МВт];  $P_4=4$  [МВт];  $P_5=6$  [МВт];  
 $\cos\varphi_1=0,75$ ;  $\cos\varphi_2=0,85$  ;  
 $\cos\varphi_3=0,95$  ;  $\cos\varphi_4=0,9$  ;  $\cos\varphi_5=0,8$ .

### Определяем реактивную мощность.

$$Q=UI\sin\varphi$$

Если  $S=UI$  то  $Q=S\sin\varphi$

$$S_1=P_1/\cos\varphi_1=20/0,75=26,7 \text{ [MBA]}; Q_1=S_1\sin\varphi=26,7*0,52=17,6 \text{ [Mвар]}$$

Здесь: если  $\cos\varphi=0,75$  то  $\sin\varphi=0,52$  ;

$$\text{Точно также: } S_2=14 \text{ [MBA]}; S_3=10,5 \text{ [MBA]}; S_4=4,4 \text{ [MBA]}; S_5=7,5 \text{ [MBA]};$$

$$Q_2=7,3 \text{ [MВАР]}; Q_3=3,2 \text{ [MВАР]}; Q_4=2 \text{ [MВАР]}; Q_5=4,5 \text{ [MВАР]}.$$

Из вычисления можно определить полную мощность :

$$S_1=P_1+JQ_1=20+J17,6 \text{ [MBA]}; S_2=P_2+JQ_2=12+J7,3 \text{ [MBA]};$$

$$S_3=P_3+JQ_3=10+J3,2 \text{ [MBA]};$$

$$S_4=P_4+JQ_4=4+J2 \text{ [MBA]}; S_5=P_5+JQ_5=6+J4,5 \text{ [MBA]}$$

Теперь вычисляем равновесие активной и реактивной мощности:

$$\sum P_r = \sum P_n + \Delta P_{\text{сеть}} + P_{\text{рез}} = 52 + 4,2 + 5,2 = 61,4 \text{ [МВт]}$$

$$\text{Здесь: } \sum P_{\text{нагр}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 20 + 12 + 10 + 4 + 6 = 52 \text{ [МВт]}$$

$$\Delta P_{\text{сеть}} = (6 \div 10) \% \sum P_n = 8 \% / 100 * 52 = 4,2 \text{ [МВт]};$$

$$P_{\text{рез}} = 10 \% \sum P_n = 10 \% / 100 * 52 = 5,2 \text{ [МВт]};$$

$$\sum Q_r + \sum Q_k = \sum Q_n + \sum Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}};$$

$$\text{Здесь: } \sum Q_n = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 17,6 + 7,3 + 3,2 + 2 + 4,5 = 34,6 \text{ [MВАР]};$$

$$\sum Q_{\text{тр}} = 10 \% \sum S_n = 10 \% / 100 * 62,4 = 6,2 \text{ [MВАР]};$$

$$S_n = P_n + JQ_n = \sqrt{P_n^2 + Q_n^2} = \sqrt{52^2 + 34,6^2} = 62,4 \text{ [MBA]};$$

$$Q_{\text{рез}}=10\% \sum Q_{\text{н}}=10\% / 100 * 34,6=3,5 \text{ [МВАР]};$$

$$\sum Q_{\text{r}}=\sum P_{\text{r}} \operatorname{tg} \varphi_{\text{r}}=61,4 * 0,64=39,2 \text{ [ МВАР]};$$

$$\cos \varphi_{\text{r}}=(\cos \varphi_1+\cos \varphi_2+\cos \varphi_3+\cos \varphi_4+\cos \varphi_5) / 5=(0,75+0,85+0,95+0,9+0,8) / 5=0,84$$

или когда  $\cos \varphi_{\text{r}}=0,84$  то  $\operatorname{tg} \varphi_{\text{r}}=0,64$ ;

$$Q_{\text{к}}=\sum Q_{\text{н}}+\sum Q_{\text{тр}}+Q_{\text{рез}}-\sum Q_{\text{r}}=34,6+6,2+3,5-39,2=5,1 \text{ [МВАР]}$$

$$\sum Q_{\text{r}}+\sum Q_{\text{к}}=\sum Q_{\text{н}}+\sum Q_{\text{тр}}+Q_{\text{рез}};$$

$$39,2+5,1=34,6+6,2+3,5-44,3=44,3 \text{ [ МВАР]};$$

### Определяем точек распространения мощности.

Для определения точки нужно начертить 10-12 конфигураций, учитывая нагрузку, расстояние, и категорию потребителя. Из них выбирают два оптимальных варианта.

Выбранную круглую сеть вычислим в расправленном виде:

$$L_{A-1}=35 \text{ км}; \quad l_{1-3}=15 \text{ км}; \quad l_{3-5}=25 \text{ км}; \quad l_{5-4}=10 \text{ км}; \quad l_{4-2}=20 \text{ км}; \quad l_{2-A}=30 \text{ км};$$

$$\sum l=135 \text{ км.}$$

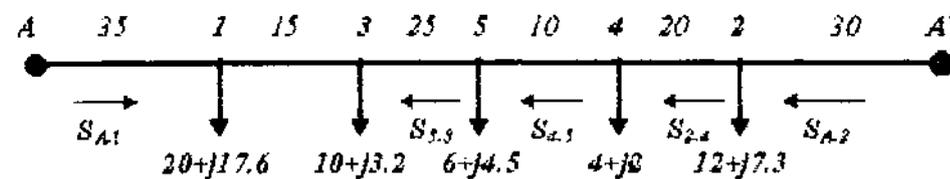
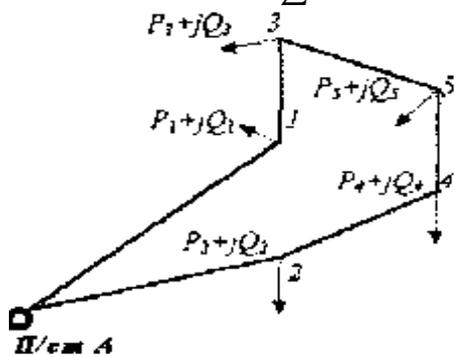


Рис -4.

$$S_{A-1}=\{(20+j17,6)35+(10+j3,2)50+(6+j4,5)75+(4+j2)85+(12+j7,3)105\} / 135=$$

$$=(3250+J2050) / 135=24,1+J15,2 \text{ [МВА]};$$

Мощность, переходящая от первого к третьему пользователю:  $S_{1-3}=S_{A-1}-S_1=24,1+j15,2-(20+j17,6)$  если не удовлетворяет расчет, то вычисляется  $S_{A-2}$  мощность:

$$S_{A-2}=\{(12+j7,3)30+(4+j2)50+(6+j4,5)60+(10+j3,2)85+(20+j17,6)100\} / 135=3770+j19,4 \text{ [ МВА]};$$

$$S_{2-4}=S_{A-2}-S_2=27,9+J19,4-(12+J7,3)=15,9+J12,1 \text{ [ МВА]};$$

$$S_{4-5}=S_{2-4}-S_4=15,9+j12,1-(4+j2)=11,9+j10,1 \text{ [ МВА]};$$

$$S_{5-3}=S_{4-5}-S_5=11,9+j10,1-(6+j4,5)=5,9+j5,6 \text{ [МВА]};$$

$$S_{3-1}=S_{5-3}-S_3=5,9+j5,6-(10+j3,2).$$

Вычисление тоже не удовлетворяет.

Из-за этого, точки распространения мощности 1 и 3 будут у потребителя.

Выбираем номинальное напряжение для планируемой сети.

Пользуясь 13 таблицей, заполняем следующую таблицу.

Расположение Потребителей.	Вычисленная нагрузка		$\ell$ (км)	$U_H$ (кВ)
	P+JQ (МВА)	S (МВА)		
A-1	24,1+J15,2	28,4	35	110
A-2	27,9+J19,4	34	30	110
2-4	15,9+J12,1	20	20	110
4-5	11,9+J10,1	15,6	10	110
5-3	5,9+J5,6	8	25	110

### Выбираем силовые трансформаторы.

Выбираем силовые трансформаторы для пользователей и вычисляем их потери.

$$\text{П/ст-1 } S_H = P_1 + JQ_1 = 20 + J17,6 = 26,7 \text{ [МВА]}$$

Если  $\cos\varphi = 0,75$ ; то  $\text{tg}\varphi = 0,88$  будет.

Здесь:  $\cos\varphi < \cos\varphi_H = 0,95$

Из-за этого выбираем покрытие для реактивной мощности, конденсаторные батареи.

Определяем мощность покрытия реактивной мощности:

$$Q_K = P_1(\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_H) = 20(0,88 - 0,33) = 1,1 \text{ [МВар]}$$

Как для найденной мощности, покрытие конденсатору выберем из 8 таблицы.

$$Q'_K = 2 * 500 = 10000 \text{ [КВар]}$$

Полная вычислительная мощность пользователя после компенсации

$$: S_x = \sqrt{P_1^2 + (Q_1 - Q_{KY})^2} = \sqrt{20^2 + (17,6 - 10)^2} = 21,4 \text{ [МВА]} ;$$

Его коэффициент мощности:  $\cos\varphi = P_1 / S_x = 20 / 21,4 = 0,94$ .

В соответствии с вычисленной полной мощности, выбираем понижающий трансформатор.

Особое внимание, уделяется на категорию потребителя при выборе трансформатора. С таб. 9 выберем двух обмоточный трех фазный трансформатор. ТДН-16/110.

Его коэффициент нагрузки:

$$K_H = S_H / n S_{HT} = 21,4 / 2 * 16 = 0,67.$$

Запишем паспортные данные выбранного трансформатора.

$$S_{HT} = 16 \text{ [МВА]} ; U_{HK} = 110 \text{ [КВ]} ; U_{HK} = 10 \text{ [КВ]} ; \Delta P_{KT} = 19 \text{ [КВт]} ; \Delta P_0 = 85 \text{ [КВт]} ; I_0 = 0,7\% ;$$

$U_K\% = 10,5\% ; R_T = 4,38 \text{ [ОМ]} ; X_T = 87 \text{ [ОМ]} ; K_T = 63 \text{ тыс. Сум. (свободная цена)}$ .

Вычисляем потери энергии и мощность выбранного трансформатора.

$$\Delta P_T = 1/n \Delta P_K (S_H / S_{HT})^2 + n \Delta P_0 = 1/2 * 85 (21,4/16)^2 + 2 * 19 = 0,11 \text{ [МВт]} ;$$

$$\Delta Q_T = U_K\% S_H^2 / n 100 S_{HT} + n I_0\% S_{HT} / 100 = 10,5\% * 21,4^2 / 2 * 100 * 16 + 2 * 0,7\% * 16 / 100 = 1,5 \text{ [МВар]} ;$$

Потеря энергии:

$$\Delta\tau = 1/n\Delta P_k (S_n/S_{HT})^2 \tau + n\Delta P_0 T_{год} = 1/2 * 85(21,4/16)^2 2000 + 2 * 19 * 8760 = 485$$

[Мвт. час/год].

Здесь:  $T_{иб} = 4000$  с;  $\tau = 2000$  с;  $T_{год} = 8760$  с. Берется из таблицы-10.

Полная потеря мощности:

$$\Delta S_{тр} = \Delta P_{тр} + J\Delta Q_{тр} = 0,11 + J1,5 \text{ [МВТ]};$$

Принимая во внимание потребляемый мощность трансформатора и потери:

$$S_{тр}^{ввод} = S_n + \Delta S_{тр} = 20 + J17,6 + 0,11 + J1,5 = 20,1 + J19,1 \text{ [МВТ]};$$

Выбор и вычисления других трансформаторов выполняется по 5 таб.

Наимен. П/ст	Полная нагрузка		Вид тр-ра и мощность	$K_n$	$S_{н1}$ мва	$\Delta P_k$ Квт	$\Delta P_0$ Квт	$U_k$ %	$I_0$ %	$R_1$ ом	$X_1$ ом
	$P+JQ$ мва	$S_n$ мва									
n-1 n-2 n-3 n-4 n-5	20+J(17,6- 10)	21,4	2*ТДН- 16/110	0,67	16	85	19	10,5	0,7	4,4	87

Наим. Подст.	$K_1$ тыс/сум	$\Delta P_1$ Мвт	$\Delta Q_1$ Мвар	$\Delta A_1$ Мвт с/год	$\Delta S_1$ мва	$S_{тр}^{ввод}$ мва
n-1 n-2 n-3 n-4 n-5	63	0,11	1,5	485	0,1+J1,5	20,1+J19,1
	$\sum K_{тр}$			$\sum A_{тр}$		

Смотря на расчеты в таблице, цена и сумма потерянной энергии трансформаторов

будет:  $\sum K_{тр} = 300$  тыс.Сум;  $\sum \Delta A_{тр} = 1855$  Мвт. с/год.

Выбираем площадь поперечного сечения провода для сетей и вычисляем потери у них.

Дорога электропередач А-1.

$$S_{ю} = 24 + J15,2 = 28,4 \text{ [МВА]}$$

Вычислим рабочий ток потребителя:

$$I_U = S_{ю} / \sqrt{U_n} = 28,4 * 10^3 / 110 \sqrt{3} = 146 \text{ [А]}$$

Площадь поперечного сечения провода, который соответствует рабочему току, берем из 11 таб.

В процессе выбора принимаем железобетонные опоры. АС-70.

Его мощность  $U_n=110(\text{кВ})$ . Разрешенный ток  $I_{\text{раз}}=265 [\text{А}]$ ;  $I_n < I_{\text{раз}}$  или  $265 > 146 [\text{А}]$ ; удовлетворяет.

Паспортные данные выбранного провода записывают из 11 таб.

$$F=70 \text{ мм}^2; r_0=0,43 \text{ Ом/км}; x_0=0,4 \text{ Ом/км}; \tau=35 \text{ км};$$

Цена 1 км. провода  $K=12$  тыс. Сум.

Общая цена  $\sum K = \tau K = 35 * 12 = 420 \text{ м Сум.}$

$$B_0 = 2,8 * 10^6 \text{ см/км}; B = b_0 * \tau = 2,8 * 10^6 * 35 = 98 * 10^6 \text{ Ом/км};$$

Вычисляем потери напряжения:

$$\Delta U = (PR + QX) / U_n = (24 * 15,1 + 15,2 * 14) / 110 = 5,2 [\text{кВ}];$$

Здесь:  $R = R r_0 * \tau = 0,43 * 35 = 15,1 [\text{Ом}];$

$$X_0 = x * \tau = 0,4 * 35 = 14 [\text{Ом}];$$

$$\Delta U \% = 100 \% \Delta U / U_n = 100 \% 5,2 / 110 = 4,7 \% ; \Delta U \% = 4,7 \% < 5 \% ;$$

Вычисляем на линиях потери энергии и мощности:

$$S_{\text{тр}}^{\text{ввод}} = 20,1 + j19,1 [\text{МВА}]$$

$$S_{\text{л}}^{\text{!!}} = S_{\text{тр}}^{\text{ввод}} - \Delta Q_c = 20,1 + j19,1 - j1,2 = 20,1 + j19 [\text{МВА}]$$

Здесь:  $\Delta Q_c = B U_n^2 = 98 * 10^6 * 110^2 = 1,2 [\text{Мвар}]$

Потеря активной мощности:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P^{\text{!!2}} + Q^{\text{!!2}}) R / U_n^2 = 955 [\text{кВт}] = 0,96 [\text{МВт}];$$

Потеря реактивной мощности:

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P^{\text{!!2}} + Q^{\text{!!2}}) X / U_n^2 = 885 [\text{кВАР}] = 0,89 [\text{Мвар}]$$

$$\Delta S_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} + j \Delta Q_{\text{л}} = 0,96 + j0,89 [\text{МВА}];$$

Вычисляем потери энергии на линии.

$$\Delta A = \Delta P_{\text{л}} \tau = 0,96 * 2000 = 1960 \text{ МВт.с/год.}$$

Вычисления и выбор провода для других линий выполняется по 6 таб.

Линии электропередачи	Расчет нагрузки		$I_B$	Марка провода	$I_{\text{раз}}$ А	$r_0$ Ом/км	$x_0$ Ом/км	I к м	R Ом	X Ом	$K_{\text{л}}$ Тыс. сум
	$P_{\text{л}} + jQ_{\text{л}}$ МВА	$\mathcal{E}_{\text{л}}$ МВА									
А-1	24 + j15,2	28,	146	АС-70	265	0,43	0,4	35	15,1	14	12
А <sup>1</sup> -2		4									
2-4											
4-5											
5-3											

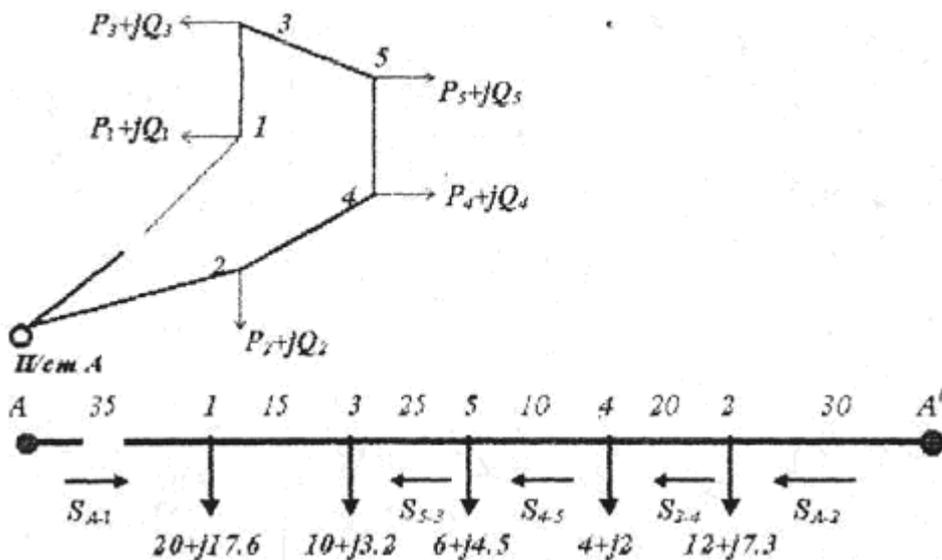
Линии электропередачи	$\sum K_l$	$\Delta U$	$b_0$	$B$	$\Delta Q_l$	$S_{тр}^{ввод}$	$\Delta P_l$	$\Delta Q_l$	$\Delta S_l$	$\Delta A_l$
	Тыс. сум	%	См/км	Ом/км	Мвар	МВА	МВт	мвар	МВА	МВт. ч/год
А-1	42	4,7	2,8	98	12	20,1+j19,1	0,9	<b>0,89</b>	0,96+j0,89	1960
А <sup>1</sup> -2	0						6			
2-4										
4-5										
5-3										
	$\sum K$									$\sum A$

В результате вычисления сумма потери энергии и полная стоимость линии будет:

$$\sum K_l = 2112 \text{ млн. Сум} \quad \sum \Delta A_l = 10192 \text{ МВт. час/год}$$

**Проверка выбранного провода для сети на аварийное состояние.**

Для проверки аварийного состояния провода нужно рассоединить дальнюю линию т.е.



**Рисунок-5**

$$S_{A-2} = \{ (12+j7,3)30 + (4+j2)50 + (6+j4,5)60 + (10+j3,2)85 + (20+j17,6)100 \} / 100 = (3770+j2621) / 100 = 37,7+j26,2 = 45,9 \text{ МВА};$$

Рабочий ток при аварии  $I_U = S_{A-2} / \sqrt{3} U_H = 45,9 * 10^3 / 100 \sqrt{3} = 241 \text{ А.}$

Смотря на итоги рабочего тока, выбирается провод АС-70. Разрешённый ток для выбранного провода:

$$I_{раз} = 265 \text{ А}; I_{раз} \geq I_H \quad \text{или} \quad 265 \geq 241 \text{ А.}$$

Провод, выбранный при аварии, сопоставляется в нормальной линии. Если не подходит нужно выбрать другой стандартный провод.

**Технически - экономические вычисления электрических сетей и системы.**

Расходы потери в сети:

$$C_{\Delta A} = \sum \Delta A_{\text{сеть}} C_0 = 4441 * 10^3 * 2 = 8,9 \text{ млн. Сум.}$$

Здесь:  $C_0 = 2$  Сум (свободная цена) цена 1 кВт . час электра энергии.

$\sum \Delta A_{\text{лэп}} \sum \Delta A_{\text{п/ст}}$  - значения берутся из 5,6 таблицы.

Потери по всей сети такие:

$$\sum C_{\text{сеть}} = C_{\Delta A} + C_{\text{лэп}} + C_{\text{п/ст}} = 8900 + 46 + 32 = 8,98 \text{ млн. Сум.}$$

$$\text{Здесь: } C_{\text{лэп}} = P \sum K_{\text{л}} = 2,8\% * 1653 = 46 \text{ тыс. Сум;}$$

$$C_{\text{п/ст}} = P_{\text{п/ст}} \sum K_{\text{п/ст}} = 9,4 * 343 = 32 \text{ тыс. Сум;}$$

$P_{\text{л}}, P_{\text{п/ст}}$  - выделенные средства для амортизаций; % берется из таблицы 12.

$\sum K_{\text{л}} \sum K_{\text{п/ст}}$  - цена линии и подстанций берется из таблицы 9,11 .

$$\text{Приведенные расходы: } Z = \sum C_{\text{сеть}} + E_{\text{н}} \sum K_{\text{сеть}} = 8980 + 0,15 * 1996 = 9,3 \text{ млн. Сум.}$$

$E_{\text{н}} = 0,12 - 0,15$  - нормативный коэффициент.

Вычисления при планировании курсового планирования в выше указанном порядке считаются оптимальным вариантом и в итоге технически - экономические показатели пишутся в 7 таб.

	1-вариант	2-вариант
$\sum K_{\text{сеть}}$ млн.Сум $\sum \Delta A_{\text{сеть}}$ мВт. час/год $\sum \Delta U_{\text{сеть}}$ млн.Сум 3, млн. Сум		

На таблице-7 пишется, технико-экономические показатели проекта и сравнивается с 2-вариантом, и пишутся заключительные мысли проектора. И потом чертят однолинейную схему и схему замещения. Защищая, свой проект на основе чертежа получают оценку.

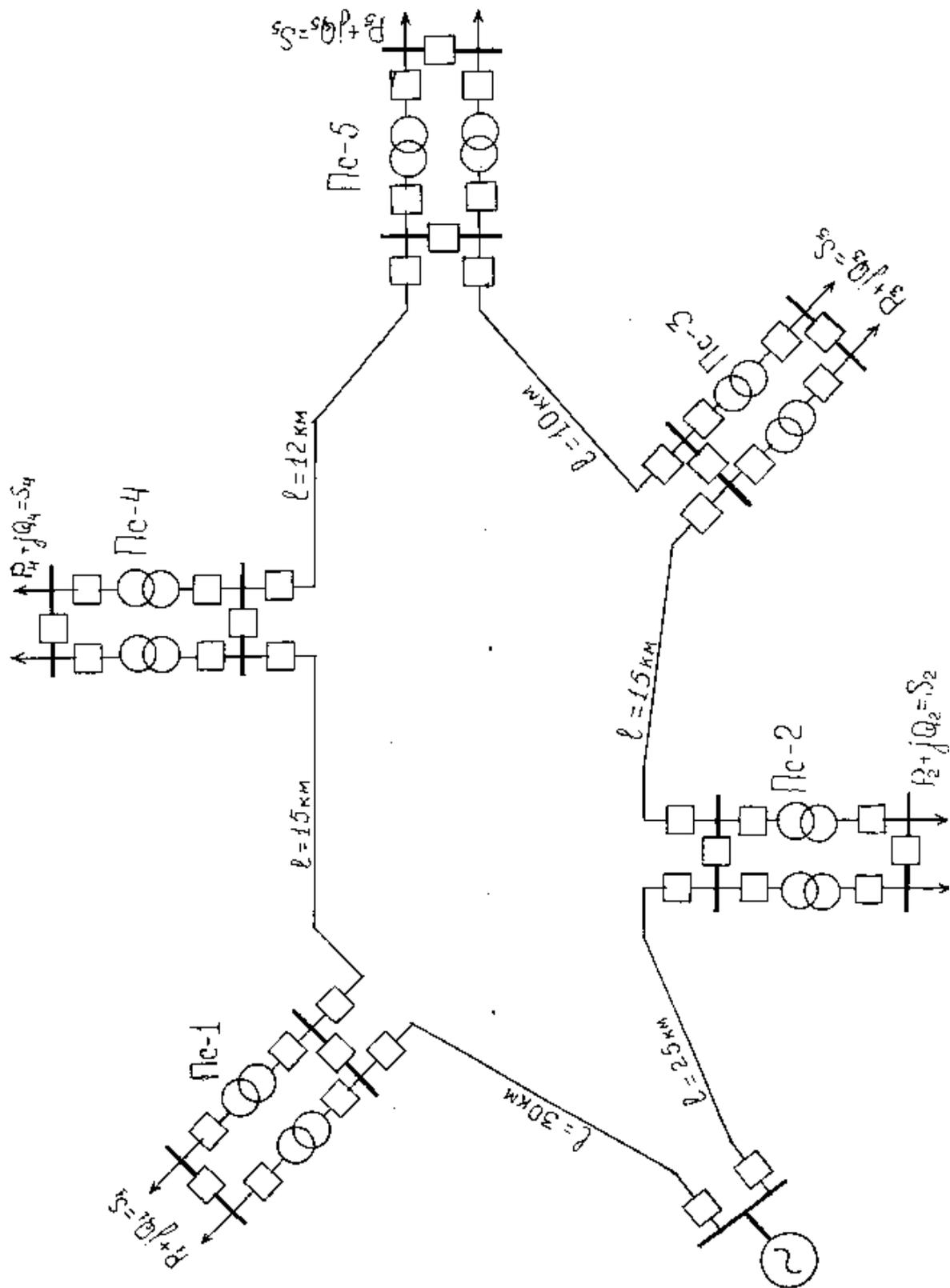


Рис – 6. Схема однолинейной замкнутой электрической сети.

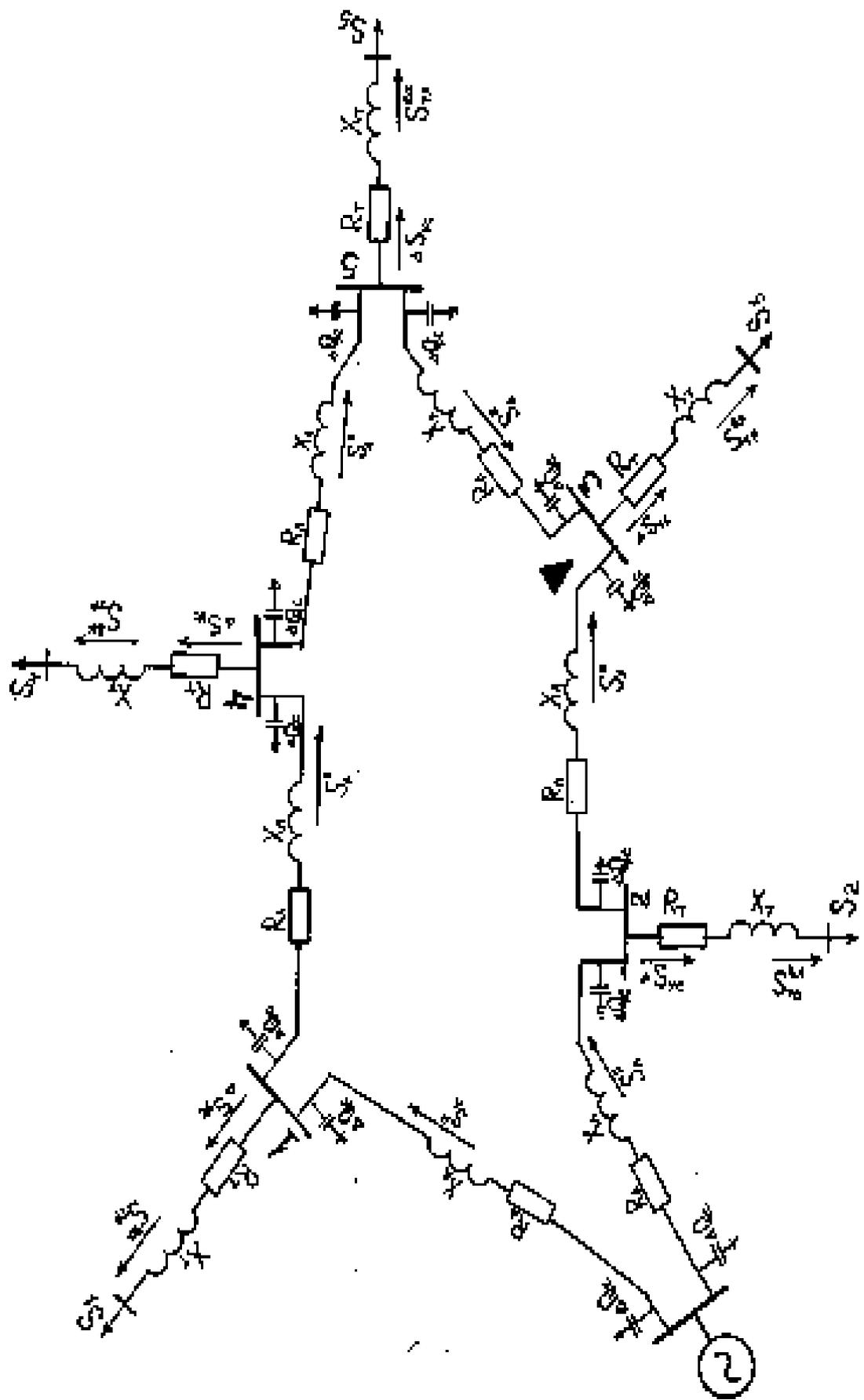


Рис – 7. Схема замещения замкнутой электрической сети.

**Дополнительные сведения о выполнении курсового проекта  
Установка конденсатора.**

Вид и мощность Q (кВар)	ЦЕНА К (Тыс. Сум)	Вид и мощность Q (кВар)	Цена К (Тыс. Сум )
ККУ-0,38-1;80	1,08	КК-6-1;330	2,16
ККУ-0,38-3;160	1,92	КУ-6-2;500	3,06
ККУ-0,38-5;260	2,96	КУ-10-1;300	2,18
ККН-6-2;420	2,22	КУ-10-2;500	3,07
КУН-10-2;400	2,32		

Двух или трех обмоточные трансформаторы, автотрансформатор.

Таблица №9

Вид	Ном. мощ- ност ь $S_n$	Номин. Напряжение.			Потеря мощност и		К.Т. напряжение			Ток хол ост ого ток а	Цена К Млн. Сум.
		КВА	$U_n$	$U_v$	$U_n$	$\Delta P$	$\Delta P_{к.т}$	U- ю	U-ў		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТМ-25/6-10	25	6;10	-	0,4	0,17	0,6	-	4,5	-	3,2	0,96
ТМ-40/6-10	40	6;10	-	0,4	0,24	0,88	-	4,5	-	3,0	1,0
ТМ-63/6-10	63	6;10	-	0,4	0,36	1,28	-	4,5	-	2,8	1,1
ТМ-100/6-10	100	6;10	-	0,4	0,49	1,97	-	4,5	-	2,6	1,22
ТМ-160/6-10	160	6;10	-	0,4	0,73	2,65	-	4,5	-	2,4	1,54
ТМ-250/6-10	250	6;10	-	0,4	0,94	3,7	-	4,54, 5	-	2,3	1,93
ТМ-400/6-10	400	6;10	-	0,4	1,2	5,5	-	4,5	-	2,1	2,7
ТМ-630/6-10	630	6;10	-	0,4	1,56	8,5	-	5,5	-	2,0	3,6
ТМ-1000/6-10	1000	6;10	-	0,4	2,45	12,2	-	5,5	-	1,4	4,8
ТМ-1600/6-10	1600	6;10	-	0,4	3,3	18	-	5,5	-	1,3	6,6
ТМ-2500/6-10	2500	6;10	-	0,4	4,6	25	-	5,5	-	1,0	8,98
ТМ-4000/6-10	4000	6;10	-	0,4	6,4	33,5	-	6,5	-	0,9	12,47
ТМ-6300/6-10	6300	6;10	-	0,4	9,0	46,5	-	6,5	-	0,8	16,43
ТМ-100/35	100	35	-	0,4	0,46	1,97	-	6,5	-	2,6	1,87
ТМ-160/35	160	35	-	0,4	0,7	2,65	-	6,5	-	2,4	2,59

TM-250/35	250	35	-	0,4	1,0	3,7	-	6,5	-	2,3	2,93
TM-400/35	400	35	-	0,4	1,35	5,5	-	6,5	-	2,1	3,7
TM-630/35	630	35	-	0,4	1,9	7,6	-	6,5	-	2,0	4,99
TM-1000/35	1000	35	-	0,4	2,75	12,2	-	6,5	-	1,5	6,87
TM-1600/35	1600	35	-	0,4	3,65	18,0	-	6,5	-	1,4	8,82
TM-2500/35	2500	35	-	0,4	5,1	25	-	6,5	-	1,1	11,84
TM-4000/35	4000	35	-	0,4	6,7	33,5	-	7,5	-	1,0	15,48
TM-6300/35	6300	35	-	0,4	9,4	46,5	-	7,5	-	0,9	19,62
TMH-1000/35	1000	35	-	6,3-11	2,75	11,6	-	6,5	-	1,5	9,5
TMH-1600/35	1600	35	-	6,3-11	3,65	16,5	-	6,5	-	1,4	10,6
TMH-2500/35	2500	35	-	6,3-11	5,1	23,5	-	6,5	-	1,1	12,8
TMH-4000/35	4000	35	-	6,3-11	6,7	33,5	-	7,5	-	1,0	16,2
TMH-6300/35	6300	35	-	6,3-11	9,4	46,5	-	7,5	-	0,9	21
TMH-10000/35	10000	35	-	6,3-11	14,5	65	-	7,5	-	0,8	28,3
TMH-2500/110	2500	110	-	6,3-11	6,5	22	-	10,5	-	1,5	29,5
TMH-4000/110	4000	115	-	6,3-11	6,8	25	-	10,5	-	1,6	36,8
TMH-6300/110	6300	115	-	6,3-11	17,5	50	-	10,5	-	1,0	38,4
ТДН-10000/110	10000	115	-	6,3-11	18	60	-	10,5	-	0,9	43,6
ТДН-16000/110	16000	115	-	6,3-11	26	90	-	10,5	-	0,8 5	53
ТРДН-25000/110	25000	115	-	6,3-10,5	30	120	-	10,5	-	0,7 5	65
ТРДН-32000/110	32000	115	-	6,3-10,5	40	145	-	10,5	-	0,7	73,4
ТРДН-40000/110	40000	115	-	6,3-10,5	50	160	-	10,5	-	0,6 5	82,2
ТРДЦН-6300/110	63000	115	-	6,3-10,5	70	245	-	10,5	-	0,6	105
ТРДЦН-80000/110	80000	115	-	6,3-10,5	85	310	-	10,5	-	0,5 5	118,2
ТРДН-32000/220	32000	230	-	6,3-10,5	53	167	-	12	-	0,9	110
ТРДЦН-63000/220	63000	230	-	6,3-10,5	82	300	-	12	-	0,8	153

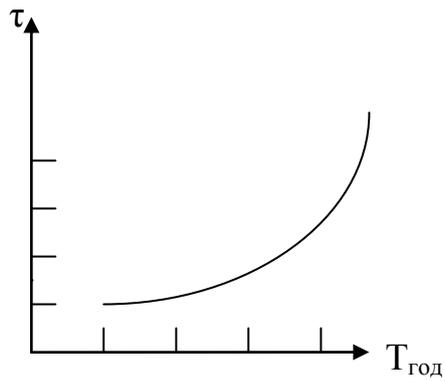
ТРДЦН-160000/220	160000	230	-	6,3-11	167	525	-	12	-	0,6	210
ТМТН-6300/35	6300	35	10,5	6,3	12	55	7,5	7,5	16	1,2	31
ТМТН-6300/110	6300	115	38,5	6,6-11	17	60	10,5	17	6	0,85	47,5
ТДТН-10000/110	10000	115	38,5	6,6-11	23	80	10,5	17	6	1,1	56,3
ТДТН-16000/110	16000	115	38,5	6,6-11	26	105	10,5	17	6	1,05	68,2
ТДТН-25000/110	25000	115	38,5	6,6-11	45	145	10,5	17	6	1,0	75,4
ТДТН-40000/110	40000	115	38,5	6,6-11	63	230	10,5	17	6	0,9	83,7
ТДТН-63000/110	63000	115	38,5	6,6-11	70	310	10,5	17	6	0,85	107,2
ТДТН-80000/100	80000	115	38,5	6,6-11	102	390	10,5	17	6,5	0,8	135
АТДГН-32000/220	32000	230	121	6,3-11-38,5	30	200	10,9	16	10,3	0,35	210
АТДЦГН-63000/220	63000	230	121	6,3-11-38,5	34	370	12,6	18,5	13,1	0,25	280
АТДЦТН-125000/220	125000	230	121	6,3-11-38,5	85	290	11	31	19	0,5	320
АТДЦТН-200000/220	200000	230	121	6,3-11-38,5	125	430	11	32	20	0,5	405

Таблица №10.

Смена	Т <sub>В</sub> с	Т <sub>М</sub> с	τ <sub>0</sub>	
			Сosφ=0,8	Сosφ=1
I				
II	2000	1500	650÷950	500÷700
III	4000	2500	1250÷2400	950÷2050
He	6000	4500	2900÷4550	2500÷4000
перерывно	8760	6500	5200÷7500	4500÷7000

Определить на основе графика и формулы.

$$\tau = [0,124 + T_{н6} / 10000]^2 * T_{год}$$



Вид АС	Номинал.	$r_0$		
Площадь поперечного сечения Мм <sup>2</sup> алюмин/сталь	Разрешенный ток. I <sub>дд</sub> , А	Ом, км	10 кв.	35 кв.
16	105	1,96	2,1	-
25	130	1,27	2,2	-
35/6,2	175	0,91	2,3	-
50,8	210	0,63	2,5	-
70/11	265	0,45	-	8,2
95/16	330	0,33	-	9,4
120/19	380	0,27	-	10,3
150/19	445	0,21	-	10,9
185/24	510	0,17	-	-
240/32	610	0,13	-	-

Тип провода А – алюминия	$I_{\text{дд}}$ А	$r_0$ Ом·км	k т.сум	k т.сум
16	105	1,96	2,1	-
25	135	1,27	2,4	-
35	170	0,91	2,4	3,2
50	215	0,63	2,4	3,3
70	265	0,45	2,7	3,4
95	320	0,33	3,1	3,6

Коэффициент амортизации.

Таблица-12

Название элементов сетей.	Амортизация $P_a$ %	Услуга и Установка $P_p+P_0$	Общая сумма $\sum P$ %
Железо и железобетонные воздушные опоры с напряжением 20 кв.	3,6	0,3	3,9
	2,5	0,3	2,8
От 30кв до220кв			
Электротехнические приборы принадлежн. (трансформатор)			
До 20 кв.	6,4	4	10,4
До 220 кв.	6,4	3	9,4

Выбрать напряжение.

Таблица-13

$l \backslash p$	10	20	30	40	50	60
1000	35	35	35	35	35	35
2000	35	35	35	35	35	110
3000	35	35	35	35	110	110
4000	35	35	35	110	110	110
5000	35	35	110	110	110	110
6000	35	110	110	110	110	110
7000	35	35	110	110	110	110
8000	110	110	110	110	110	110
9000	110	110	110	110	110	110
1000	110	110	110	110	110	110

## Основные и дополнительные литературы:

- 1.Идельчик Б.И. Электрические системы и сети. М: Энергоатомиздат 1989 г,592 с
- 2.Блок В.М. Электрические системы и сети. М:Высшая школа,1986 г,430 с
- 3.Электрические системы.1,2 Электрические сети.Под.ред В.А Веникова М:Высшая школа,1981 г,438 с
- 4.Солдаткина Л.А. Электрические системы и сети.М:Энергия 1978 г
- 5.Боровиков В.А,Косарев В.К,Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем.Л:Энергия 1977 г,391 с
- 6.Электрические системы и сети.Под ред.Г.И Денисенко,Киев,1986 г
7. Строев В.А. Электрические системы и сети. Учебник.-М., «Высшая школа», 512 с. 1998 г.
8. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. /Под общ.ред.профессоров МЭИ.-М.: Издательство МЭИ, 2004, 964 с.
9. Ғойибов Т.Ш. Электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар тўплами . /Под Ўқув қўлланма.-Т.: ТошДТУ, 2006.

## Дополнительные литературы

- 1.”Электр тармоқлари ва системалари” фанидан тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Ташкент:ТашПИ 1991,40 б.(Т.Ш Ғайибоев,А.М Мирбабаев)
2. Шайматов Б.Х. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан назорат ишлари ва курс лойихасини бажариш учун ўқув-услубий қўлланма. Навоий 2005й.
- 11.Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А-Электрические энергетические системы.-Ленинград, Энергия ., 1977
- 12.Каримов Х.Г., Таслимов А.Д., Мамарасулова Ф.С.-Электр тармоқлари, тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Тошкент, ТошДТУ, 2004.
- 13.Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, В.В.Ежнов, Г.К.Зарудский, Э.И.Зуев под.ред. Строева В.А. М., «Высшая школа», 352 с, 1999г.
- 14.Сайт: [www.energystrategy.ru](http://www.energystrategy.ru)
15. Сайт: [www.uzenergy.uzpak.uz](http://www.uzenergy.uzpak.uz)

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**АННОТАЦИЯ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

Методический комплекс по дисциплине «Электрические сети и системы» входит: типовая программа, учебно-рабочая программа, лекционные занятия, технология образования и технологическая карта лекционных, лабораторных и практических занятий, общие вопросы, тесты, варианты итогового контроля, глосарий и критерии оценки и предназначен для самостоятельной подготовки лекционных занятий, порядок выполнения лабораторных работ и решение практических работ, а также для выполнения курсовых проектов. Студенты, выполняющие, эти работы одновременно изучают теории данного курса.

**Методические пособие предложены для выполнения лабораторных работы по курсу «Электрические сети и системы».** Лабораторные работы выполняются на базе филиала кафедры НЭТ, а также рассмотрено в № 5-подстанции НГМК участках систем электроснабжения промышленных предприятий. Для выполнения работы позволяет получить студентам представления о распределении мощности в разветвленной электрических сетей, определение мощностей сложно-замкнутых электрических сетей, изучение нормального режима работы электрических сетей, изучение статического режима работы замкнутых сетей на напряжения 110/220 кВ.

Студенты, выполняющие лабораторных работы изучают существующих видов элементов электроэнергетики, электрические сети и систем, а также конструктивное исполнение воздушных линий, указанных в описаниях. В указаниях предложена теоретическая часть для выполнения лабораторных работы, а также показано их решение. В том числе в указаниях дано паспортные данные элементов электрических сетей и системы.

Данная УМК рекомендуется преподавателям для обучения студентов по направлению «Электроэнергетика (ЭЭ)», Также научных сотрудников, аспирантов и научным исследователям

УМК обсуждена на заседании кафедры «Электроэнергетика (ЭЭ)» от 26 августа 2015 г. пр №1, и рекомендована на рассмотрение учебно-методическим советом факультета.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**СВЕДИНИЕ ОБ АВТОРАХ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

## СПРАВКА

### Шайматов Бабакул



с 2 сентября 2011 года:

доцент кафедрой «Электроэнергетика»

*Навоийкого государственного горного института*

**Дата рождения:**

15.01.1957

**Место рождения:**

Самаркандская область,  
город Акташ

**Национальность:**

узбек

**Партийность:**

партийный (НДП)

**Образование:**

высшее

**Окончил:**

1985 г. Ташкентский политехнический  
институт (очно)

**Специальность по образованию:**

Электроснабжение городов, промышленных  
предприятий и сельского хозяйства

**Учёная степень:**

Кандидат технических наук

**Учёное звание:**

доцент

**Какими иностранными языками владеет:**

русский, английский

**Военное (специальное) звание:**

не имеет

**Имеет ли Государственные награды (какие):**

2013 г. орден "ДУСТЛИК"

**Является ли народным депутатом, членом центральных, республиканских, областных, городских, районных и других выборных органов (указать полностью):**нет

### ТРУДОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

1974-1975 гг. - Электрообмотчик в электроцехе Лянгарского Рудуправления

1976-1978 гг. – Служба в рядах Армии

1978-1980 гг. - Электрослесарь в электроцехе Лянгарского Рудуправления

1980-1985 гг. - студент Ташкентского политехнического института

1985-1988 гг. - Ассистент Бухарского технологического института пищевой и легкой промышленности

1988-1996 гг. - Научный сотрудник, старший преподаватель Бухарского технологического института пищевой и легкой промышленности

1996-1997гг.- Старший преподаватель, доцент кафедры «Энергетика» Навоийкого государственного горного института

1997-2011гг.- Заведующие кафедры «Электроснабжения» Навоийкого государственного горного института

2011 г. - н.в.-Доцент кафедры «Электроэнергетика» Навоийкого государственного горного института

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО**

**ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**ПОЛЕЗНЫЕ СОВЕТЫ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**



**БАХОЛАШ МЕЗОНИ**

**по дисциплине**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

**Навои 2015 г.**

НАВОИЙ КОН-МЕТАЛЛУРГИЯ КОМБИНАТИ  
НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

Энерго механика факультети  
“Электрэнергетикаси кафедраси

“ТАСДИҚЛАЙМАН”

Факультет кенгаши раиси:

С.Ж.Бозорова

«28» август 2015 й.

“Электр тармоқлари ва тизимлари” фанидан  
талабалар билимини  
БАҲОЛАШ МЕЗОНИ

Фаннинг баҳолаш мезони Энергомеханика факультети “Электр энергетикаси” кафедрасининг 2015 йил “26” августдаги № 1 - сон мажлисида муҳокама этилди ва маъқулланди.

Кафедра мудири

\_\_\_\_\_

ИМЗО

Товбоев А.Н

НАВОИЙ – 2015

Ушбу баҳолаш мезонлари Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2013 йил 13 декабрдаги 470-сонли буйруғи билан Низомга ўзгартириш ва қўшимчалар киритилган ҳамда Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлигида 2013 йил 13 декабрда 1981-2-сонли рақами билан давлат рўйхатидан қайта ўтказилган “Олий таълим муассасаларида талабалар билимини назорат қилиш ва баҳолашнинг рейтинг тизими тўғрисидаги Низом” талабларига мувофиқ ишлаб чиқилган.

«Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан тайёрланган ушбу баҳолаш мезони 5310200-Электрэнергетикаси бакалаврият таълим йўналишларининг биринчи курс талабалари учун мўлжалланган.

**Тузувчи:                   Б.Х.Шайматов - “Электрэнергетикаси” кафедраси доценти.**

**Фаннинг баҳолаш мезони Энергомеханика факультети кенгашининг  
2015 йил «28» августдаги №1-сон қарори билан тасдиқланди.**

## КИРИШ

Кадрлар тайёрлаш миллий дастурини амалга оширишнинг янги сифат босқичида олий таълим муассасаларида талабалар билимини баҳолаш ва назорат қилишнинг рейтинг тизимини жорий этишдан мақсад мамлакатимизда таълим сифатини ошириш орқали рақобатбардош юқори малакали мутахассисларни тайёрлашдан иборатдир. Олий ўқув юртларида талабаларнинг билим даражаси асосан рейтинг тизими бўйича баҳоланади. Талабалар билимини рейтинг тизими асосида баҳолаш – талабанинг бутун ўқиш жараёни давомида ўз билимини ошириши учун мунтазам ишлаши ҳамда ўз ижодий фаолиятини такомиллаштиришини рағбатлантиришга қаратилган.

Ушбу баҳолаш мезонлари Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2013 йил 13 декабрдаги 470-сонли буйруғи билан Низомга ўзгартириш ва қўшимчалар киритилган ҳамда Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлигида 2013 йил 13 декабрда 1981-2-сонли рақами билан давлат рўйхатидан қайта ўтказилган “Олий таълим муассасаларида талабалар билимини назорат қилиш ва баҳолашнинг рейтинг тизими тўғрисидаги Низом” талабларига мувофиқ, Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2009 йил 14 августдаги “Талабалар мустақил ишларини ташкил этиш” тўғрисидаги 286-сонли буйруғи иловасидаги йўриқнома ҳамда Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2012 йил 15 августдаги 332/1-сонли буйруғи билан тасдиқланган “Электр тармоқлари ва тизимлари” фанининг ўқув дастури ва ушбу фаннинг ишчи ўқув дастури асосида ишлаб чиқилган.

Ушбу баҳолаш мезони НДКИ “Электр тармоқлари ва тизимлари” фанидан талабалар билимини баҳолашда кенг фойдаланишга тавсия этилиб, айти пайтда талабалар учун ҳам мазкур фанни ўзлаштириш жараёнида қандай баллар тўплаш мумкинлиги ҳақида тасаввурга эга бўлиш имконини беради.

Рейтинг назорати жадваллари, назорат тури, шакли, сони ҳамда ҳар бир назоратга ажратилган максимал балл, шунингдек жорий ва оралик назоратларнинг саралаш баллари ҳақидаги маълумотлар фан бўйича биринчи машғулотда талабаларга эълон қилинади.

## 1. Назорат турлари ва баҳолаш тартиби

« Электр тармоқлари ва тизимлари » фани 5310200-Электр энергетикаси бакалаврият таълим йўналишларининг ўқув режаси бўйича 4 курс 7 ва 8 семестрларда, бўлиб ўтиши мўлжалланган. Талабаларнинг билим савияси ва ўзлаштириш даражасининг Давлат таълим стандартларига мувофиқлигини таъминлаш учун қуйидаги назорат турларини ўтказиш назарда тутилади:

**жорий назорат** – талабанинг « Электр тармоқлари ва тизимлари » фани мавзулари бўйича билим ва амалий кўникма даражасини аниқлаш ва баҳолаш усули. **Жорий назорат « Электр тармоқлари ва тизимлари » фанининг хусусиятидан келиб чиққан ҳолда, тайёрланган тажриба ишларини оғзаки сўров ва амалий ишлари берилган уй вазифаларини текшириш ва суҳбат ўтказиш орқали амалга оширилади;**

**оралиқ назорат** – семестр давомида ўқув дастурининг тегишли (фаннинг бир неча мавзуларини ўз ичига олган) бўлими тугаллангандан кейин талабанинг билим ва амалий кўникма даражасини аниқлаш ва баҳолаш усули. **Оралиқ назорат бир семестрда икки марта ўтказилади, унинг шакли ёзма иш шаклида ўтказилиб ўқув фанига ажратилган умумий соатлар ҳажмидан келиб чиққан ҳолда белгиланади;**

**якуний назорат** – семестр якунида муайян фан бўйича назарий билим ва амалий кўникмаларни талабалар томонидан ўзлаштириш даражасини баҳолаш усули. **Якуний назорат асосан таянч тушунча ва ибораларга асосланган “Ёзма иш” шаклида ўтказилади.**

Талабаларнинг билим савияси, кўникма ва малакаларини назорат қилишнинг рейтинг тизими асосида талабанинг « Электр тармоқлари ва тизимлари » фани бўйича ўзлаштириш даражаси баллар орқали ифодаланади.

Ҳар бир фан бўйича талабанинг семестр давомидаги ўзлаштириш кўрсаткичи **100 баллик тизимда бутун сонлар билан баҳоланади.**

Ушбу 100 балл назорат турлари бўйича жорий ва оралиқ назоратларга – 70 балл ва якуний назоратга – 30 балл қўйиш билан тақсимланади.

## 2. Фан бўйича рейтинг жадвали

Т/р	Курс	Семестр	Хафталар сони	Семестрда фанга ажратилган умумий соат (рейтинг балли)	Маъруза	Тажриба ишлари	Амалий машғулотлар	Мустақил иш соати	Аб-аудитория баллари Мб-мустақил иш баллари	Назорат турлари										Фанларга		
										Жами соат % ҳисобида	ЖН	ЖН – 1	ЖН – 2	ОН	ОН – 1	ОН – 2	ΣЖН+ОН	Саралаш балли	ЯН		ЯНни ўтказиш шакли	Ўзлаштириш кўрсаткичи
1	4	7	18	84	36	10	8	30	Аб	70	35	11	12	35	11	11	70	39	30	ёзма	100	
									Мб	30		6	6		6	7						
2	4	8	18	94	10	10	20	54	Аб	70	35	7	7	35	7	7	70	39	30	ёзма	100	
									Мб	30		10	11		10	11						
3	4	8	18					-	-	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100	КЛ	

## 7-СЕМЕСТР

### 3. “ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИ ВА ТИЗИМЛАРИ” ФАНИДАН РЕЙТИНГ ИШЛАНМАСИ ВА МЕЗОНЛАРИ

#### 3.1. Рейтинг ишланмаси (7-семестр учун)

Т/р	Назорат турлари	Сони	Балл ва сони	Жами балл
<b>1. ЖН умумий 35 балл</b>				
1.1.	Амалий машғулотларни бажариш	2	2x7	14
1.2.	Лаборатория ишини топшириш	2	2x7	14
1.3.	Мустақил иш – реферат тайёрлаш*	1	7	7
<b>2. ОН умумий 35 балл</b>				
2.1.	1 – оралиқ назорат, ёзма иш (3 та савол)	1	4x3	12
2.2.	2 – оралиқ назорат, ёзма иш (3 та савол)	1	4x3	12
2.3.	Мустақил иш – реферат тайёрлаш	2	5+6	11
<b>ΣЖН+ОН</b>				<b>70</b>
<b>3. ЯН</b>				
3.1.	Яқуний назорат, ёзма иш (3 та савол)	1	10x3=30	30
<b>Жами</b>				<b>100</b>

#### 3.2. Баҳолаш мезонлари (7-семестр учун)

1.1. Амалий иш топшириқларини тўла бажарган талабага 2,6 – 3 балл берилади, агар тўла сифатли бажарган лекин берилган саволларга жавоб бериш даражасига қараб 2,1 – 2,6 баллгача берилади, агар тўла бўлмаса бажариш даражасига қараб 1,7 – 2,1 баллгача берилади. Амалий иш мавзулари қуйидагича:

- 1.ЭУЛ алмаштирув схемалари параметрларини аниқлаш.
- 2.Трансформаторлар ва автотрансформаторлар алмаштирув схемалари параметрларини аниқлаш.

1.2. Лаборатория иши топшириқларини тўла мустақил бажарган ва амалда қўллай оладиган талабага 2,6 – 3 балл, тўла мустақил бажарган ва бажарилган иш ҳажмига ва сифатига қараб талабага 2,1 – 2,6 баллгача, тўла бажармаган талабага бажарилган иш ҳажмига ва сифатига қараб 1,7 – 2,1 баллгача берилади. Лаборатория ишлари мавзулари қуйидагича:

1. Кўп шахобчали маҳаллий тармоқда қувват тақсимотини ўзгармас ток ҳисоблаш столи ёрдамида аниқлаш.
2. Мураккаб берк занжирли бир хил тузилган тармоқда қувват тақсимотини ўзгармас ток ҳисоблаш столи ёрдамида аниқлаш.

1.3. \*Жорий назорат бўйича берилган талабанинг мустақил иши – қуйида берилган мавзу бўйича реферат тайёрланади:

- рефератда мавзу тўлиқ очилган, тўғри хулоса чиқарилган ва ижодий фикрлари бўлса - 6,9 – 8 балл
- мавзу моҳияти очилган, фақат хулоса бор - 5,7 – 6,9 баллгача
- мавзу моҳияти ёритилган, аммо айрим камчиликлари бор бўлса – 4,4 – 5,7 баллгача берилади.

***Жорий назорат учун мустақил иш мавзулари қуйидагича:***

- 1.Электр система ва тармоқларни классификацияси.

2. Электр тармоқ ва системаларини турлари.
3. Электр система элементларини номинал кучланишлари.
4. Кучланишни ростлаш тушунчаси.
5. Ҳаво линияларини иш шароитлари, уларнинг тузилиши, ишлатиладиган материалларга талаблар.
6. Кабелларни тузилмиши, уларни ўтказиш усуллари.
7. Юқори кучланишли кабеллар.
8. Саноат корхоналарининг ток ўтказгичлари.

2.1. Оралик (1 – оралик) баҳолаш ёзма тартибда ўтказилиб, унда 3 та саволга жавоб бериш сўралади. Ҳар бир савол 4 баллгача баҳоланади.

- агар саволлар моҳияти тўла очилган бўлса, жавоблар тўлиқ ва аниқ ҳамда ижодий фикрлари бўлса – 3,4 – 4 балл
- саволларга умумий жавоб берилган, аммо айрим фактлар тўлиқ ёритилмаган бўлса - 2,8 – 3,4 баллгача
- саволларга жавоб беришга ҳаракат қилинган, чалкашликлар бўлса – 2,2 – 2,8 баллгача берилади.
- саволларга умуман жавоб ёзмаган ёки саволларда чалкашликлар бўлса – 0 – 2,2 баллгача берилади.

### ***1-Оралик назорат саволлари***

1. Электр тармоқ ва электр юкламаларини тавсифи.
2. Электр тармоқларнинг параметрлари ва алмаштириш схемалари.
3. Истеъмолчилар юкламаларини тавсифи.
4. Юкламалар графиги.
5. Электр тармоғига қўйиладиган талаблар.
6. Электр узатув линиясини (ЭУЛ) параметрлари.
7. Улар нимани ифода қилади ?
8. Улар асосидаги ҳодиса ва жараёнлар.
9. ЭУЛ параметрларига таъсир этиш имкониятлари.
10. Параметрлар орасидаги характерли боғланишлар ва ЭУЛни алмаштирув схемалари.

2.2. Оралик (2 – оралик) баҳолаш ёзма тартибда ўтказилиб, унда 3 та саволга жавоб бериш сўралади. Ҳар бир савол 4 баллгача баҳоланади.

- агар саволлар моҳияти тўла очилган бўлса, жавоблар тўлиқ ва аниқ ҳамда ижодий фикрлари бўлса – 3,4 – 4 балл
- саволларга умумий жавоб берилган, аммо айрим фактлар тўлиқ ёритилмаган бўлса - 2,8 – 3,4 баллгача
- саволларга жавоб ёзишга ҳаракат қилинган, чалкашликлар бўлса – 2,2 – 2,8 баллгача берилади.
- саволларга умуман жавоб ёзмаган ёки саволларда чалкашликлар бўлса – 0 – 2,2 баллгача берилади.

## **2-Оралиқ назорат саволлари**

1. Икки ва уч чўлғамли трансформаторлар, чўлғамлари бўлинган трансформаторлар ва автотрансформаторларнинг параметрларини ҳисоблаш ва уларни алмаштирув схемалари.
2. Тармоқлар иш тартибини анализи.
3. Электр қувватини комплекс ифодаси.
4. Линиялардаги қувват исрофи. Асосий боғланиш ва хулосалар.
5. Трансформатордаги қувват исрофлари. 6. Линия ва трансформаторлардаги энергия исрофи..

2.3. \*Оралиқ назорати бўйича берилган талабанинг мустақил иши учун берилган мавзу бўйича реферат тайёрланади:

- рефератда мавзу тўлиқ очилган, тўғри хулоса чиқарилган ва ижодий фикрлари бўлса-4,3–5 (5,2-6) балл
- мавзу моҳияти очилган, фақат хулоса бор-3,6–4,3 (4,3-5,2) баллгача
- мавзу моҳияти ёритилган, аммо айрим камчиликлари бор бўлса-2,8–3,5 (3,3-4,2) баллгача берилади.
- саволларга жавоб билмаган ёки мустақил иш бўйича қисман жавоб берганда-0–2,8 (0-3,3) баллгача берилади.

### ***Оралиқ назоратлари учун мустақил иш саволлари қуйидагича:***

1. Ҳаводаги ЭУЛ ларининг конструктив элементлари.
2. Ҳаводаги ЭУЛларининг ўтказгичлари ва трослари.
3. Ҳаводаги ЭУЛларининг таянчлари, изоляторлари ва арматуралари.
4. Кабелли ЭУЛлари ва уларнинг асосий конструктив элементлари.
5. Электр энергетика системалари элементларининг характеристикалари ва параметрлари.
6. Электр узатиш йўлларининг алмаштириш схемалари ва ҳисоб параметрлари.
7. Трансформатор ва автотрансформаторларнинг алмаштириш схемалари ва ҳисоб параметрлари.
8. Автотрансформаторнинг характерли хусусиятлари.
9. Электр системаларнинг схемалари.
10. ЭУЛ ҳолатини юклама токи ва кучланиши берилган ҳолатда ҳисоблаш.
11. Электр узатиш йўли ҳолатини юклама қуввати ва кучланиши берилган ҳолатда ҳисоблаш.
12. Электр узатиш йўли ҳолатини юклама қуввати ва таъминловчи тугун кучланиши берилган ҳолатда ҳисоблаш.
13. ЭУЛ ўтказгичларининг кўндаланг кесимларини танлаш.
14. Танланган электр тармоқда қувват ва энергия исрофларини ҳисоблаш асослари
15. Кабелларнинг тузилиши.
17. 6-10 кВ ли кабелларни ўрнатиш усуллари.
18. Кабелларни траншеяда, каналда, тунелда блокларда, галлерейларда ва эстакадаларда жойлаштириш (ўрнатиш)
19. Умумий маълумотлар, электр ўтказгичлар.
20. Шинали ўтказгичлар.

- 21. Трансформатор ва тақсимловчи подстанцияларни конструктив бажарилиши. 22. Трансформатор ва тақсимловчи трансформаторларни йиғиш ва жойлаштириш принциплари.**
- 23. Ички тақсимловчи қурилмалар.**
- 24. 220 кВ гача бўлган ташқи тақсимловчи қурилмалар.**
- 25. Комплект трансформаторли подстанциялар вазифаси ва классификацияси**
- 26. 6-10 кВ ли тақсимловчи подстанцияларни конструктив бажарилиши.**

3.1. Якуний баҳолашда талаба 3 та саволга ёзма жавоб бериши лозим.

- ҳар бир ёзма саволга 10 балл ажратилади.
- агар саволларнинг моҳияти тўла очилган, асосий фактлар тўғри баён қилинган бўлса – 26 – 30 балл
- саволларга тўғри жавоб берилган, лекин айрим камчиликлари бор бўлса – 21 – 26 баллгача
- берилган саволларда жавоблар умумий ва камчиликлар кўпроқ бўлса – 16 – 21 баллгача берилади
- саволларга тўғри жавоблар бўлмаганда, камчиликлар кўп бўлганда ва тўлиқ бўлмаса – 0 – 16

**“ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИ ВА ТИЗИМЛАРИ” фанидан якуний назорат саволлари 7 – семестр учун**

1. Энергетик тизим деб нимага айтилади
2. Электр тармоғини вазифаси
3. Электр тармоғига қандай талаблар қўйилади
4. Учинчи тоифали истеъмолчилар қайсилар
5. Сифатли энергияни нима ташкил этади
6. Истеъмолчиларни қулай таъминланиши учун номинал кучланиш қандай турларга булинади
7. Ёпик ва очик электр тармоғи нима
8. Электр тармоғини элементлари
9. Электр тармоғини иш режими қандай қилинади
10. Кучланиш исрофи нима
11. Кучланиш огиш нима
12. Очик симлар қандай металллардан тайёрланади
13. Истеъмолчилар неча тоифага бўлинади
14. Биринчи тоифали истеъмолчилар қайси истеъмолчилар киради
15. Ички электр тармоғи нима
16. Ташқи электр тармоғи деб қандай тармоққа айтилади
17. Кучланиш режими электр тармоғи учун қандай роль ўйнайди
18. Изоляцияланган симлар қандай тузилган
19. Таянч нима
20. Неча хил таянчлар бор
21. Изоляторлар неча хил бўлади
22. Изолятор нима
23. Юқори кучланишларда изоляторлар қандай танланади
24. Нейтрал нуқта нима
25. Энергия исрофи нима

- 26.110 кВ ли электр тармоғида исроф неча % ни ташкил этади
- 27.Уч фазали узгарувчан ток линиясида актив ва реактив қувват исрофи
- 28.Юкланиш графиги деб нимага айтилади
- 29.Трансформатордаги қувват исрофи нечта кўринишга эга
- 30.Чулғамларда қизиш учун қувват исроф бўлади
- 31.Реактив қувват исрофи
- 32.Салт ишлашда қандай қувват исроф бўлади
33. Изоляторлар неча хил бўлади
- 34.Юкламага боғлиқ булган исроф
- 35.Қувват исрофини камайтириш усуллари
- 36.Техникавий исрофни камайтириш усули қандай
- 37.Организаторлик (исрофни камайтириш)
- 38.Тижорат усули нима
- 39.Амортизация маблағи нима
- 40.Электр узатиш линиялари ва трансформаторлардаги исрофга кетган харажат нима.
41. Юкори кучланишларда изоляторлар қандай танланади
- 42.Йиллик харажатлар таркиби
- 43.Келтирилган коэффициент нима
- 44.Юкламага боғлиқ бўлган исроф
- 45.Норматик коэффициент нима
- 46.Келтирилган коэффициент нима
- 47.Реактив қувват нима
48. Ёпиқ ва очик электр тармоғи нима
- 49.Техникавий исрофни камайтириш усули қандай
- 50.Кучланиш режими электр тармоғи учун қандай роль ўйнайди

## 8-СЕМЕСТР

### 4. “ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИ ВА ТИЗИМЛАРИ” ФАНИДАН РЕЙТИНГ ИШЛАНМАСИ ВА МЕЗОНЛАРИ

#### 1.1. Рейтинг ишланмаси (8-семестр учун)

Т/р	Назорат турлари	Сони	Балл ва сони	Жами балл
<b>1. ЖН умумий 35 балл</b>				
1.1.	Амалий машғулотларни бажариш	2	5,5x2	11
1.2.	Лаборатория ишини топшириш	5	6x4	24
<b>2. ОН умумий 35 балл</b>				
2.1.	1 – оралик назорат, ёзма иш (3 та савол)	1	5,7x3	17
2.2.	2 – оралик назорат, ёзма иш (3 та савол)	1	6x3	18
<b>ΣЖН+ОН</b>				<b>70</b>
<b>3. ЯН</b>				
3.1.	Яқуний назорат, ёзма иш (3 та савол)	1	10x3=30	30
<b>Жами</b>				<b>100</b>

#### 4.2.Баҳолаш мезонлари (8-семестр учун)

1.1. Амалий иш топшириқларини тўла бажарган талабага 1,9 – 2,2 балл берилади, агар тўла сифатли бажарган лекин берилган саволларга жавоб бериш

даражасига қараб 1,6 – 1,9 баллгача берилади, агар тўла бўлмаса бажариш даражасига қараб 1,2 – 1,6 баллгача берилади. Амалий машғулотлар мавзулари қуйидагича:

1. Линия ва трансформаторларда қувват ва энергия исрофларини аниқлаш.
2. Ҳар хил номинал кучланишдаги очиқ занжирли электр тармоқлар иш тартибини ҳисоблаш.
3. Ҳалқасимон тармоқни иш тартибини ҳисоблаш.
4. Икки тарафдан таъминланувчи ЭУЛ ни иш тартибини ҳисоблаш.
5. Иккита номинал кучланишли электр тармоқ иш тартибини ҳисоблаш.

1.2. Лаборатория иши топшириқларини тўла мустақил бажарган ва амалда қўллай оладиган талабага 2,2 – 2,5 балл, тўла мустақил бажарган ва бажарилган иш ҳажмига ва сифатига қараб талабага 1,8 – 2,2 баллгача, тўла бажармаган талабага бажарилган иш ҳажмига ва сифатига қараб 1,4 – 1,8 баллгача берилади. Лаборатория ишлари мавзулари қуйидагича:

1. Электр тармоқни нормал ҳолатини (иш тартибини) ўзгарувчан ток моделида ҳисоблаш.
2. Оддий берк занжирли 110/220 кВ электр тармоғида турғунли ҳолатларини (иш тартибларини) ўрганиш

2.1. Оралиқ (1 – оралиқ) баҳолаш ёзма тартибда ўтказилиб, унда 2 та саволга жавоб бериш сўралади. Ҳар бир савол 5 – 6 баллгача баҳоланади.

- агар саволлар моҳияти тўла очилган бўлса, жавоблар тўлиқ ва аниқ ҳамда ижодий фикрлари бўлса – 9,5 – 11 балл
- саволларга умумий жавоб берилган, аммо айрим фактлар тўлиқ ёритилмаган бўлса - 7,8 – 9,5 баллгача
- саволларга жавоб беришга ҳаракат қилинган, чалкашликлар бўлса - 6 – 7,8 баллгача берилади.
- саволларга умуман жавоб ёзмаган ёки саволларда чалкашликлар бўлса – 0 – 6 баллгача берилади.

### ***1-Оралиқ назорат саволлари***

1. Кучланиш пасайиши ва йўқотилиши.
2. Очиқ занжирли таъминловчи тармоқларни узатув охиридаги (бошидаги), маълумотларга кўра иш тартибини ҳисоблаш.
3. Тўрт кутбиклардан фойдаланган ҳолда ЭУЛ ни ҳисоблаш.
4. Электр тармоқлар иш тартибларини ҳисоблаш.
5. Электр тармоқлар иш тартибларини ҳисоблашдаги мақсад ва хусусиятлар, - асосий соддалаш йўллари.
6. Икки тарафдан таъминланувчи линия ва ҳалқасимон тармоқлар иш тартибини ҳисоблаш, ҳисобларни осонлаштириш имкониятлари.
7. Район электр тармоқлари.
8. Битта энергия манбаси бўлган тармоқларни контур қувватлари ва тугун кучланишлари усуллари ёрдамида ҳисоблаш.
9. Бир неча энергия манбаси мавжудлигида ҳисоблаш хусусиятлари.

10.Тармоқни ўзгартириш усули.

11.Мураккаб берк занжирли тармоқларни ҳисоблаш учун ЭХМ дан фойдаланиш.

2.1. Оралиқ (2 – оралиқ) баҳолаш ёзма тартибда ўтказилиб, унда 2 та саволга жавоб бериш сўралади. Ҳар бир савол 6 баллгача баҳоланади.

- агар саволлар моҳияти тўла очилган бўлса, жавоблар тўлиқ ва аниқ ҳамда ижодий фикрлари бўлса – 10,3 – 12 балл
- саволларга умумий жавоб берилган, аммо айрим фактлар тўлиқ ёритилмаган бўлса - 8,5 – 10,3 баллгача
- саволларга жавоб беришга ҳаракат қилинган, чалкашликлар бўлса – 6,6 – 8,5 баллгача берилади.
- саволларга умуман жавоб ёзмаган ёки саволларда чалкашликлар бўлса – 0 – 6,6 баллгача берилади.

### ***2-Оралиқ назорат саволлари***

1.Қувват исрофини камайтириш бўйича чоралар.

2.Электр таминоти тизимлари ва қувват исрофини камайтириш чоралари.

3.Реактив қувват баланси ва уни бузилиш оқибатлари.

4. Тизимда актив ва реактив қувват тақсимотини мувофиқлаштириш (оптималлаштириш).

5.Тизим айрим элементларни ишга тушириш ва ўчириш, электр энергия сарфини назорат қилиш.

6. Электр истеъмолчилар ва электр аппаратлар ишига электр энергия сифатини таъсири.

7. Электр энергия сифати ва иқтисодийлик, электр энергия сифати ва маҳсулот сифати ва ҳ.к. ораларидаги боғланиш.

9.ГОСТ бўйича электр энергия сифатини кўрсаткичлари.

3.1. Якуний баҳолашда талаба 3 та саволга ёзма жавоб бериши лозим.

- ҳар бир ёзма саволга 10 балл ажратилади.
- агар саволларнинг моҳияти тўла очилган, асосий фактлар тўғри баён қилинган бўлса – 26 – 30 балл
- саволларга тўғри жавоб берилган, лекин айрим камчиликлари бор бўлса – 21 – 26 баллгача
- берилган саволларда жавоблар умумий ва камчиликлар кўпроқ бўлса – 16 – 21 баллгача берилади
- саволларга тўғри жавоблар бўлмаганда, камчиликлар кўп бўлганда ва тўлиқ бўлмаса – 0 – 16

### ***“Электр тармоқлари ва тизимлари” фанидан якуний назорат саволлари 8– семестр учун***

1. Электр тармоғини элементлари

2. Неча хил таянчлар бор

- 3.Электр тармоғига қандай талаблар куйилади
- 4.Учинчи тоифали истеъмолчилар кайсилар
- 5.Сифатли энергияни нима ташкил этади
- 6.Истеъмолчиларни кулай таъминланиши учун номинал кучланиш қандай турларга булинади
- 7.Ёпик ва очик электр тармоғи нима
8. Электр тармоғини вазифаси
- 9.Электр тармоғини иш режими қандай килинади
- 10.Кучланиш исрофи нима
11. Изоляцияланган симлар қандай тузилган
- 12.Очик симлар қандай металллардан тайёрланади
- 13.Истеъмолчилар неча тоифага булинади
- 14.Биринчи тоифали истеъмолчилар кайси истеъмолчилар киради
- 15.Ички электр тармоғи нима
- 16.Ташки электр тармоғи деб қандай тармокка айтилади
- 17.Кучланиш режими электр тармоғи учун қандай роль ўйнайди
18. 110 кВ ли электр тармоғида исроф неча % ни ташкил этади
- 19.Таянч нима
20. Салт ишлашда қандай кувват исроф булади
- 21.Изоляторлар неча хил булади
22. Амортизация маблагини нима
- 23.Юкори кучланишларда изоляторлар қандай танланади
- 24.Нейтрал нуқта нима
- 25.Энергия исрофи нима
26. Техникавий исрофни камайтириш усули қандай
- 27.Уч фазали узгарувчан ток линиясида актив ва реактив кувват исрофи
- 28.Юкланиш графиги деб нимага айтилади
- 29.Трансформатордаги кувват исрофи неча қиринишга эга
- 30.Чулгамларда кизиш учун кувват исроф булади
- 31.Реактив кувват исрофи
32. Нейтрал нуқта нима
33. Реактив кувват нима
- 34.Юкламага боғлиқ булган исроф
- 35.Кувват исрофини камайтириш усуллари
36. Ёпик ва очик электр тармоғи нима
- 37.Организаторлик (исрофни камайтириш)
- 38.Тижорат усули нима
39. Техникавий исрофни камайтириш усули қандай
- 40.Электр узатиш линиялари ва трансформаторлардаги исрофга кетган харажат нима.
41. Норматик коэффициент нима
- 42.Йиллик харажатлар таркиби
- 43.Келтирилган коэффициент нима
- 44.Юкламага боғлиқ булган исроф

## **1. Якуний баҳолашда ёзма ишни ўтказиш тартиби**

Талабалар билимини рейтинг тизими бўйича баҳолашнинг ёзма иш усули, талабаларда мустақил фикрлаш ва ўз фикрини ёзма ифодалаш кўникмаларини ривожлантиради.

Фандан якуний назорат 7-8 семестрда ёзма иш шаклида ўтказилади. Ёзма иш саволлари ва вариантлари ҳар ўқув йилининг бошида кафедра профессор-ўқитувчилари томонидан янгидан тузилиб, кафедра мажлисида муҳокама этилади ва тасдиқланади.

Ёзма ишнинг ҳар бир варианты бўйича қўйилган саволларнинг мазмуни, қамров даражаси ва аҳамиятлиги даражаси кафедра мудирини томонидан текширилиб, унинг имзоси билан тасдиқланади. Ёзма ишни ўтказиш асосан 7-8 семестрнинг сўнгги икки ўқув ҳафталарига мўлжалланган бўлиб, у белгиланган ҳафталардаги мазкур фан бўйича ўқув машғулотлари чоғида ўтказилади. Ёзма иш вариантыда 3 та савол таянч иборалари билан келтирилади. Ёзма ишларни баҳолаш мезонлари якуний баҳолашга ажратилган 30 баллдан келиб чиққан ҳолда ишлаб чиқилади, яъни ҳар бир саволга максимум 10 баллдан тўғри келади. Ёзма иш ўтказилгандан кейин икки кун давомида профессор-ўқитувчилар уни текшириб баҳолайдилар ва талабалар эътиборига етказилади. Ёзма иш ҳажми талабанинг фан бўйича тасаввури, билими, амалий кўникмасини баҳолаш учун етарли бўлиши зарур.

## **6. Рейтинг натижаларини қайд қилиш тартиби**

Фанлардан талабанинг билимини баҳолаш турлари орқали тўплаган баллари ҳар бир семестр якунида профессор-ўқитувчи томонидан рейтинг қайдномаси ва талабанинг рейтинг дафтарчасига бутун сонлар билан қайд қилинади.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1 ТИПОВАЯ ПРОГРАММА .....</b>	<b>3</b>
<b>2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА .....</b>	<b>12</b>
<b>4. КАРТА УЧЕБНОГО ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>23</b>
<b>5.СБОРНИК ЗАДАЧИ И УПРОЖНЕНИЕ.....</b>	<b>40</b>
<b>6.ТЕСТЫ.....</b>	<b>46</b>
<b>7.ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (ТК, ПК, ИК).....</b>	<b>60</b>
<b>8.ОБЩИЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>71</b>
<b>9.РАЗДАТОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....</b>	<b>74</b>
<b>10.ГЛОССАРИЙ.....</b>	<b>80</b>
<b>11.ТЕМЫ ДЛЯ РЕФЕРАТОВ.....</b>	<b>89</b>
<b>12.СПИСОК ЛЕТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>92</b>
<b>13.ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ.....</b>	<b>94</b>
Введение.....	95
<b>Т Е М А № 1</b>	
Основы определения расчетных параметров однофазных эквивалентных элементов трехфазной электрической сети.....	97
<b>ТЕМА № 2</b>	
Элементы теории передачи электроэнергии по ЛЭП на дальние расстояния... ..	99
<b>ТЕМА № 3</b>	
Расчёт режимов разомкнутых электрических сетей.....	103
<b>ТЕМА № 4</b>	
Расчёт режимов замкнутых электрических сетей .....	107
<b>ТЕМА № 5</b>	
Расчёт режимов электрических сетей на основе использования уравнения узловых напряжений (УУН).....	117
<b>ТЕМА № 6</b>	
Баланса активной мощности и его связь с частотой.....	122
<b>ТЕМА № 7</b>	
Баланса реактивной мощности и его связь с напряжением.....	126
<b>ТЕМА № 8</b>	
Качество электрической энергии и его обеспечению.....	128
<b>ТЕМА № 9</b>	
Технико - экономические расчетов электрических сетей.....	135
<b>ТЕМА № 10</b>	
Мероприятия по уменьшению потерь мощности и электроэнергии.....	140
<b>ТЕМА № 11.</b>	
Расчёт воздушных линий электропередач на механическую прочности.....	144
<b>14.УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛИ (ЛЕКЦИЯ, УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ).....</b>	<b>154</b>
<b>1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1</b>	
Ознакомление с основными элементами воздушных линий.....	157
<b>2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2</b>	
Расчет номенального режима на статической модели переменного тока.....	166

<b>3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3</b>	
Исследование режимов работы дальних линий электропередач.....	170
<b>4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4</b>	
Исследование холостого хода дальних ЛЭП.....	173
<b>5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5</b>	
Регулирование напряжения в районных электрических сетях.....	174
<b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА .....</b>	<b>180</b>
<b>15.ИНОСТРАННЫЕ ИСТОЧНИКИ .....</b>	<b>185</b>
<b>16.КУРСОВАЯ ПРОЕКТ.....</b>	<b>187</b>
<b>17.АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>222</b>
<b>17.СВЕДИНИЕ ОБ АВТОРАХ.....</b>	<b>224</b>
<b>18.ПОЛЕЗНЫЕ СОВЕТЫ.....</b>	<b>226</b>
<b>19.БАХОЛАШ МЕЗОНИ.....</b>	<b>228</b>