

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**  
**ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**  
**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА**  
**ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ ТАШКИЛ**  
**ЭТИШ**  
**БОШ ИЛМИЙ-МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ**  
**ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ**  
**МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКА**  
**йўналиши**  
**“ЭЛЕКТР ТАРМОҚЛАРИДА ИСРОФЛАРНИ ҲИСОБЛАШ ВА**  
**КАМАЙТИРИШ МАСАЛАЛАРИ”**  
модули бўйича

**Ў Қ У В – У С Л У Б И Й    М А Ж М У А**

**ТОШКЕНТ -2021**

Мазкур ўқув-услугий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 7 декабрдаги 648 сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув дастур асосида тайёрланди

**Тузувчи:** ТДТУ, “Электр станциялари, тармоқлари ва тизимлари” кафедраси мудири, т.ф.д.,  
проф. Т.Ш Гайибов

**Такризчи:** ТДТУ, т.ф.д., профессор Н.Пирматов

Ишчи ўқув-услугий мажмуа Тошкент давлат техника университети Кенгаши-нинг 2020 йил 18 декабрдагидаги 4 сонли йиғилишида кўриб чиқилиб, фойдаланишга тавсия этилди.

## МУНДАРИЖА

<b>I. ИШЧИ ДАСТУР .....</b>	<b>4</b>
<b>II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ .....</b>	<b>12</b>
<b>III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР .....</b>	<b>19</b>
<b>IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ .....</b>	<b>54</b>
<b>V. ГЛОССАРИЙ .....</b>	<b>71</b>
<b>VI. ФОЙДАЛАНГАН АДАБИЁТЛАР .....</b>	<b>75</b>

# **I. ИШЧИ ДАСТУР**

## **КИРИШ**

Дастур Ўзбекистон Республикасининг 2020 йил 23 сентябрда тасдиқланган “Таълим тўғрисида”ги Қонуни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февраль “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сон, 2019 йил 27 август “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сон, 2019 йил 8 октябрь “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимини 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5847-сонли Фармонлари ҳамда Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 23 сентябрь “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 797-сонли Қарорида белгиланган устувор вазифалар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касб маҳорати ҳамда инновацион компетентлигини ривожлантириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади.

Ушбу ишчи ўқув дастурда энергетика тараққиётининг замонавий ҳолати, энергетик ишлаб чиқаришнинг экологик муаммолари ва уларни ҳал этиш йўллари, интеллектуал электр тизимлари, энергияни аккумуляциялаш муаммолари, бирлашган энергетика тизимлари, электр энергиясини узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш жараёнида энергетик самарадорликни ошириш усулларини ўрганиш бўйича муаммолар баён этилган.

### **Модулнинг мақсади ва вазифалари**

**Модулнинг мақсади:** Электр тармоқларидаги исрофларнинг турлари ва уларни ҳисоблаш усуллари, электр тармоқларидаги исрофларга таъсир этувчи асосий факторлар ва параметрлар, электр тармоқларидаги исрофларни камайтириш ва кучланишни ростлаш усуллариининг ўзаро боғлиқлиги; электр

тармоқларидаги исрофларни реактив қувватни компенсациялаш орқали камайтириш; ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни камайтириш тадбирлари; ёпиқ занжирли электр тармоқларида реактив қаршиликни компенсациялаш ва трансформациялаш коэффициентини ростлаш орқали камайтириш усуллари бўйича билим, кўникма ва малакаларини ривожлантириш.

### **Модулнинг вазифалари:**

- электр тармоқларида исрофларнинг турларини ўрганиш;
- электр тармоқларидаги исрофларни ва уларнинг ташкил этувчиларини ҳисоблаш усулларини ўрганиш;
- электр тармоқларида исрофларни унинг тугунларидаги кучланишлар бўйича чегаравий шартларни эътиборга олиб камайтириш усулларини ўрганиш;
- электр тармоқларидаги исрофларни реактив қувватни компенсациялаш орқали камайтириш усулларини ўрганиш ва улардан фойдаланиш бўйича билимларни шакллантириш;
- ёпиқ занжирли электр тармоқлари исрофларни реактив қаршиликни компенсациялаш орқали камайтириш бўйича билимларни ҳосил қилиш;
- ёпиқ занжирли электр тармоқлари исрофларни контурдаги трансформаторларнинг трансформациялаш коэффициентларини ростлаш орқали камайтириш бўйича билимларни ҳосил қилиш.

### **Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар**

“Электр тармоқларида исрофларни ҳисоблаш ва камайтириш тадбирлари” курсини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

#### ***Тингловчи:***

- электр тармоқларида исрофларнинг урларга ажратилиши;
- электр тармоқларида исрофларни ва уларнинг ташкил этувчиларини ҳисоблаш усуллари;
- электр тармоқларидаги исрофларни камайтириш ва кучланишни ростлаш масалалари ўртасидаги боғлиқлик;

- электр тармоқларида исрофларни реактив қувватни компенсациялаб камайтириш усуллари;
- ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни камайтириш усуллари;
- ёпиқ занжирли электр тармоқларини бир жинсли кўринишга келтириш усуллари ҳақида **билимларга эга бўлиши**;

***Тингловчи:***

- электр тармоқларида исрофларни ва уларнинг ташкил этувчиларини ҳисоблаш;
- электр тармоқларида исрофларни кучланиш бўйича чегаравий шартларни ҳисобга олиб камайтириш усулларини қўллаш;
- электр тармоқларида исрофларни реактив қувватни компенсациялаш орқали камайтириш усулларида фойдаланиш;
- ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни камайтириш усулларини қўллаш бўйича **кўникма ва малакаларини эгаллаши**;

– ***Тингловчи:***

- эгаллаган билим ва кўникмаларга асосланган ҳолда электр тармоқларида исрофлар ва уларнинг ташкил этувчиларини ҳисоблаш масалаларини ҳал этиш;
- электр тармоқларида исрофларни минимумга келтириш учун реактив қувват компенсаторининг қувватини ҳисоблаш;
- электр тармоқларидаги исрофларни камайтиришда кучланиш бўйича чегаравий шартларни эътиборга олиш;
- ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни минимумга келтириш учун реактив қаршилик компенсаторининг параметрларини аниқлаш;
- ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни минимумга келтириш учун контурдаги трансформаторнинг оптимал трансформациялаш коэффициентини танлаш бўйича **компетенцияларни эгаллаши лозим**.

**Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар**

“Электр тармоқларида исрофларни ҳисоблаш ва камайтириш тадбирлари” курси маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Курсни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик технологиялар ва ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

– маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологиялардан;

– ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий ҳужум, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар билан ишлаш, коллоквиум ўтказиш, ва бошқа интерактив таълим усуллари қўллаш назарда тутилади.

### **Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги**

“Электр тармоқларида исрофларни ҳисоблаш ва камайтириш тадбирлари” модули ўқув режанинг махсус фанлар блокидаги “Қайта тикланувчан ва муқобил энергия манъбалари”, “Энергия самарадорлиги муаммолари” ва “Электр энергия назорати ва ҳисобининг автоматлаштирилган ахборот-ўлчов тизимлари” фанлари билан узвий боғлиқдир. Шу билан бир қаторда модулни ўзлаштиришда ўқув режанинг бошқа блоклари фанлари билан муайян боғлиқлик мавжуддир.

### **Модулнинг олий таълимдаги ўрни**

Ўзбекистон Республикасининг энергетика тизимини замонавий юқори даражадаги самарадорликка эга бўлган жиҳозлар ва қурилмалар ҳисобига ривожлантириш, энергия ресурсларидан фойдаланиш, электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш, тақсимлаш, ўзгартириш ва истеъмол қилишда юқори самарадорликка эришиш ўта долзарб масала ҳисобланади. Ушбу муаммони ҳал этишда биринчи навбатдаги вазифа замонавий талабларга жавоб берувчи мутахассисларни тайёрлаш ҳисобланади. Шу сабабли бундай мутахассисларни тайёрлаш учун ушбу соҳа бўйича таълим берувчи олий таълим тизими ўқитувчиларининг малакасини оширишда “Электр тармоқларида исрофларни ҳисоблаш ва камайтириш тадбирлари” фани алоҳида ўринни эгаллайди.

## Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкلامаси, соат			
		Жами	Назарий	Амалий машғулот	Қўчма машғулот
1.	Электр тармоқларидаги исрофлар ва уларни ҳисоблаш	4	2	2	
2.	Электр тармоқларидаги исрофларни реактив қувватни компенсациялаш орқали камайтириш	4	2	2	
3	Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни камайтириш усуллари	4	2	2	
4	Электр тармоқларида исрофларни камайтиришда кучланиш бўйича чегаравий шартларни ҳисобга олиш.	2		4	
	<b>Жами:</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	

### НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

#### 1-мавзу: Электр тармоқларидаги исрофлар ва уларни ҳисоблаш

Электр тармоқларидаги исрофларнинг турларга ажратилиши. Электр тармоқларидаги исрофлар боғлиқ бўлган асосий факторлар. Юклама, салт ишлаш ва тижорий исрофлар.

Электр тармоқларидаги исрофларни ҳисоблаш усуллари. Салт ишлаш исрофларни аниқлаш. Тижорий исрофларни аниқлаш.

Юклама графиклари. Юклама исрофларини ҳисоблаш. Исрофларни максимал юклама ва ундан фойдаланиш вақти бўйича ҳисоблаш. Исрофларни ўртача юклама ва ундан фойдаланиш вақти бўйича ҳисоблаш. Исрофларни юклама графигидан фойдаланиб ҳисоблаш.

#### 2-мавзу: Электр узатиш линиялари ва трансформаторларда қувват ва энергия исрофларини ҳисоблаш

Электр узатиш линиялари ва трансформаторларда қувват ва энергия исрофларининг ташкил этувчилари. Электр узатиш линиялари ва трансформаторларда қувват ва энергия исрофларини юклама графиги бўйича ҳисоблаш. Электр узатиш линиялари ва трансформаторларда қувват ва энергия исрофларини максимал юклама ва ундан фойдаланиш вақти бўйича ҳисоблаш.



### **3-мавзу: Электр тармоқларидаги исрофларни реактив қувватни компенсациялаш орқали камайтириш**

Турли конфигурациядаги ва кучланишдаги электр тармоқларида реактив қувват компенсаторларининг исрофни минимумга келтирувчи қувватларини ҳисоблаш.

Электр тармоқларида исрофларни камайтириш учун фойдаланилувчи компенсаторларнинг ўтнатилиш жойларини аниқлаш.

### **4-мавзу: Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни камайтириш усуллари**

Ёпиқ занжирли электр тармоқларидаги исрофлар боғлиқ бўлган асосий факторлар. Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни контурни бир жинсли кўринишга келтириш орқали камайтириш. Контурни бир жинсли кўринишга келтириш усуллари.

Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни реактив қаршиликни компенсациялаш орқали камайтириш. Бўйлама компенсацияловчи қурилма параметрларини аниқлаш.

Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни ростловчи трансформаторнинг трансформациялаш коэффициентини оптималлаш орқали камайтириш.

## **АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ**

### **1- амалий машғулот: Электр тармоқларидаги исрофлар ва уларни ҳисоблаш.**

Электр тармоқларидаги исрофларни юклама қуввати ва графиги бўйича ҳисоблаш. Электр тармоқларидаги исрофларни максимал юклама ва ундан фойдаланиш вақти бўйича ҳисоблаш. Электр тармоқларидаги исрофларни ўртача юклама ва ундан фойдаланиш вақти бўйича ҳисоблаш. Электр узатиш линиялари ва трансформаторларда қувват ва энергия исрофларини ҳисоблаш.

Салт ишлаш исрофларини аниқлаш. Тижорий исрофларни аниқлаш.

## **2- амалий машғулот: Электр узатиш линиялари ва трансформаторларда исрофларни ҳисоблаш.**

Электр узатиш линиялари ва трансформаторлардаги исрофларнинг ташкил этувчилари. Электр узатиш линиялари ва трансформаторлардаги исрофларни юклама графиги бўйича ҳисоблаш.

Электр узатиш линиялари ва трансформаторлардаги исрофларни максимал юклама ва ундан фойдаланиш вақти бўйича ҳисоблаш. Электр узатиш линиялари ва трансформаторлардаги салт ишлаш исрофларини аниқлаш.

## **3- амалий машғулот: Электр тармоқларидаги исрофларни реактив қувватни компенсациялаш орқали камайтириш.**

Турли конфигурациядаги ва кучланишдаги электр тармоқларида қувват ва энергия исрофларини реактив қувватни компенсациялаш орқали камайтириш.

Турли конфигурациядаги ва кучланишли электр тармоқларида қувват ва энергия исрофларни минимумга келтириш учун реактив қувват компенсаторлари ўрнатилувчи пунктларни аниқлаш.

## **4- амалий машғулот: Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни камайтириш усуллари.**

Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофнинг минимал бўлишини таъминловчи оптимал қувват оқимларини ҳисоблаш.

Оптимал қувват оқимларини контурни очиш орқали таъминлаш. Оптимал қувват оқимларини реактив қаршиликни компенсациялаш орқали таъминлаш. Оптимал қувват оқимларини ростловчи трансформаторларнинг трансформациялаш коэффициентларини танлаш орқали таъминлаш.

## **5- амалий машғулот: Электр тармоқларида исрофларни камайтиришда кучланиш бўйича чегаравий шартларни ҳисобга олиш.**

Исрофларни камайтириш мақсадида реактив қувватни компенсациялаш ва кучланишнинг унга боғлиқлиги. Электр тармоқларида кучланишнинг рухсат этилган қийматлари.

Исрофларни камайтириш мақсадида реактив қувватни компенсациялашда кучланишнинг қиймати бўйича чегаравий шартларни ҳисобга олиш.

## ТАЪЛИМНИ ТАШКИЛ ЭТИШ ШАКЛЛАРИ

Таълимни ташкил этиш шакллари аниқ ўқув материали мазмуни устида ишлаётганда ўқитувчини тингловчилар билан ўзаро ҳаракатини тартиблаштиришни, йўлга қўйишни, тизимга келтиришни назарда тутди.

Модулни ўқитиш жараёнида қуйидаги таълимнинг ташкил этиш шаклларидан фойдаланилади:

- маъруза;
- амалий машғулот;
- мустақил таълим.

Ўқув ишини ташкил этиш усулига кўра:

- жамоавий;
- гуруҳли (кичик гуруҳларда, жуфтликда);
- якка тартибда.

**Жамоавий ишлаш** – Бунда ўқитувчи гуруҳларнинг билиш фаолиятига раҳбарлик қилиб, ўқув мақсадига эришиш учун ўзи белгилайдиган дидактик ва тарбиявий вазифаларга эришиш учун хилма-хил методлардан фойдаланади.

**Гуруҳларда ишлаш** – бу ўқув топшириғини ҳамкорликда бажариш учун ташкил этилган, ўқув жараёнида кичик гуруҳларда ишлашда (3 тадан – 7 тагача иштирокчи) фаол роль ўйнайдиган иштирокчиларга қаратилган таълимни ташкил этиш шаклидир. Ўқитиш методига кўра гуруҳни кичик гуруҳларга, жуфтликларга ва гуруҳларора шаклга бўлиш мумкин.

*Бир турдаги гуруҳли иш* ўқув гуруҳлари учун бир турдаги топшириқ бажаришни назарда тутди.

*Табақалашган гуруҳли иш* гуруҳларда турли топшириқларни бажаришни назарда тутди.

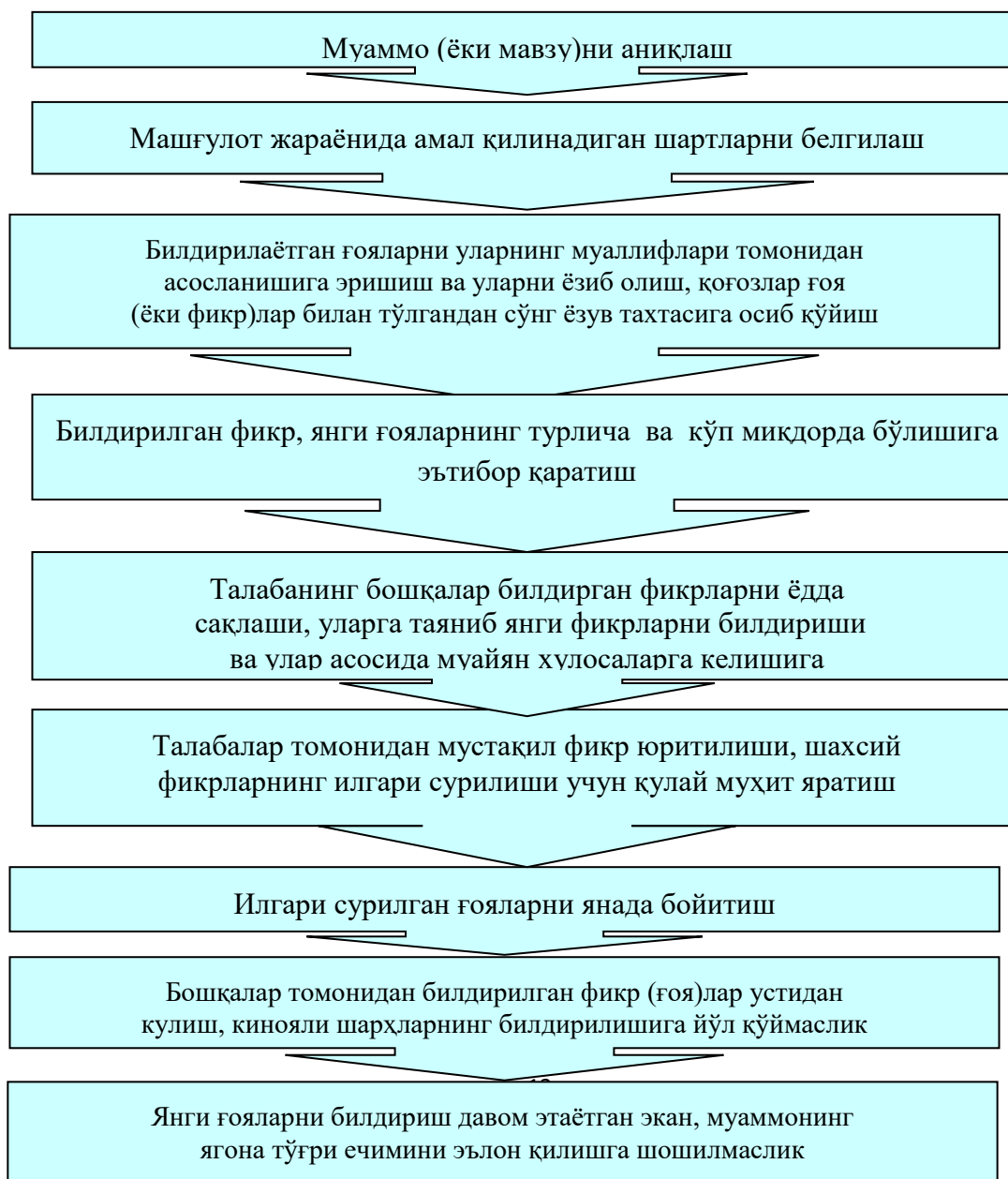
**Якка тартибдаги шаклда** - ҳар бир таълим олувчига алоҳида- алоҳида мустақил вазифалар берилади, вазифанинг бажарилиши назорат қилинади.

## II.МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

### “АҚЛИЙ ҲУЖУМ” МЕТОДИ

Метод талабаларни мавзу хусусида кенг ва ҳар томонлама фикр юритиш, ўз тасаввурлари, ғояларидан ижобий фойдаланишга доир кўникма, малакаларни ҳосил қилишга рағбатлантиради. У ёрдамида ташкил этилган машғулотларда ихтиёрий муаммолар юзасидан бир неча оригинал (ўзига хос) ечимларни топиш имконияти туғилади. Метод мавзу доирасида маълум қарашларни аниқлаш, уларга муқобил ғояларни танлаш учун шароит яратади.

Уни самарали қўллашда қуйидаги қоидаларга амал қилиш лозим:



## Машғулотда методни қўллашда қуйидагиларга эътибор қаратиш лозим:

Ўқувчи (талаба)ларни муаммо доирасида кенг фикр юритишга ундаш, улар томонидан мантиқий фикрларнинг билдирилишига эришиш

Ҳар бир ўқувчи (талаба) томонидан билдириладиган фикрлар рағбатлантирилиб борилади, билдирилган фикрлар орасидан энг мақбуллари танлаб олинади; фикрларнинг рағбатлантирилиши навбатдаги янги фикрларнинг туғилишига олиб келади

Ҳар бир ўқувчи (талаба) ўзининг шахсий фикрларига асосланиши ва уларни ўзгартириши мумкин; аввал билдирилган фикрларни умумлаштириш, туркумлаштириш ёки уларни ўзгартириш илмий асосланган фикрларнинг шаклланишига замин ҳозирлайди

Машғулотда ўқувчи (талаба)лар фаолиятини стандарт талаблар асосида назорат қилиш, улар томонидан билдириладиган фикрларни баҳолашга йўл қўйилмайди (зеро, фикрлар баҳоланиб борилса, ўқувчи (талаба)лар диққатларини шахсий фикрларни ҳимоя қилишга қаратади, оқибатда янги фикрлар илгари сурилмайди; методни қўллашдан кўзланган асосий мақсад ўқувчи (талаба)ларни муаммо бўйича кенг фикр юритишга ундаш эканлигини ёдда тутиб, уларни баҳолаб боришдан воз кечишдир)

**Ақлий ҳужум методининг мавзуга қўлланилиши:  
Фикрлаш чун бериладиган саволлар:**

1. Туғри алоқа каналлари қандай вазифани бажаради?
2. Хисоблагичларнинг бирламчи ахборотлари қандай аниқланади?
3. Интерфейс узгартиргичларининг ишлаш принципи қандай?
4. Мультиплексор орқали хисоблагичларда сўров ўтказилиши билан ЭНАТни қандай ташкил этилади?
5. Модем орқали хисоблагичларда сўров ўтказилиши билан ЭНАТни қандай ташкил этилади?.

## “ЕЛПИҒИЧ” МЕТОДИ

Бу методи мураккаб, кўптармоқли, мумкин қадар, муаммо характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган.

Методининг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир йўла ахборот берилади. Айти пайтда, уларнинг ҳар бири алоҳида нуқталардан муҳокама этилади. Масалан, ижобий ва салбий томонлари, афзаллик, фазилат ва камчиликлари, фойда ва зарарлари белгиланади.

Бу интерфаол методи танқидий, таҳлилий, аниқ мантиқий фикрлашни муваффақиятли ривожлантиришга ҳамда ўз ғоялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда ихчам баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади.

“Елпиғич” методи умумий мавзунинг айрим тармоқларини муҳокама қилувчи кичик гуруҳларнинг, ҳар бир қатнашувчининг, гуруҳнинг фаол ишлашига қаратилган.

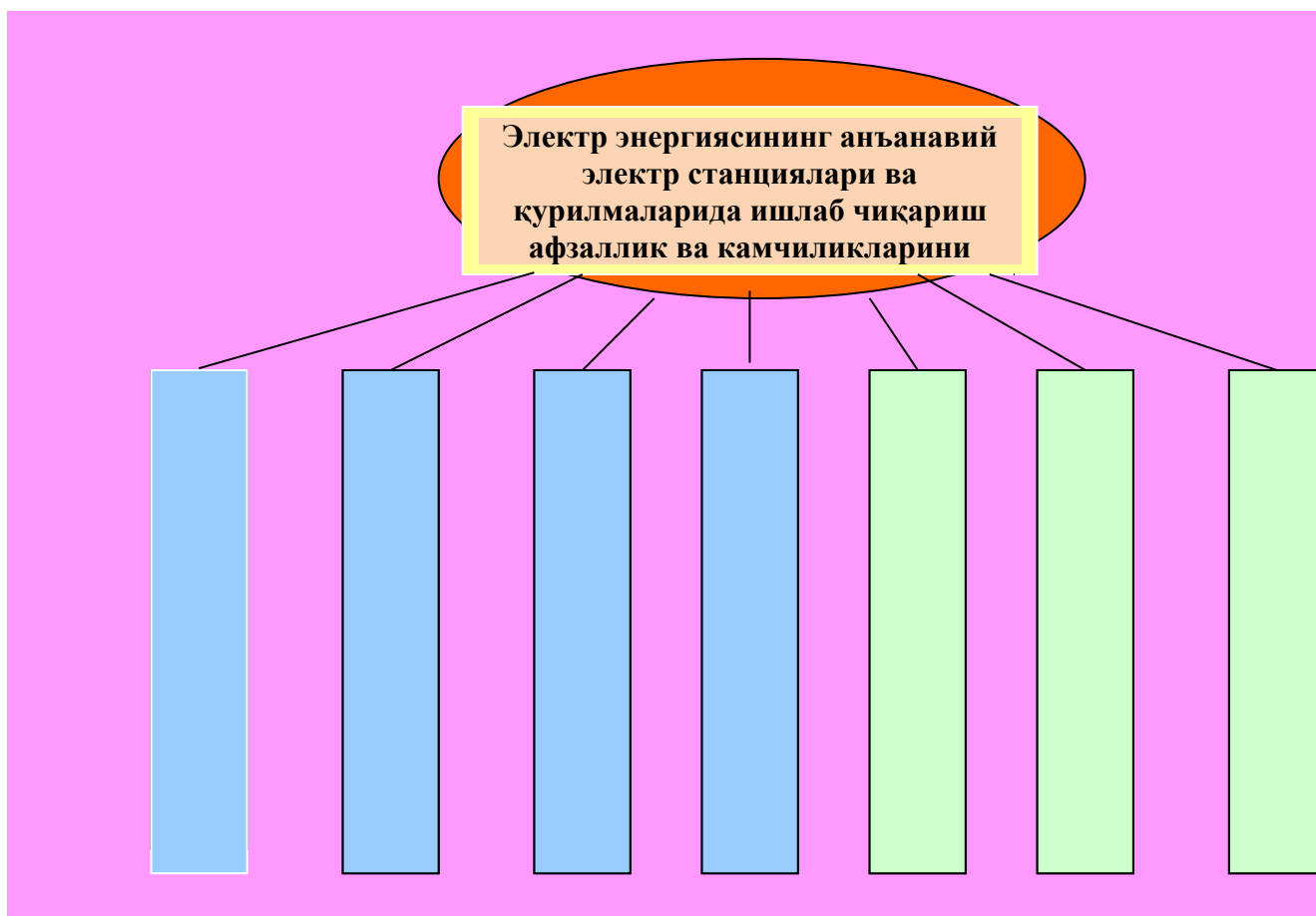
“Елпиғич” методи умумий мавзунинг ўрганишнинг турли босқичларда қўлланиши мумкин.

**-бошида:** ўз билимларини эркин фаолаштириш;

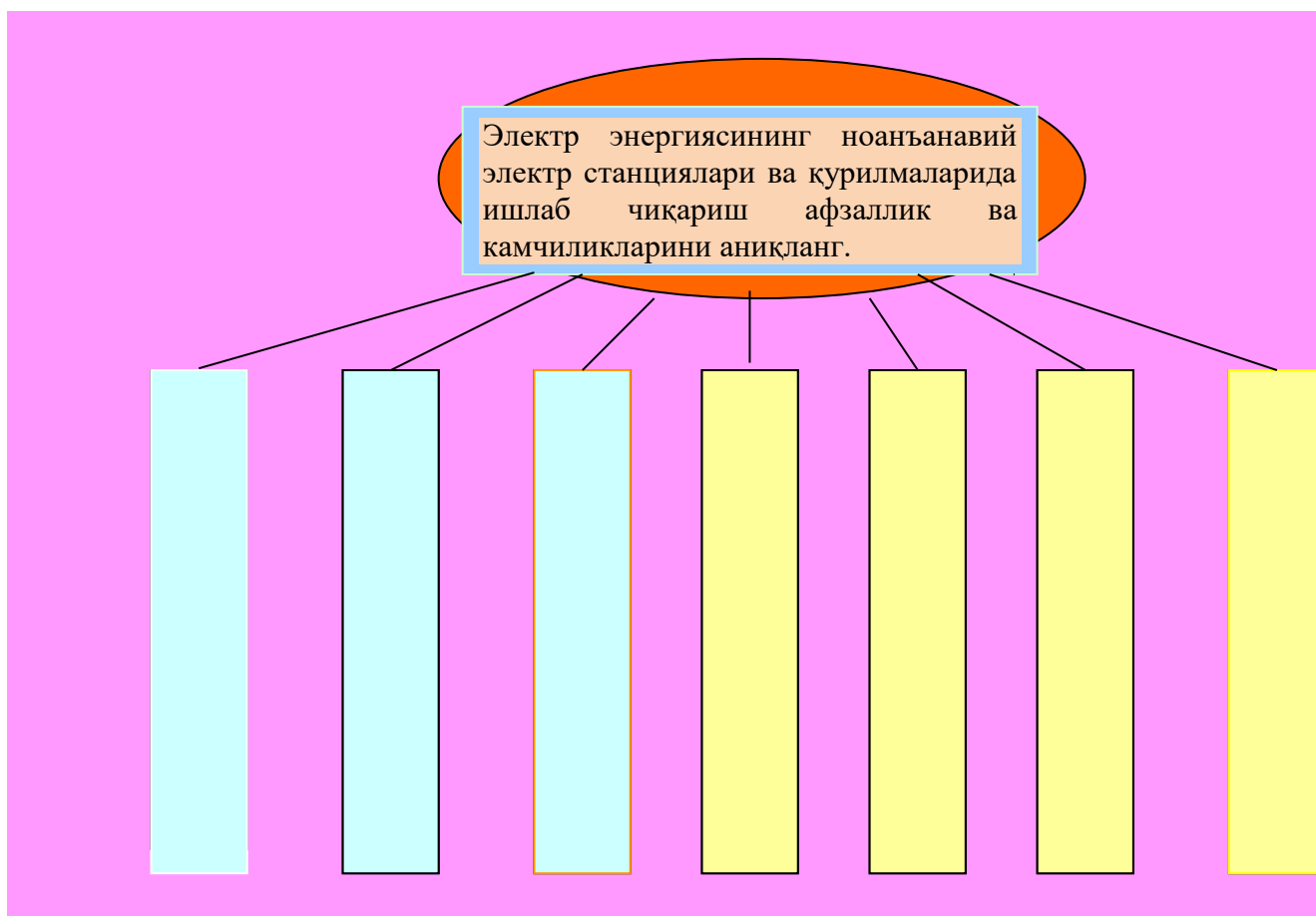
**-мавзуни ўрганиш жараёнида:** унинг асосларини чуқур фаҳмлаш ва англаб етиш;

**-яқунлаш босқичида:** олинган билимларни тартибга солиш.

## 1-гурухга вазифа:



## 2-гурухга вазифа:



### “Резюме” методи

“Резюме” методи- мураккаб, кўп тармоқли мумкин қадар муаммоли мавзуларни ўрганишга қаратилган. Унинг моҳияти шундан иборатки, бунда бир йўла мавзунинг турли тармоқлари бўйича ахборот берилади. Айни пайтда уларнинг ҳар бири алоҳида нуқталардан муҳокама этилади. Масалан: ижобий ва салбий томонлари афзаллик ва камчиликлар, фойда ва зарарлар белгиланади. Ушбу методнинг асосий мақсади таълим олувчиларнинг эркин, мустақил, таққослаш асосида мавзудан келиб чиққан ҳолда ўқув муаммосини ечимини топишга ҳам керакли хулоса ёки қарор қабул қилишга, жамоа ўз фикрини билан таъсир этишга, уни маъқуллашга, шунингдек, берилган муаммони ечишга мавзуга умумий тушунча беришда ўтилган мавзулардан эгалланган билимларни қўллай олиш ўргатиш.



**Мавзуга қўлланилиши:** Маъруза дарсларида, семинар, амалий ва лаборатория машғулотларни яқка ёки кичик гуруҳлар ажратилган тартиб ўтказиш, шунингдек, ўйга вазифа беришда ҳам қўллаш мумкин. Машғулот фойдаланиладиган воситалар: А-3, А-4 форматдаги қоғозларида (гуруҳ сонига қараб) тайёрланган тарқатма материаллар маркерлар ёки рангли қаламлар.

**“Резюме” методини амалга ошириш босқичлари:**

- Таълим берувчи таълим олувчиларнинг сонига қараб 3-4 кишидан иборат кичик гуруҳ ажратилади;
- Таълим берувчи машғулотнинг мақсади ва ўтказилиш тартиби билан таништиради ва ҳар бири кичик гуруҳ қоғознинг юқори қисмига ёзув бўлган яъни асосий вазифа, унда ажратилган ўқув вазифалари ва уларни ечиш йўллари белгиланган, хулоса ёзма баён қилинадиган варақларни тарқатади;
- Ҳар бир гуруҳ аъзолари топшириқ бўйича уларнинг афзаллиги ва камчиликларини аниқлаб, ўз фикрларини маркерлар ёрдамида ёзма тарзда баён этадилар. Ёзма баён этилган фикрлар асосида ушбу муаммонинг ечимини топиб, энг мақбул вариант сифатида умумий хулоса чиқарадилар;
- Кичик гуруҳ аъзолари бири тайёрланган материалнинг жамоа номидан тақдимот этади. Гуруҳнинг ёзма баён этган фикрлари ўқиб эшиттиради, лекин хулоса қисми билан таништирилмайди;
- Таълим берувчи бошқа кичик гуруҳлардан тақдимот этган гуруҳнинг хулосасини сўраб, улар фикрини аниқлайди ва ўз хулосалари билан таништиради;
- Таълим берувчи гуруҳлар томонидан берилган фикрлар ёки хулосаларга изоҳ бериб, уларни баҳолайди, сўнги машғулотни якунлайди.

**Методнинг мавзуга қўлланилиши:**

<b>Электроэнергия турлари</b>					
<b>Қуёш ёрдамида ишлаб чиқарилган электроэнергия</b>		<b>Шамол ёрдамида ишлаб чиқарилган электроэнергия</b>		<b>Сув ёрдамида ишлаб чиқарилган электроэнергия</b>	
Афзаллиги	Камчилиги	Афзаллиги	Камчилиги	Афзаллиги	Камчилиги

	ГИ				
<b>Хулоса:</b>					

### **III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР**

#### **1-мавзу: Электр тармоқларидаги исрофлар ва уларни ҳисоблаш.**

##### **Режа:**

1. Электр тармоқларидаги исрофларни турларга ажратиш.
2. Электр тармоқларида электр энергия исрофини ҳисоблаш усуллари.

**Таянч сўз ва иборалар:** Энергетика, энергия, электр тармоқ, линия трансформатор, қувват исрофи, энергия исрофи, максимал юклама, максимал юкламадан фойдаланиш вақти, максимал исрофлар вақти.

#### **1.1. Электр тармоқларидаги исрофларни турларга ажратиш.**

Электр тармоқларида исрофларни камайтириш ёқилғини иқтисод қилишнинг муҳим манбаларидан биридир.

Электр энергия исрофларини таҳлил қилишда исроф қуйидаги турларга ажратилади:

- исрофнинг ҳисобот қиймати;
- исрофнинг ҳисобий ёки техник қиймати;
- тижорий исрофлар.

Ҳисобот исрофи тармоққа берилувчи (ишлаб чиқарилувчи) ва истеъмолчилар қабул қилиб олган, қуйд этиш асбобларида қайд этилган энергияларнинг айирмасига тенг.

Ҳисобий ёки техник исрофлар электр тармоқларининг элементларида уларнинг ҳисобий ва ҳолат параметрларига боғлиқ ҳолда аниқланувчи исрофлардир.

Тижорий исрофлар ҳисобот ва ҳисобий (техник) исрофларнинг айирмасига тенг бўлгани ҳолда қайд этиш ва ўлчаш асбобларининг хатоликлари, қайд этилмаган электр энергияси, электр энергиясидан рухсатсиз фойдаланиш кабиларни ўз ичига олади.

## 1.2. Электр тармоқларида электр энергия исрофини ҳисоблаш усуллари.

Электр энергияни станциялардан истеъмолчиларга узатиш жараёнида ўтказгичларни қизиши, электромагнит майдоннинг ҳосил бўлиши ва бошқа эффектларга бу энергиянинг бир қисми исроф бўлади.

Электр тармоқнинг ҳар қандай элементида электр энергия исрофи юкламанинг характери ва қурилатган вақт жараёнида унинг ўзгаришига боғлиқ. Ўзгармас юклама билан ишлаб,  $\Delta P$  актив қувват исрофига эга бўлган ЭУЛда  $t$  вақт давомида исроф бўлувчи энергия қуйидагича аниқланади:

$$\Delta W = \Delta Pt \quad . \quad (1)$$

Агар юклама йил давомида ўзгариб турса, у ҳолда электр энергия исрофини турли усуллар ёрдамида ҳисоблаш мумкин. Мавжуд барча усулларни фойдаланилувчи математик моделга боғлиқ равишда иккита катта группага бўлиш мумкин. Булар – аниқ ва эҳтимолий-статистик усуллардир.

Электр энергия исрофини ҳисоблашнинг энг аниқ усули –бу шохобчаларнинг юклама графиклари бўйича аниқлашдир. Бунда ҳисоблаш юклама графигининг ҳар бир даражаси учун қувват исрофларини аниқлаш ва уларнинг йиғиндисини топишни кўзда тутаяди. Бу усул баъзан график интерполяциялаш усули деб юритилади.

Юклама графиклари суткалик ва йиллик юклама графикларига бўлинади. Суткалик графиклар юклама қувватларини сутка давомида йиллик графиклар эса йил давомида ўзгаришини ифодалайди. Йиллик график баҳорги-ёзги ва кузги-қишки даврлар учун характерли суткалик графиклар асосида қурилади. Йиллик энергия исрофини ҳисоблашда давомийлик бўйича юклама графикларидан фойдаланилади. Бундай графикни ҳосил қилиш қуйидаги тартибда амалга оширилади. Бу графикнинг бошланғич ординатаси максимал юкламага тенг қилиб қабул қилинади. Суткалик графиклар бўйича турли типдаги суткалар сонини ҳисобга олиб (шанба, якшанба, душанба, иш куни) юклама қувватининг ҳар бир қиймати учун у йил давомидаги соатлар сони аниқланади. Аввало, максимал юклама ўринли бўлган вақт, сўнгра юклама қувватининг бошқа қийматлари учун (камайиб бориш тартибида) вақт оралиқлари аниқланади.

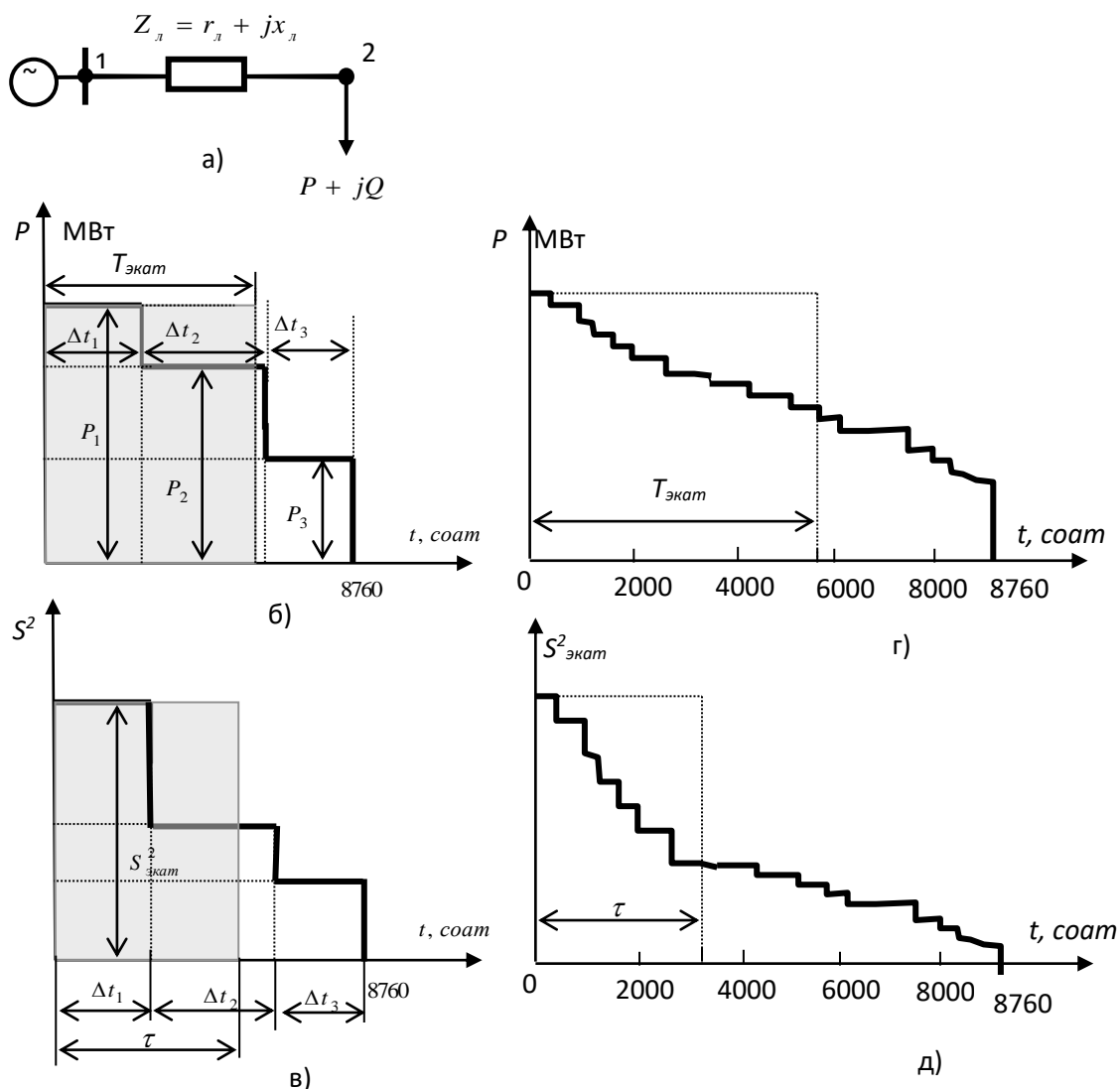
Йиллик юклама графиги бўйича йиллик энергия исрофини аниқлаш мумкин. Бунинг учун ҳар бир ҳолат учун қувват ва энергия исрофлари аниқланади. Сўнгра, бу исрофлар қўшилади ва йиллик электр энергия исрофи аниқланади.

Мисол тариқасида уч пағонали юклама графигини (1,б-расм) оламиз. Юклама  $P_1$  бўлган ҳолат учун 1,а-расмдаги ЭУЛда қувват исрофи қуйидагича ҳисобланади:

$$\Delta P_1 = \frac{S_1^2}{U_1^2} r_a \quad (2)$$

Электр энергия исрофини ушбу ҳолат учун қувват исрофини шу ҳолатнинг давомийлик вақтига қўпайтириш орқали топамиз:

$$\Delta W_1 = \Delta P_1 \Delta t_1 \quad (3)$$



1-расм. Электр энергия исрофини юклама графиги ва максимал исрофлар вақти бўйича топиш:

а – ЭУЛнинг алмаштириш схемаси; б,г – уч пағонали ва кўп пағонали юклама графиглари; в,г – уч пағонали ва кўп пағонали  $S^2$  графиглари

Қолган ҳолатлар учун ҳам электр энергия исрофи шу тартибда топилади.

Юклама  $P_2$  бўлган ҳолат учун

$$\Delta P_2 = \frac{S_2^2}{U_2^2} r_n ; \quad (4)$$

$$\Delta W_2 = \Delta P_2 \Delta t_2 , \quad (5)$$

юклама  $P_3$  бўлган ҳолат учун

$$\Delta P_3 = \frac{S_3^2}{U_3^2} r_n . \quad (6)$$

$$\Delta W_3 = \Delta P_3 \Delta t_3 . \quad (7)$$

Юқоридагилардан келиб чиқиб,  $N$  та пағонага эга бўлган кўп пағонали юклама графигининг  $i$ -пағонаси учун қувват ва йил давомидаги энергия исрофлари қуйидаги формулалар бўйича аниқланади:

$$\Delta P_i = \frac{S_i^2}{U_i^2} r_n , \quad i = 1, \dots, N , \quad (8)$$

$$\Delta W = \sum_{i=1}^N \Delta P_i \Delta t_i . \quad (9)$$

Бу ерда  $\Delta t_i$ -юклама графигининг  $i$ -пағонаси давомийлиги.

$\Delta t_i$  вақт давомида трансформаторда қувват ва энергия исрофлари қуйидагича ҳисобланади:

$$\Delta P = \Delta P_\kappa \left( \frac{S_{2i}}{S_{ном}} \right)^2 + \Delta P_c ; \quad (10)$$

$$\Delta W = \left[ \Delta P_\kappa \left( \frac{S_{2i}}{S_{ном}} \right)^2 + \Delta P_c \right] \Delta t_i . \quad (11)$$

Бу ерда  $\Delta P_\kappa, \Delta P_c$  - мос равишда трансформаторнинг миси ва пўлатида исроф бўлувчи қувват;  $S_{2i}$  - трансформаторнинг иккиламчи томонида графикнинг  $i$ -пағонаси юкламаси;  $S_{ном}$  - трансформаторнинг номинал қуввати.

$\kappa$  та трансформатор параллел ишлаганда  $N$  та пағонали юклама графигининг  $i$ -пағонасида исроф бўлувчи қувват ва йиллик энергия исрофи мос равишда қуйидаги формулалар бўйича топилади:

$$\Delta P_i = \frac{1}{k} \Delta P_\kappa \left( \frac{S_{2i}}{S_{ном}} \right)^2 + k \Delta P_c ; \quad (12)$$

$$\Delta W = \left[ \Delta P_\kappa \left( \frac{S_{2i}}{S_{ном}} \right)^2 + \Delta P_c \right] \Delta t_i . \quad (13)$$

*Исрофларни юклама графиги бўйича аниқлаш* усулининг афзаллиги катта аниқлигидадир. Аммо барча шохобчаларнинг юкламалари ҳақида маълумотнинг етарлимаслиги ушбу усулнинг қўлланилишини чеклайди.

Исрофларни аниқлашнинг энг содда усулларида бири *энг катта исрофлар вақти бўйича* топишди. Барча ҳолатлар ичидан қувват исрофи энг катта бўлган ҳолат аниқланади. Бу ҳолатни ҳисоблаб, бу ҳолат учун қувват исрофи  $\Delta P_{экат}$  топилади. Йил давомида энергия исрофини бу қувват исрофини энг катта исрофлар вақти  $\tau$  га кўпайтириб топилади:

$$\Delta W = \Delta P_{экат} \tau . \quad (14)$$

Энг катта исрофлар вақти шундай вақтки, агар бу вақт давомида энг катта юклама билан ишланганда исроф бўлувчи энергия йил давомида юклама графиги бўйича ишланганда исроф бўлувчи энергияга тенг бўлади, яъни,

$$\Delta W = \Delta P_1 \Delta t_1 + \Delta P_2 \Delta t_2 + \dots + \Delta P_N \Delta t_N = \Delta P_{экат} \tau , \quad (15)$$

бу ерда  $N$  - юклама графиги пағоналари сони.

Электр энергия исрофи ва истеъмолчи томонидан қабул қилинган электр энергия орасида қуйидаги тартибда боғланишни ўрнатиш мумкин.

Истеъмолчи томонидан қабул қилинган энергия:

$$\Delta W = \Delta P_1 \Delta t_1 + \Delta P_2 \Delta t_2 + \dots + \Delta P_N \Delta t_N = \sum_{i=1}^N \Delta P_i \Delta t_i = \Delta P_{экат} \tau , \quad (16)$$

бу ерда  $P_{экат}$  - юклама қабул қилувчи энг катта қувват.

Энг катта юклама вақти  $T_{экат}$  шундай вақтки, бу вақт давомида энг катта юклама билан ишловчи истеъмолчи тармоқдан олган энергияси бир йил давомида у юклама графиги бўйича ишлаб тармоқдан олган энергияга тенг бўлади, яъни

$$T_{экат} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \Delta t_i}{P_{экат}} . \quad (17)$$

$S^2 = f(t)$  графикни қурамиз (1,в-расм). Фараз қилайлик, юклама графигининг  $i$ -пағонасида қувват исрофининг тахминий қиймати номинал кучланиш бўйича топилади, яъни (18.8) нинг ўрнига қуйидаги ифодадан фойдаланамиз:

$$\Delta P_i = \frac{S_i^2}{U_{ном}^2} r_l .$$

Агар  $r_l / U_{ном}^2 = const$  эканлигини эътиборга олсак,  $\Delta t_i$  вақт давомида исроф бўлувчи энергия маълум масштабда  $S_i^2 \Delta t_i$  га тенг, яъни томонлари  $\Delta t_i$  ва  $S_i^2$  га тенг бўлган тўғри тўртбурчакнинг юзига тенг (1,в-расм).

Электр энергия исрофи маълум масштабда 1.1, в, д- расмдаги графикларда тасвирланган фигуралар билан чегараланган юзаларга тенг.

$\tau$  учун юқорида келтирилган таърифга мувофиқ

$$S_{экат}^2 \tau = \sum_{i=1}^N S_i^2 \Delta t_i . \quad (18)$$

Пик қуринишидаги графиклар учун  $\tau$  нинг қиймати қуйидаги империк формуладан топилади:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{экат}}{10000})^2 \cdot 8760 . \quad (19)$$

(В.19) формулани йил учун яъни  $T = 8760$  соат учун фойдаланиш мумкин. Бунга нисбатан кичик вақт давоми учун ҳисоблаш аниқлигини ошириш учун (В.19) ўрнига қуйидаги ифодадан фойдаланиш мақсадга мувофиқ:

$$\tau = 2T_{экат} - T + \frac{T - T_{экат}}{1 + \frac{T_{экат}}{T} - \frac{2P_{экич}}{P_{экат}}} \left( 1 - \frac{P_{экич}}{P_{экат}} \right)^2 . \quad (19a)$$

Қатор турли хил характерли юклама графиклари учун ҳисоблаш йўли билан  $\tau = f(T_{экат}, \cos \varphi)$  боғланишни қуриш мумкин ва ундан фойдаланиб, маълум  $T_{экат}$  ва  $\cos \varphi$  лар бўйича  $\tau$  ни аниқлаш мумкин.



### **Назорат саволлари:**

1. Электр тармоқларидаги исрофлар қандай турларга бўлинади?
2. Электр тармоқларидаги исрофларнинг турларини таърифланг.
3. Электр тармоқларидаги ҳисобот исрофлариги нималар киради?
4. Электр тармоқларидаги техник исрофлар қандай аниқланади?
5. Электр тармоқларидаги тижорий исрофлар қандай аниқланади?
6. Линияларда исрофлар қандай аниқланади?

### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. John R. Fanchi with Christoper J. Fanchi. Energy in the 21<sup>st</sup> Century. 2<sup>nd</sup> Edition. World Scientific Publishing Co. New Jersey...., 2011.
2. Energy Effeciency – a Bridge to Low Corbon Economy/ Edited by Zoran Morvaj/ Published by InTech. Rijeka Croatia. 2012.
3. Paul Breeze. Power Generation Technologies. Elsevier, Amsterdam and etc., 2005.
4. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. JanezaTrdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
5. Frank Kreith D.Yogi Goswami.Energy management and conservation handbook. © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC. CRCP ressisan imprint of Taylor & Francis Group, anInforma business.
6. Zoran Morvaj. Energy efficiency –a bridge tolow carbon economy. Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2012 InTech
7. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.

## 2-мавзу: Электр тармоқларидаги исрофларни реактив қувватни компенсациялаш орқали камайтириш.

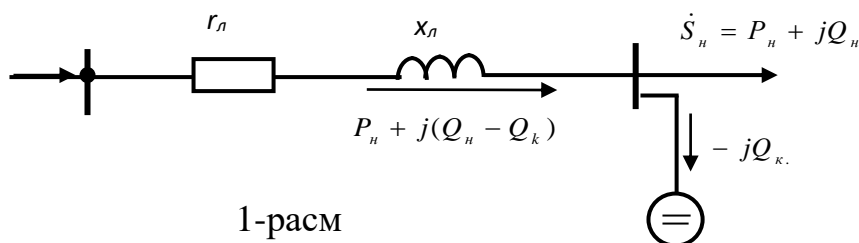
### Режа:

1. Электр тармоқларда қувват ва энергия исрофини камайтириш.
2. Реактив қувватни компенсацияловчи қурилмалар.
- 3.

**Таянч сўз ва иборалар:** Электр тармоқ, қувват исрофи, энергия исрофи, максимал юклама, максимал юкламадан фойдаланиш вақти, максимал исрофлар вақти, реактив қувват, компенсация, реактив қувватни компенсациялаш.

### 2.1. Электр тармоқларда қувват ва энергия исрофини камайтириш.

Тақсимловчи электр тармоқлар таъминловчи тармоқлардан фарқли равишда доимо очиқ ҳолда ишлайди. Шу сабабли уларда исрофни камайтиришнинг энг самарали ва кенг фойдаланилувчи усули реактив қувватни компенсациялашга асосланган. Ушбу усул бўйича исрофни камайтириш имкониятлари билан схемаси 1-расмда тасвирланган битта линиядан иборат бўлган тармоқ мисолида танишамиз.



1-расм

Маълумки, реактив қуввати компенсацияланмаган линияда актив қувват исрофи қуйидагича аниқланади:

$$\Delta P = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_n^2} \cdot r_l .$$

Линиянинг охирида уланган истеъмолчиларнинг ёнида компенсацияловчи қурилма улангандан сўнг юкломанинг умумий (компенсатор билан бирга ҳисобланганда) актив қувват коэффициенти  $\cos\varphi$  ошади ва линиядаги актив қувват исрофи камаяди:

$$\Delta P = \frac{P_n^2 + (Q_n - Q_k)^2}{U_n^2} \cdot r_n .$$

Компенсаторнинг тармоқдаги қувват исрофини энг кам бўлишини таъминловчи оптимал қувватни исроф функцияси минимумлигининг зарурий шarti, яъни у бўйича хусусий ҳосиланинг нолга тенглигидан фойдаланиб топиш қулайдир:

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_k} = - \frac{2(Q_n - Q_k)}{U_n^2} \cdot r_n = 0.$$

Шундай қилиб, кўрилатган тармоқ учун  $Q_{k, \text{opt}} = Q_n$ . Демак, ушбу ҳолатда юкламанинг реактив қуввати компенсатор ёрдамида тўла компенсацияланганда (линия орқали истеъмолчига фақат актив қувват узатилганда) тармоқдаги актив қувват исрофи минимал бўлади.

Электр тармоғининг схемаси ҳар қандай шаклда бўлувчи умумий ҳолатда ҳам тугуннинг ростланувчан реактив қувватини ундаги актив қувват исрофининг минимум бўлиши шартидан келиб чиқиб танлаш мумкин. Бундай ҳолатда масала электр тармоғининг ҳолатини реактив қувват бўйича оптималлаш масаласи деб юритилиб, у умумий ҳолатда қуйидаги кўринишда шакллантирилади:

$$\Delta P \rightarrow \min \tag{1}$$

$$\left. \begin{aligned} W_i' &= P_i - P_{i3} = 0, \quad i \in \Gamma + H; \\ W_i'' &= Q_i - Q_{i3} = 0, \quad i \in \Gamma_1 + H \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

$$U_{i, \min} \leq U_i \leq U_{i, \max}, \quad i \in \Gamma + H; \tag{3}$$

$$Q_{i, \min} \leq Q_i \leq Q_{i, \max}; \quad i \in \Gamma - \Gamma_1; \tag{4}$$

$$P_{l, \min} \leq P_l \leq P_{l, \max}; \quad l \in L_p; \tag{5}$$

$$I_{l, \min} \leq I_l \leq I_{l, \max}; \quad l \in L_l; \tag{6}$$

бу ерда  $P_i, Q_i, P_{i3}, Q_{i3} - i -$  тугуннинг ҳисобланувчи ва берилган актив ва реактив қувватлари;  $U_i, U_{i, \min}, U_{i, \max} - i -$  тугундаги кучланиш, ҳамда унинг берилган минимал ва максимал чегаравий қийматлари;  $P_l, I_l -$  актив қувват оқими ва токи назорат қилинувчи  $l$ -шоҳобчанинг ҳисобланувчи актив қуввати ва токи;  $\Gamma, H -$  генерация ва юклама тугунлари тўпламлари;  $\Gamma_1 -$  реактив қуввати ростланмайдиган ге-

нерация тугунлари тўплами;  $L_P, L_I$  – актив қувват оқими ва токи назорат қилинувчи шохобчалар тўпламлари.

Юқорида математик усулда ифодаланган масала қуйидагича изоҳланади. Реактив қуввати ростланувчан қурилмалар (синхрон генераторлар, компенсаторлар, реактив қувватнинг статик манбалари, синхрон двигателлар) нинг шундай қувватлари топилиши керакки, натижада келтирилган (2)-(6) чегаравий шартлар бажарилгани ҳолда тармоқдаги умумий актив қувват исрофи минимал бўлсин.

(1)- (6) масалани ечишнинг энг қулай усули уни Лагранж функциясини тузиш орқали шартсиз оптималлаш масаласига келтиришга асосланган. Бунда эркин номаълумлар бўйича ва функционал чегаравий шартларни жарима функцияси ёрдамида, тенглик қўринишидаги чегаравий шартларни эса, номаълум Лагранж кўпайтувчилари орқали ҳисобга олиб, қуйидаги шартсиз оптималлаш масаласи ҳосил қилинади:

$$L = \Delta P + \sum_{i \in \Gamma+H} \lambda_i' W_i' + \sum_{i \in \Gamma_1+H} \lambda_i'' W_i'' \quad (7)$$

Бу ерда  $\sum_{i \in \Gamma+H} \lambda_i' W_i' + \sum_{i \in \Gamma_1+H} \lambda_i'' W_i''$  бўлиб, у мос чегаравий шарт бажарилганда нолга тенг ва бузилганда бузилиш даражасига пропорционал тарзда тез ортувчи жарима функцияларининг йиғиндиси;  $\lambda_i', \lambda_i''$  - номаълум Лагранж кўпайтувчилари.

Оптималланувчи параметрларнинг қийматлари, масалан оптимал реактив қувватлар, (7) функция минимумлигининг зарурий шартидан ҳосил қилинган қуйидаги тенгламалар системасини ечиш асосида топилади:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial L}{\partial \lambda'_i} = W'_i = P_i - P_{i3} = 0; \quad i \in \Gamma + H, \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda''_i} = W''_i = Q_i - Q_{i3} = 0; \quad i \in \Gamma_1 + H, \end{array} \right. \quad (8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial L}{\partial \delta_i} = \frac{\partial F}{\partial \delta_i} + \sum_{j \in \Gamma + H} \lambda'_j \frac{\partial W'_j}{\partial \delta_i} + \sum_{j \in \Gamma_1 + H} \lambda''_j \frac{\partial W''_j}{\partial \delta_i} = 0; \quad i \in \Gamma + H, \\ \frac{\partial L}{\partial U_i} = \frac{\partial F}{\partial U_i} + \sum_{j \in \Gamma + H} \lambda'_j \frac{\partial W'_j}{\partial U_i} + \sum_{j \in \Gamma_1 + H} \lambda''_j \frac{\partial W''_j}{\partial U_i} = 0; \quad i \in \Gamma_1 + H, \end{array} \right. \quad (9)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial L}{\partial Q_i} = \frac{\partial F}{\partial Q_i} + \sum_{j \in \Gamma + H} \lambda'_j \frac{\partial W'_j}{\partial Q_i} + \sum_{j \in \Gamma_1 + H} \lambda''_j \frac{\partial W''_j}{\partial Q_i} = 0; \quad i \in \Gamma - \Gamma_1. \end{array} \right. \quad (10)$$

Бу ерда  $P_i$ ,  $Q_i$ ,  $P_{i3}$ ,  $Q_{i3}$  –  $i$ -тугуннинг ҳисобий ва берилган актив ва реактив қувватлари;  $U_i$ ,  $\delta_i$  –  $i$ -тугун комплекс кучланишининг модули ва фазаси.

Ҳисоблашларни қулайлаштириш мақсадида ҳар бир яқинлашишда юқоридаги системани ечиш учта – (8), (9), (10) подсистемаларни кетма-кет тарзда ечиш асосида амалга оширилади. (8) подсистемани ечиш натижасида барча тугунлар кучланишларининг фазалари ва модуллари (кучланиши оптималланувчи тугундан ташқари); (9) подсистемани ечиш натижасида номаълум Лагранж кўпайтувчилари ва (10) подсистемани ечиш натижасида оптимал реактив қувватлар топилади.

## 2.2 Реактив қувватни компенсацияловчи қурилмалар

Юқорида келтирилган исроф формуласидан кўриниб турибдики, компенсацияловчи ускунанинг қуввати  $Q_{KV}$  қанча катта бўлса ( $Q_{KV} < Q$  бўлган ҳолатда), қувват исрофи шунча кичик бўлади. Лекин, исрофни бу усулда камайтириш компенсацияловчи ускуналарга сарфланувчи қўшимча харажатларни талаб қилади. Бу харажатларни техник-иқтисодий ҳисоблашларда эътиборга олиш лозим.

Реактив қувватни компенсациялаш электр таъминоти самарадорлигини оширишнинг муҳим омили (воситаси) ҳисобланади. У фақат қувват исрофини камайтирибгина қолмай, электр энергия сифатини оширади ва электр тармоқлари ва электр станцияларининг юкини енгиллаштиради.

Айтиш лозимки, электр тармоқларини компенсацияловчи воситалар билан таъминланиши 0,2 кВАР/кВт атрофида ташкил қилади. Шу билан бирга,

хисоблашлар кўрсатдики, иқтисодий томондан мақсадга мувофиқ қиймат 0,5 кВАР/кВтни ташкил этади.

Реактив қувват манбаларига генераторлар, компенсаторлар, синхрон двигателлар, конденсаторлар ва бошқа статик ростловчи манбалар киради. Реактив қувватни ЭУЛ лари ҳам ишлаб чиқаради (110 кВ ва юқори кучланишларда аҳамиятга эга).

Генераторнинг актив ва реактив қувватлари орасидаги нисбат  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$  тенглик билан белгиланади. Актив қувватнинг ортиши реактив қувватни камайишига олиб келади ва аксинча. Бироқ генераторларнинг актив қувватини камайтириш ҳисобига уни реактив қувват юклаш самарали эмас. , фақат айрим ҳоллардан ташқари, қачонки системада ортиқча реактив қувват бўлганда.

Синхрон двигатель (СД) электр энергиясининг истеъмолчиси бўлиб, актив қувватни истеъмол қилиш билан бир вақтда қўзғатиш токининг қийматига боғлиқ ҳолда реактив қувватни истеъмол қилиши ва ишлаб чиқариши мумкин.

Синхрон компенсатор (СК)лар талаб этилган реактив қувватни ишлаб чиқариши ва истеъмол қилиши мумкин. У роторининг айланиши учун кичик миқдордаги актив қувватни истеъмол қилади.

Шундай қилиб, генератор, СД ва СК заруриятга мувофиқ тарзда реактив қувватни ишлаб чиқариши (ўта қўзғалган ҳолатда) ва истеъмол қилиши (кам қўзғалган ҳолатда) мумкин.

Конденсатор батареялари истеъмолчиларга параллел (кўндаланг компенсация) ёки линияга кетма-кет (бўйлама компенсация) уланиши мумкин.

Батареяда конденсаторлар параллел уланганда ундаги кучланиш нормал ҳолатда тахминан ўзгармас бўлади. Бунда у ишлаб чиқарувчи реактив қувват қуйидагича аниқланади:

$$Q_{кУ} = U_c^2 \cdot \omega C .$$

Формуладан кўриниб турибдики, реактив қувват батарея сифимига тўғри пропорционал.

Конденсатор батареяси кетма-кет уланганда унда ишлаб чиқарилувчи реактив қувватни ток орқали ифодалаш қулай:

$$Q_{кУ} = \frac{I^2}{\omega C}$$

Бу ҳолда, қувват сиғимга тескари пропорционал.

Қисқа туташувда кучланиш бирданига ошиб кетмайди, бундан фарқли ўла-роқ ток кескин кўтарилади. Бунда, ҳар бир конденсатордаги кучланиш  $U_0$  ортади ва конденсаторларнинг тешилишини олдини олиш учун бу кучланиш рухсат этилгандан катта бўлмаслиги керак. Шунинг учун, конденсаторлар кетма-кет уланганда конденсатор батареясининг учала фазасига параллел равишда разряд-никлар уланади, улар кучланиш ошганда тешилади (ишлайди) ва батареяни сақлайди. Лекин батареянинг тузилиши ва уни ишлатиш анча мураккаблашади.

Конденсаторли батареяларнинг самарадорлиги маълум даражада улар улан-ган тармоқ юкланишига боғлиқдир. Бу асосан реактив қувватнинг иқтисодийлик эквиваленти  $K_э$  билан аниқланади.

Конденсаторли батареялар ростланадиган (РБК) ва ростланмайдиган (НБК) турларга бўлинади.

Генератор, линия ва двигателлар системанинг асосий элементлари, компенсатор ва конденсаторлар эса – реактив қувват ишлаб чиқариш учун ўрнатилган қўшимча манбалар ҳисобланади. Шунинг учун уларнинг ўзаро афзаллик ва камчиликларини баҳолаш муҳимдир.

Конденсаторли батареяларнинг синхрон компенсаторларга нисбатъан афзалликлари:

- 1) арзонлиги;
- 2) актив қувват исрофининг камлиги;
- 3) кичик қувватларда кам ишлатиш мумкинлиги;
- 4) мустаҳкамлиги ва ишлатишда ишончлилиги (ҳаракатланувчи қисмларнинг йўқлиги)
- 5) кучланишни ўзгариш чизиғи шаклининг яхшиланиши.

Синхрон компенсаторларнинг афзалликлари:

- 1) реактив қувватни бир текис ростлаш имконияти мавжудлиги;
- 2) реактив қувватни ишлаб чиқариш, ҳамда истеъмол қилиш имкониятлари мавжудлиги.

### **3-мавзу: Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни камайтириш усуллари.**

#### **Режа:**

1. Ёпиқ занжирли электр тармоқларида қувват оқимларининг табиий тақсимланиши.
2. Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни трансформациялаш коэффициентларини оптималлаш орқали камайтириш
3. Ёпиқ занжирли электр тармоқларида қувват оқимларини иқтисодий тақсимлаш усуллари.

**Таянч сўз ва иборалар:** Электр тармоқ, ёпиқ занжирли тармоқ, қувват оқимининг тақсимланиши, бир жинсли ёпиқ занжирли электр тармоқ. Бўйлама компенсация.

#### **3.1. Ёпиқ занжирли электр тармоқларида қувват оқимининг табиий ва иқтисодий тақсимниши.**

Электр истеъмолчиларини таъминлашда юқори ишончилиликни таъминлаш мақсадида ёпиқ тармоқлардан фойдаланилади. Бундан ташқари ёпиқ тармоқлардан фойдаланилганда, исрофларни очик тармоқлардагига нисбатан камайтириш имкониятлари пайдо бўлиши мумкин.

Ёпиқ тармоқ бир жинсли бўлганда улардан истеъмолчиларга қувват узатиш энг кам исрофларда амалга ошади. Бундай тармоқлар контурни ташкил этувчи шохобчаларнинг актив ва реактив қаршиликларининг нисбатлари бир хиллиги билан характерланади, яъни

$$\frac{x_i}{r_i} = const .$$

Ножинсли (бир жинсли бўлмаган) ёпиқ электр тармоқларда контурни ташкил этувчи шохобчаларнинг қаршиликлари нисбатлари турличадир. Бундай тармоқларда қувватларнинг табиий тақсимланиши тўла қаршилик  $z=r+jx$  бўйича амалга ошади.



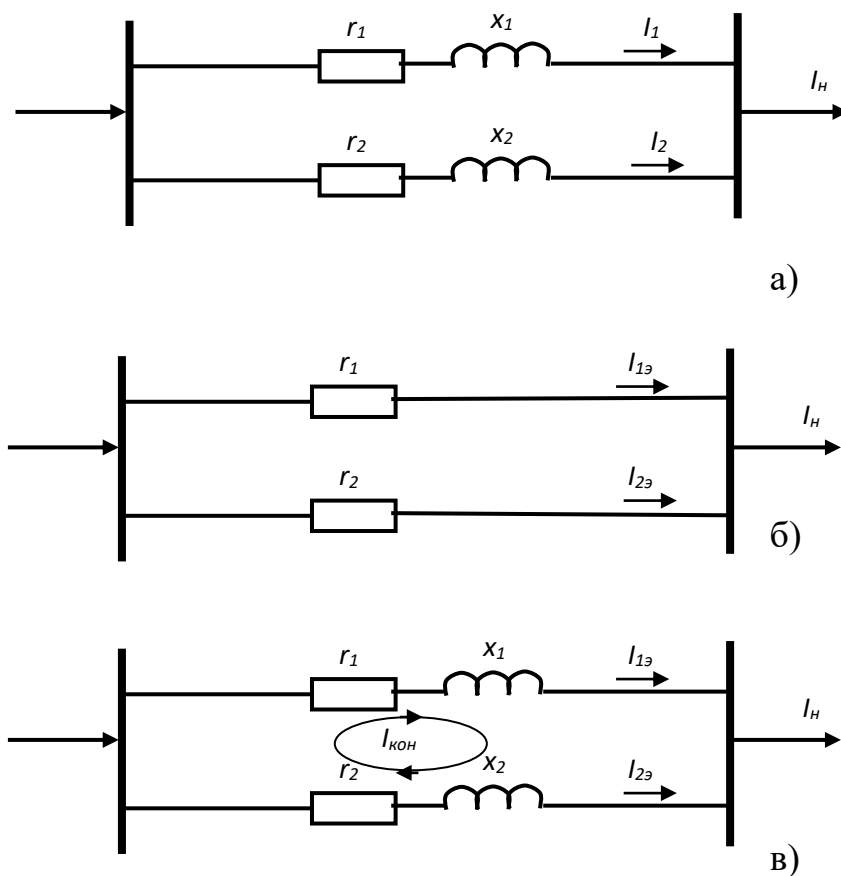
Ёпиқ тармоқда қувватнинг ундаги исрофни энг кам бўлиш ҳолатига мос келувчи иқтисодий тақсимланиши уни фақат актив қаршилиқ бўйича тақсимланиши билан бир ҳил бўлади.

Ножинсли ёпиқ электр тармоқда қувватлар оқимининг иқтисодий тақсимлаш имкониятларини ўрганиш учун бир контурли ёпиқ тармоқни кўриб ўтамиз (1,а-расм).

Схемаларда кўрсатилган  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_{1\text{э}}$ ,  $I_{2\text{э}}$  тоқлар контурда қувватлар табиий ва иқтисодий тақсимланган ҳолатларга мос келиб, мазкур тармоқ учун уларнинг қийматлари Кирхгофнинг биринчи ва иккинчи қонунларидан фойдаланиб, қуйидагича ҳисобланиши мумкин:

$$I_1 = I_n \cdot \frac{r_2 + jx_2}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)}, \quad I_2 = I_n \cdot \frac{r_1 + jx_1}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)},$$

$$I_{1\text{э}} = I_n \cdot \frac{r_2}{r_1 + r_2}, \quad I_{2\text{э}} = I_n \cdot \frac{r_1}{r_1 + r_2}.$$



1-расм

Агар 1,а-расмда тасвирланган контурда тармоқнинг ножинслилиги туфайли тенглаштирувчи ток  $I_{кон}$  оқади деб ҳисобласак (1,в-расм), у ҳолда табиий ва иқтисодий тақсимланиш ҳолатлари учун тоқлар қуйидаги ифодалар билан боғланган:

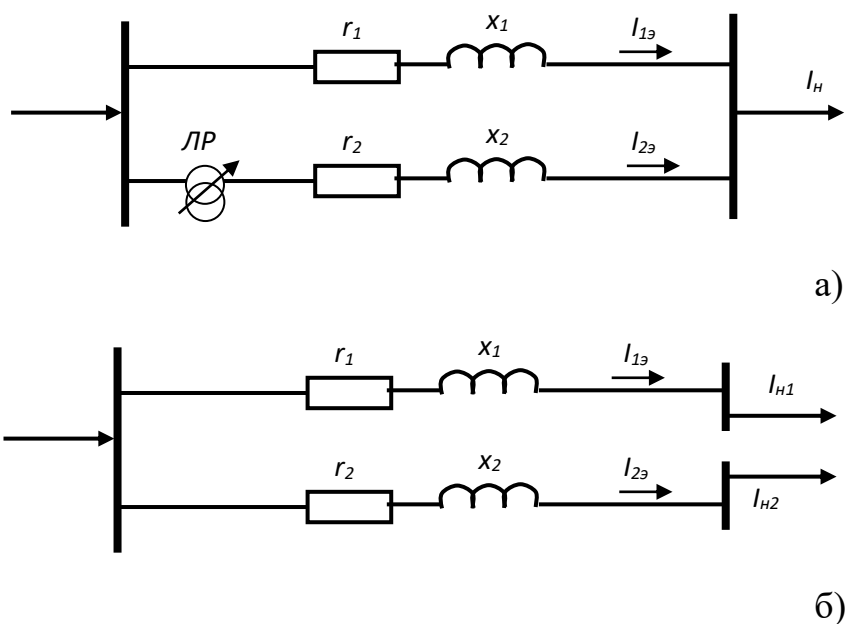
$$I_1 = I_{1э} + I_{кон} ; \quad I_2 = I_{2э} - I_{кон} .$$

Шундай қилиб, ёпиқ электр тармоқларда қувват исрофини минималлаш учун уларда тенглаштирувчи тоқларни нолга келтириш лозим. Бу тармоқнинг ножинслилигини камайтириш ёки тенглаштирувчи тоқларни компенсациялаш орқали амалга оширилади.

Тармоқнинг ножинслилигини камайтириш ётказгичларнинг кесим юзаларини ёзгартириш ва БКҚ (бёйлама компенсацияловчи қурилма) улаш орқали амалга оширилиши мумкин.

Тенглаштирувчи контур тоқларини компенсациялаш икки йёл билан амалга оширилиши мумкин:

- 1) компенсацияловчи тенглаштирувчи тоқларни ҳосил қилиш орқали (контурда қувват оқимини ростлаш);
- 2) тенглаштирувчи тоқларнинг йёлини узиш орқали (тармоқ контурларини очиш орқали) (8.2,б-расм).



2-расм

Компенсацияловчи тенглаштирувчи тоқларни ҳосил қилиш контурларга қўшимча ЭЮК киритиш орқали амалга оширилади. 13 навбатида қўшимча ЭЮК линия ростлагичлари ҳисобига, яъни кучланишни бўйлама-қўндаланг ростлаш ёки мувозанатлашмаган трансформациялаш коэффициентлари ҳисобига ҳосил қилинади (2,а-расм).

Таъминловчи электр тармоқларда қўшимча ЭЮКнинг қийматини ёки контурни очиш нуқтасини аниқлаш учун унинг ҳолатини оптималлаш масаласи ечилади. Бунинг учун юқорида келтирилган алгоритмдан фойдаланиш самаралидир.

### **3.2. Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни трансформациялаш коэффициентларини оптималлаш орқали камайтириш.**

Умумий ҳолларда ёпиқ электр тармоқларида қувват оқимларининг иқтисодий тақсимланиши мавжуд трансформаторларнинг оптимал трансформациялаш коэффициентларини таъминлаш ҳисобига амалга оширилиши мумкин. Бундай трансформациялаш коэффициентлари умумий ҳолатда олдинги мавзудаги реактив қувватни оптималлашдаги сингари мос математик оптималлаш масаласини ечиш орқали аниқланади. Бундай масалалар мураккаб нозизиқли математик дастурлаш масалалари тоифасига киради. Уни ечишда асосий ёндошув ҳар бирида оптималлаш қадами ва электр тармоқнинг барқарор ҳолатини ҳисоблаш амалга оширилувчи итерациялар циклига бўлишни кўзда тутади.

Ҳозирги пайтда кенг тарқалган ва амалда кенг қўлланилувчи алгоритмларда электр тармоқнинг барқарор ҳолати Ньютон, оптималлаш эса градиент усулида амалга оширилади. Бу алгоритмлар асосан соддалик, оддий ва функционал чегаравий шартларни осон ҳисобга олишдек бир қатор афзалликларга эга. Шу билан бир қаторда кўплаб тугунларга эга бўлган замонавий электр тармоқларининг ҳолатларини ҳисоблашда жараённинг секинлиги, тебранувчанлиги ва мос ҳолда унинг яқинлашишини нисбатан ишончсизлиги каби қийинчиликлар учрайди. Шу муносабат билан электр тармоқларининг ҳолатларини оптималлашнинг ушбу

кийинчиликларни енгиб ўтувчи такомиллашган алгоритмларини яратиш ва жорий этиш долзарб масалалардан бири ҳисобланади.

Эркин ўзгарувчиларга қўйилувчи чегаралар (оддий чегаравий шартлар) ҳар бир қадамда чегарадан чиқиб кетган ўзгарувчиларни мос чегараларга бириктириш орқали ҳисобга олинади. Кейинги қадамларда олдинги қадамда чегаравий қийматига бириктирилган ўзгарувчини бўшатиш зарурати текшириб кўрилади.

Кўрилувчи алгоритмларда эркин ўзгарувчиларга қўйилган чегаралар (функционал чегаравий шартлар) жарима функцияси ёрдамида ҳисобга олинади. Мос ҳолда кўриладиган шартли оптималлаш масаласи кетма-кет ҳолда шартсиз оптималлаш масаласига келтириб ечилади.

Тармоқнинг ҳолатини рухсат этилган соҳага олиб киритиш, шунингдек, чегаравий шартлар биргаликда бўлмаган ҳолларда уларнинг минимал даражада бузилишига олиб келувчи ечимларни аниқлаш мақсадида функционал ва эркин ўзгарувчиларга қўйилувчи чегаравий шартлар ҳам жарима функцияси ёрдамида ҳисобга олинади.

Эркин ўзгарувчига қўйилган чегаравий шарт  $y_i \leq \bar{y}_i$  ни ҳисобга олиш учун жарима функцияси кўриб ўтилувчи алгоритмларда қуйидаги кўринишда ифодаланади:

$$Ш_{y_i} = \frac{\alpha_{y_i}}{2} (y_i - \bar{y}_i)^2. \quad (1)$$

Бу ерда  $\alpha_{y_i}$  – юк коэффициенти (жарима коэффициенти);  $y_i, \bar{y}_i$  - эркин ўзгарувчининг ҳисобий ва берилган чегаравий қийматлари.

Оптималлаш қадамнинг бажарилишидан олдин жарима функцияси ёрдамида ҳисобга олинувчи ҳар бир чегаравий шартнинг бажарилиши текшириб кўрилади. Бунда бажарилган чегаравий шартлар учун мос жарима функцияси сунъий равишда нулга тенглаштирилиб, навбатдаги қадам уни ҳисобга олмасдан амалга оширилади.

Эркин ўзгарувчиларга қўйилувчи чегаравий шартларни ҳисобга олишнинг қабул қилинган усулини эътиборга олган ҳолда мақсад функцияси қуйидаги кўринишни олади.

$$F = \pi + \sum_{i \in \Gamma_1 + H} \text{Ш}_{\text{ш}_i} + \sum_{i \in \Gamma - \Gamma_1} \text{Ш}_{\text{ш}_i} + \sum_{l \in L_p} \text{Ш}_{\text{ш}_l} + \sum_{l \in L_n} \text{Ш}_{\text{ш}_l} . \quad (2)$$

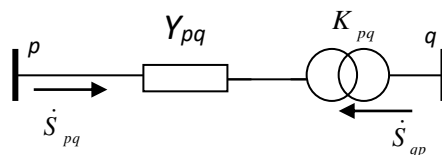
Бу ерда  $\text{Ш}_{\text{ш}_i}$ ,  $\text{Ш}_{\text{ш}_i}$ ,  $\text{Ш}_{\text{ш}_l}$ ,  $\text{Ш}_{\text{ш}_l}$  - мос ҳолда  $\Gamma_1 + H$  тўпламнинг  $i$ -чи тугунида кучланишнинг қиймати,  $\Gamma - \Gamma_1$  тўпламнинг  $i$ -чи тугунида реактив қувват,  $L_n$  тўпламнинг  $l$  - шохобчасида актив қувват оқими ва  $L_p$  тўпламнинг  $l$  -чи шохобчасида токнинг қиймати бўйича чегаравий шартлар бузилган ҳолатда киритилувчи жарима функциялари.

Функция экстремумини зарурий шартдан фойдаланиш асосида трансформаторларни трансформациялаш коэффициентлари бўйича электр тармоқларининг режимини оптималлаш.

Оптималлаш алгоритми ва тугунлар кучланиши каби бошқариладиган контурли трансформаторларни трансформациялашни оптимал коэффициентлар формуласини олиш учун бир неча ўзгарувчиларнинг мураккаб функцияси сингари  $\Phi$  нинг мақсадли функциясини дифференциаллаймиз ва қуйидагиларни оламиз:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dF}{dK'_{pq}} &= \frac{\partial F}{\partial K'_{pq}} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial P_j} \frac{dP_j}{dK'_{pq}} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial Q_j} \frac{dQ_j}{dK'_{pq}} \\ \frac{dF}{dK''_{pq}} &= \frac{\partial F}{\partial K''_{pq}} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial P_j} \frac{dP_j}{dK''_{pq}} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial Q_j} \frac{dQ_j}{dK''_{pq}} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

Бу ерда  $K'_{pq}$  ва  $K''_{pq}$  - контурли трансформаторни трансформациясини комплекс коэффициентини тегишлича бўйлама ва кўндаланг ташкил етувчиси;  $p - q$  - электр тармоғининг бир шохобчаси, бу ерда трансформаторлар мавжуд (2.1-расм).



2.1-расм. Бошқариладиган трансформаторни ушлаб турган электр тармоғи алмаштириш схемаси

(3) га  $\frac{\partial F}{\partial K'_{pq}}, \frac{\partial F}{\partial K''_{pq}}, \frac{dP}{dK'_{pq}}, \frac{dP}{dK''_{pq}}, \frac{dQ}{dK'_{pq}}$  ва  $\frac{dQ}{dK''_{pq}}$  нинг аналитик қийматларини қўй-

ган ҳолда трансформатция коэффициентлари бўйича  $\Phi$  чиқариш функциясининг ҳисоблаш формуласини олиш мумкин. Қуйидаги ушбу формула сўзсиз оптимизациялаш ҳолатлари учун чиқарилади, қайсики бунда мақсадли функция тармоқдаги актив қувватни жами йўқотилиши кўринишида акс этади (жарима ташкил етувчилар мавжуд эмас).

Актив қувватларни йўқотилиши тугунларнинг актив қувватларни алгебраик суммаси сифатида аниқланади:

$$\pi = \sum_{i=0}^n P_i, \quad (4)$$

Негаки  $i \neq p, q$  да  $\frac{\partial P_i}{\partial K_{pq}}$  ва  $\frac{\partial Q_i}{\partial K_{pq}}$  ҳоссалар нолга тенг экан, бундай ҳолда фақат  $p$

ва  $q$  тугунларининг қувватларини ҳисобга олиш етарлидир. Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан  $s_p$  ва  $s_q$  нинг қувватларини ушбу тугунлардан тарқалувчи шахобчалар бўйича актив қувватлар оқимининг алгебраик суммаси сифатида кўрсатишимиз мумкин:

$$P_p = \sum_{j \neq p}^n P_{pj} + P_{pq}^{(p)} = -g_{pp} U_p^2 + U_p \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq p, q}}^n U_j (g_{pj} \cos \delta_{pj} + b_{pj} \sin \delta_{pj}) - \\ - K'_{pq} U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} + b_{pq} \sin \delta_{pq}) - K''_{pq} U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} - b_{pq} \cos \delta_{pq}); \quad (5)$$

$$Q_p = \sum_{j \neq p}^n Q_{pj} + Q_{pq}^{(p)} = b_{pp} U_p^2 + U_p \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq p, q}}^n U_j (g_{pj} \sin \delta_{pj} - b_{pj} \cos \delta_{pj}) - \\ - K'_{pq} U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} - b_{pq} \cos \delta_{pq}) + K''_{pq} U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} + b_{pq} \sin \delta_{pq}); \quad (6)$$

$$P_q = \sum_{j \neq q}^n P_{qj} + P_{qp}^{(q)} = -g_{qq}^* U_q^2 + U_q \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq p, q}}^n U_j (g_{qj} \cos \delta_{qj} + b_{qj} \sin \delta_{qj}) + A_{pq}^2 U_q^2 g_{pq} - \\ - K'_{pq} U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{qp} + b_{pq} \sin \delta_{qp}) + K''_{pq} U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{qp} - b_{pq} \cos \delta_{qp}); \quad (7)$$

$$Q_q = \sum_{j \neq q}^n Q_{qj} + Q_{qp}^{(q)} = b_{qq}^* U_q^2 + U_q \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq p, q}}^n U_j (g_{qj} \sin \delta_{qj} - b_{qj} \cos \delta_{qj}) - A_{pq}^2 U_q^2 b_{pq} - \\ - K'_{pq} U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} - b_{pq} \cos \delta_{pq}) - K''_{pq} U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} + b_{pq} \sin \delta_{pq}). \quad (8)$$

Бу ерда  $y_{qq}^* = y_{qq} - y_{qp}$ .

(3) формуладаги  $\frac{\partial F}{\partial P_i}$ ,  $\frac{\partial F}{\partial Q_i}$  ҳосилаларни чизиқли алгебраик тенгламалар

системаси (ЧАТС) ни ечиш асосида топамиз.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial \delta_i} &= \sum_j \frac{\partial F}{\partial P_j} \frac{\partial P_j}{\partial \delta_i} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial Q_j} \frac{\partial Q_j}{\partial \delta_i} \\ \frac{\partial F}{\partial U_i} &= \sum_j \frac{\partial F}{\partial P_j} \frac{\partial P_j}{\partial U_i} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial Q_j} \frac{\partial Q_j}{\partial U_i} \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

Қолган ҳосилаларни (4) ва (5) тенгламаларни дифференциаллаш асосида аниқлаймиз. Бунда тўла ҳосилаларнинг қийматларини аниқлашни осонлаштириш учун уларнинг тахминий саналувчи хусусий ҳосилалари билан алмаштирамиз.

Юқоридагилар асосида куйидагини оламиз:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\pi}{dK'_{pq}} &= \left( 1 + \frac{\partial \pi}{\partial P_p} \right) \frac{\partial P_p}{\partial K'_{pq}} + \left( 1 + \frac{\partial \pi}{\partial P_q} \right) \frac{\partial P_q}{\partial K'_{pq}} + \frac{\partial \pi}{\partial Q_p} \frac{\partial Q_p}{\partial K'_{pq}} + \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} \frac{\partial Q_q}{\partial K'_{pq}} \\ \frac{d\pi}{dK''_{pq}} &= \left( 1 + \frac{\partial \pi}{\partial P_p} \right) \frac{\partial P_p}{\partial K''_{pq}} + \left( 1 + \frac{\partial \pi}{\partial P_q} \right) \frac{\partial P_q}{\partial K''_{pq}} + \frac{\partial \pi}{\partial Q_p} \frac{\partial Q_p}{\partial K''_{pq}} + \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} \frac{\partial Q_q}{\partial K''_{pq}} \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

Бу ерда

$$\frac{\partial P_p}{\partial K'_{pq}} = -U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} + b_{pq} \sin \delta_{pq});$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial K''_{pq}} = -U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} - b_{pq} \cos \delta_{pq});$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial K'_{pq}} = -U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} - b_{pq} \cos \delta_{pq});$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial K''_{pq}} = U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} + b_{pq} \sin \delta_{pq}); \quad (11)$$

$$\frac{\partial P_q}{\partial K'_{pq}} = -U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} - b_{pq} \sin \delta_{pq}) + 2K'_{pq} U_q^2 g_{pq} ;$$

$$\frac{\partial P_q}{\partial K''_{pq}} = -U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} + b_{pq} \cos \delta_{pq}) + 2K''_{pq} U_q^2 g_{pq} ;$$

$$\frac{\partial Q_q}{\partial K'_{pq}} = U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} + b_{pq} \cos \delta_{pq}) - 2K'_{pq} U_q^2 b_{pq} ;$$

$$\frac{\partial Q_q}{\partial K''_{pq}} = -U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} - b_{pq} \sin \delta_{pq}) - 2K''_{pq} U_q^2 b_{pq} .$$

(11) тенгламани оптималлик шартидан келиб чиққан ҳолда трансформациянинг оптималлик коэффициентларини ҳисоблашни қуйидаги рекуррентли формулага келтириш мумкин:

$$K'_{pqon} = \frac{U_p \left[ \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_p} + \frac{\partial \pi}{\partial P_q} \right) g_{pq} \cos \delta_{pq} + \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_p} - \frac{\partial \pi}{\partial P_q} \right) b_{pq} \sin \delta_{pq} \right]}{2U_q \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_q} g_{pq} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} b_{pq} \right)} +$$

$$+ \frac{U_p \left[ \left( \frac{\partial \pi}{\partial Q_p} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} \right) g_{pq} \sin \delta_{pq} - \left( \frac{\partial \pi}{\partial Q_p} + \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} \right) b_{pq} \cos \delta_{pq} \right]}{2U_q \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_q} g_{pq} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} b_{pq} \right)}$$

$$K''_{pq} = \frac{U_p \left[ \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_p} + \frac{\partial \pi}{\partial P_q} \right) g_{pq} \sin \delta_{pq} - \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_p} - \frac{\partial \pi}{\partial P_q} \right) b_{pq} \cos \delta_{pq} \right]}{2U_q \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_q} g_{pq} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} b_{pq} \right)} -$$

$$- \frac{U_p \left[ \left( \frac{\partial \pi}{\partial Q_p} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} \right) g_{pq} \cos \delta_{pq} - \left( \frac{\partial \pi}{\partial Q_p} + \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} \right) b_{pq} \sin \delta_{pq} \right]}{2U_q \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_q} g_{pq} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} b_{pq} \right)} .$$

Улар оптимизация алгоритмлари қаторида тенг қўлланилади. Бунда (11) бўйича ҳисоб китобда кузатиладиган ҳисоблаш жараёнини тебранишини йўқотиш учун ҳар бир итерацияда аниқланган оптимал  $K'_{pq}$  нинг қиймати қуйидаги формула бўйича коррекцияланади:



$$\left. \begin{aligned} K_{pq \text{ кор}}^{r(k)} &= K_{pq \text{ кор}}^{r(k-1)} + \beta_1^{(k)} (K_{pq}^{r(k)} - K_{pq \text{ кор}}^{r(k-1)}) \\ K_{pq \text{ кор}}^{n(k)} &= K_{pq \text{ кор}}^{n(k-1)} + \beta_2^{(k)} (K_{pq}^{n(k)} - K_{pq \text{ кор}}^{n(k-1)}) \end{aligned} \right\},$$

Бу ерда  $\beta_1, \beta_2$  – демпфирлайдиган коэффициентлар;  $K_{pq}^{(k)}, K_{pq \text{ кор}}^{(k)}$  – трансформация коэффициентини  $k$  - яқинлашишда олинган ва тўғриланган қийматлари.

$h$  - кучайтирувчилар сингари демфирлайдиган коэффициентларнинг бошланғич қиймати ҳисоблаш тажрибалари асосида оператор ёрдамида киритилади, кейинги итерацияларда еса уларни қийматлари ма'лум бўлган алгоритмлар бўйича ўзгартирилади.

Шундай қилиб, контурли трансформаторларнинг трнсформация коэффициентлари бўйича оптималлаш алгоритми қуйидагилардан иборат:

1.  $\frac{\partial F}{\partial P_i}$  ва  $\frac{\partial F}{\partial Q_i}$  хусусий ҳосилалар (9) ЧАТС ечими асосида ҳисобланади.
2. (12) ва (13) бўйича  $K_{pq \text{ Ont}}^r$  ва  $K_{pq \text{ Ont}}^n$  ҳисобланган трнсформаторларнинг оптимал коэффициентларининг ҳисоб – китоби бажарилади.
3. Ушбу яқинлашишда олинган  $K_{pq \text{ Ont}}^r$  ва  $K_{pq \text{ Ont}}^n$  ни ҳисобга олган ҳолда тугунли ва ўзининг ўтказувчанлик матрицасини тегишли элементларини қайта ҳисоблаш бажарилади.
4. Электр тармоғининг ўрнатилган режимини ҳисоблаш бажарилади.
5. Оптималлаш жараёнида ўтиш шартларини бажарилиши текширилади. Шарт бажарилган тақдирда ҳисоб – китоблар тўхтатилади ва охириги итерация натижалари оптимал ҳисобланади. Акс ҳолда трнсформаторнинг янги трансформация коэффициенти билан ҳисоб – китоблар қайтарилади.

## **4-мавзу: Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни камайтириш усуллари.**

### **Режа:**

1. Ёпиқ занжирли электр тармоқларида қувват оқимларининг табиий тақсимланиши.
2. Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни трансформациялаш коэффициентларини оптималлаш орқали камайтириш

**Таянч сўз ва иборалар:** Электр тармоқ, ёпиқ занжирли тармоқ, қувват оқимининг тақсимланиши, бир жинсли ёпиқ занжирли электр тармоқ. Бўйлама компенсация.

### **4.1. Ёпиқ занжирли электр тармоқларида қувват оқимининг табиий ва иқтисодий тақсимниши.**

Электр истеъмолчиларини таъминлашда юқори ишончилиликни таъминлаш мақсадида ёпиқ тармоқлардан фойдаланилади. Бундан ташқари ёпиқ тармоқлардан фойдаланилганда, исрофларни очик тармоқлардагига нисбатан камайтириш имкониятлари пайдо бўлиши мумкин.

Ёпиқ тармоқ бир жинсли бўлганда улардан истеъмолчиларга қувват узатиш энг кам исрофларда амалга ошади. Бундай тармоқлар контурни ташкил этувчи шохобчаларнинг актив ва реактив қаршиликларининг нисбатлари бир хиллиги билан характерланади, яъни

$$\frac{x_i}{r_i} = const .$$

Ножинсли (бир жинсли бўлмаган) ёпиқ электр тармоқларда контурни ташкил этувчи шохобчаларнинг қаршиликлари нисбатлари турличадир. Бундай тармоқларда қувватларнинг табиий тақсимланиши тўла қаршилик  $z=r+jx$  бўйича амалга ошади.

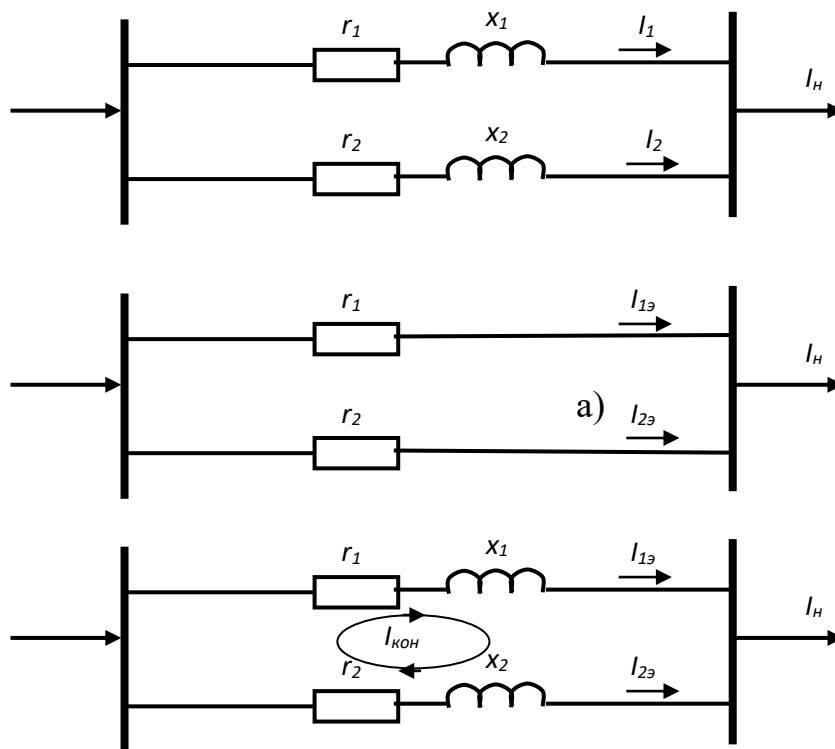
Ёпиқ тармоқда қувватнинг ундаги исрофни энг кам бўлиш ҳолатига мос келувчи иқтисодий тақсимланиши уни фақат актив қаршилик бўйича тақсимланиши билан бир ҳил бўлади.

Ножинсли ёпик электр тармоқда қувватлар оқимининг иқтисодий тақсимлаш имкониятларини ўрганиш учун бир контурли ёпик тармоқни кўриб ўтамиз (1,а-рasm).

Схемаларда кўрсатилган  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_{1\text{э}}$ ,  $I_{2\text{э}}$  тоқлар контурда қувватлар табиий ва иқтисодий тақсимланган ҳолатларга мос келиб, мазкур тармоқ учун уларнинг қийматлари Кирхгофнинг биринчи ва иккинчи қонунларидан фойдаланиб, қуйидагича ҳисобланиши мумкин:

$$I_1 = I_n \cdot \frac{r_2 + jx_2}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)}, \quad I_2 = I_n \cdot \frac{r_1 + jx_1}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)},$$

$$I_{1\text{э}} = I_n \cdot \frac{r_2}{r_1 + r_2}, \quad I_{2\text{э}} = I_n \cdot \frac{r_1}{r_1 + r_2}.$$



б)

в)

1-рasm

Агар 1,а-рasmда тасвирланган контурда тармоқнинг ножинслилиги туфайли тенглаштирувчи ток  $I_{\text{кон}}$  оқади деб ҳисобласак (1,в-рasm), у ҳолда табиий ва

иктисодий тақсимланиш ҳолатлари учун тоқлар қуйидаги ифодалар билан боғланган:

$$I_1 = I_{1э} + I_{кон} ; \quad I_2 = I_{2э} - I_{кон} .$$

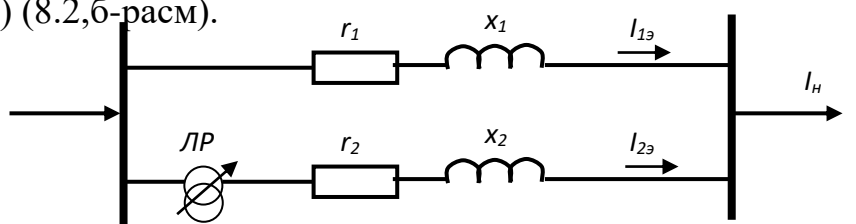
Шундай қилиб, ёпиқ электр тармоқларда қувват исрофини минималлаш учун уларда тенглаштирувчи тоқларни нолга келтириш лозим. Бу тармоқнинг ножинслилигини камайтириш ёки тенглаштирувчи тоқларни компенсациялаш орқали амалга оширилади.

Тармоқнинг ножинслилигини камайтириш ўтказгичларнинг кесим юзаларини ўзгартириш ва БКҚ (бўйлама компенсацияловчи қурилма) улаш орқали амалга оширилиши мумкин.

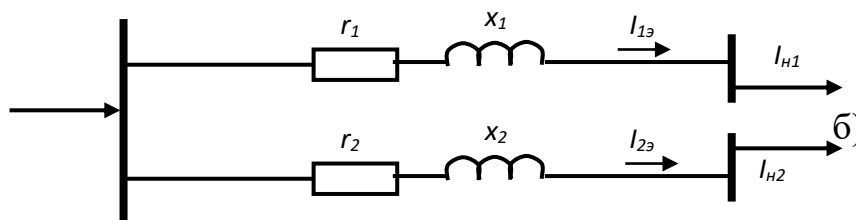
Тенглаштирувчи контур тоқларини компенсациялаш икки йўл билан амалга оширилиши мумкин:

3) компенсацияловчи тенглаштирувчи тоқларни ҳосил қилиш орқали (контурда қувват оқимини ростлаш);

4) тенглаштирувчи тоқларнинг йўлини узиш орқали (тармоқ контурларини очиш орқали) (8.2,б-расм).



а)



2-расм

Компенсацияловчи тенглаштирувчи тоқларни ҳосил қилиш контурларга қўшимча ЭЮК киритиш орқали амалга оширилади. Ўз навбатида қўшимча ЭЮК линия ростлагичлари ҳисобига, яъни кучланишни бўйлама-кўндаланг ростлаш ёки

мувозанатлашмаган трансформациялаш коэффициентлари ҳисобига ҳосил қилинади (2,а-расм).

Таъминловчи электр тармоқларда қўшимча ЭЮКнинг қийматини ёки контурни очиш нуқтасини аниқлаш учун унинг ҳолатини оптималлаш масаласи ечилади. Бунинг учун юқорида келтирилган алгоритмдан фойдаланиш самаралидир.

#### **4.2. Ёпик занжирли электр тармоқларида исрофларни трансформациялаш коэффициентларини оптималлаш орқали камайтириш**

Умумий ҳолларда ёпик электр тармоқларида қувват оқимларининг иқтисодий тақсимланиши мавжуд трансформаторларнинг оптимал трансформациялаш коэффициентларини таъминлаш ҳисобига амалга оширилиши мумкин. Бундай трансформациялаш коэффициентлари умумий ҳолатда олдинги мавзудаги реактив қувватни оптималлашдаги сингари мос математик оптималлаш масаласини ечиш орқали аниқланади. Бундай масалалар мураккаб нозизиқли математик дастурлаш масалалари тоифасига киради. Уни ечишда асосий ёндошув ҳар бирида оптималлаш қадами ва электр тармоқнинг барқарор ҳолатини ҳисоблаш амалга оширилувчи итерациялар циклига бўлишни кўзда тутлади.

Ҳозирги пайтда кенг тарқалган ва амалда кенг қўлланилувчи алгоритмларда электр тармоқнинг барқарор ҳолати Ньютон, оптималлаш эса градиент усулида амалга оширилади. Бу алгоритмлар асосан соддалик, оддий ва функционал чегаравий шартларни осон ҳисобга олишдек бир қатор афзалликларга эга. Шу билан бир қаторда кўплаб тугунларга эга бўлган замонавий электр тармоқларининг ҳолатларини ҳисоблашда жараённинг секинлиги, тебранувчанлиги ва мос ҳолда унинг яқинлашишини нисбатан ишончсизлиги каби қийинчиликлар учрайди. Шу муносабат билан электр тармоқларининг ҳолатларини оптималлашнинг ушбу қийинчиликларни енгиб ўтувчи такомиллашган алгоритмларини яратиш ва жорий этиш долзарб масалалардан бири ҳисобланади.

Эркин ўзгарувчиларга қўйилувчи чегаралар (оддий чегаравий шартлар) ҳар бир қадамда чегарадан чиқиб кетган ўзгарувчиларни мос чегараларга бириктириш

орқали ҳисобга олинади. Кейинги қадамларда олдинги қадамда чегаравий қийматига бириктирилган ўзгарувчини бўшатиш зарурати текшириб кўрилади.

Кўрилувчи алгоритмларда эрксиз ўзгарувчиларга қўйилган чегаралар (функционал чегаравий шартлар) жарима функцияси ёрдамида ҳисобга олинади. Мос ҳолда кўрилаётган шартли оптималлаш масаласи кетма-кет ҳолда шартсиз оптималлаш масаласига келтириб ечилади.

Тармоқнинг ҳолатини рухсат этилган соҳага олиб киритиш, шунингдек, чегаравий шартлар биргаликда бўлмаган ҳолларда уларнинг минимал даражада бузилишига олиб келувчи ечимларни аниқлаш мақсадида функционал ва эрксиз ўзгарувчиларга қўйилувчи чегаравий шартлар ҳам жарима функцияси ёрдамида ҳисобга олинади.

Эрксиз ўзгарувчига қўйилган чегаравий шарт  $y_i \leq \bar{y}_i$  ни ҳисобга олиш учун жарима функцияси кўриб ўтилувчи алгоритмларда қуйидаги кўринишда ифодаланади:

$$Ш_{y_i} = \frac{\alpha_{y_i}}{2} (y_i - \bar{y}_i)^2. \quad (1)$$

Бу ерда  $\alpha_{y_i}$  – юк коэффиценти (жарима коэффиценти);  $y_i, \bar{y}_i$  - эрксиз ўзгарувчининг ҳисобий ва берилган чегаравий қийматлари.

Оптималлаш қадамнинг бажарилишидан олдин жарима функцияси ёрдамида ҳисобга олинувчи ҳар бир чегаравий шартнинг бажарилиши текшириб кўрилади. Бунда бажарилган чегаравий шартлар учун мос жарима функцияси сунъий равишда нулга тенглаштирилиб, навбатдаги қадам уни ҳисобга олмасдан амалга оширилади.

Эрксиз ўзгарувчиларга қўйилувчи чегаравий шартларни ҳисобга олишнинг қабул қилинган усулини эътиборга олган ҳолда мақсад функцияси қуйидаги кўринишни олади.

$$F = \pi + \sum_{i \in \Gamma_1 + H} Ш_{u_i} + \sum_{i \in \Gamma - \Gamma_1} Ш_{q_i} + \sum_{l \in L_p} Ш_{p_l} + \sum_{l \in L_n} Ш_{n_l}. \quad (2)$$

Бу ерда  $Ш_{u_i}, Ш_{q_i}, Ш_{p_l}, Ш_{n_l}$  - мос ҳолда  $\Gamma_1 + H$  тўпламнинг  $u$ - чи тугунида кучланишнинг қиймати,  $\Gamma - \Gamma_1$  тўпламнинг  $u$ - чи тугунида реактив кувват,  $L_n$  тўпламнинг  $l$  – шохобчасида актив кувват оқими ва  $L_p$  тўпламнинг  $l$  –чи шохобчасида

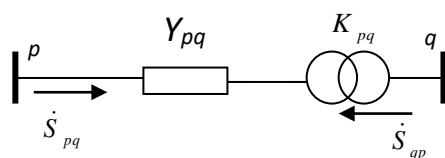
токнинг қиймати бўйича чегаравий шартлар бузилган ҳолатда киритилувчи жарима функциялари.

Функция экстремумини зарурий шартдан фойдаланиш асосида трансформаторларни трансформациялаш коэффициентлари бўйича электр тармоқларининг режимини оптималлаш.

Оптималлаш алгоритми ва тугунлар кучланиши каби бошқариладиган контурли трансформаторларни трансформациялашни оптимал коэффициентлар формуласини олиш учун бир неча ўзгарувчиларнинг мураккаб функцияси сингари  $\Phi$  нинг мақсадли функциясини дифференциаллаймиз ва қуйидагиларни оламиз:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dF}{dK'_{pq}} &= \frac{\partial F}{\partial K'_{pq}} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial P_j} \frac{dP_j}{dK'_{pq}} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial Q_j} \frac{dQ_j}{dK'_{pq}} \\ \frac{dF}{dK''_{pq}} &= \frac{\partial F}{\partial K''_{pq}} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial P_j} \frac{dP_j}{dK''_{pq}} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial Q_j} \frac{dQ_j}{dK''_{pq}} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

Бу ерда  $K'_{pq}$  ва  $K''_{pq}$  – контурли трансформаторни трансформациясини комплекс коэффициентини тегишлича бўйлама ва кўндаланг ташкил етувчиси;  $p - q$  – электр тармоғининг бир шахобчаси, бу ерда трансформаторлар мавжуд (2.1-расм).



2.1-расм. Бошқариладиган трансформаторни ушлаб турган электр тармоғи алмаштириш схемаси

(3) га  $\frac{\partial F}{\partial K'_{pq}}$ ,  $\frac{\partial F}{\partial K''_{pq}}$ ,  $\frac{dP}{dK'_{pq}}$ ,  $\frac{dP}{dK''_{pq}}$ ,  $\frac{dQ}{dK'_{pq}}$  ва  $\frac{dQ}{dK''_{pq}}$  нинг аналитик қийматларини қўйган ҳолда трансформация коэффициентлари бўйича  $\Phi$  чиқариш функциясининг ҳисоблаш формуласини олиш мумкин. Қуйидаги ушбу формула сўзсиз оптимизациялаш ҳолатлари учун чиқарилади, қайсики бунда мақсадли функция тармоқдаги актив қувватни жами йўқотилиши кўринишида акс этади (жарима ташкил етувчилар мавжуд эмас).

Актив қувватларни йўқотилиши тугунларнинг актив қувватларни алгебраик суммаси сифатида аниқланади:

$$\pi = \sum_{i=0}^n P_i, \quad (4)$$

Негаки  $i \neq p, q$  да  $\frac{\partial P_i}{\partial K_{pq}}$  ва  $\frac{\partial Q_i}{\partial K_{pq}}$  ҳоссалар нолга тенг экан, бундай ҳолда фақат  $p$  ва  $q$  тугунларининг қувватларини ҳисобга олиш етарлидир. Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан  $s_p$  ва  $s_q$  нинг қувватларини ушбу тугунлардан тарқалувчи шахобчалар бўйича актив қувватлар оқимининг алгебраик суммаси сифатида кўрсатишимиз мумкин:

$$P_p = \sum_{j \neq p}^n P_{pj} + P_{pq}^{(p)} = -g_{pp} U_p^2 + U_p \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq p, q}}^n U_j (g_{pj} \cos \delta_{pj} + b_{pj} \sin \delta_{pj}) - K'_{pq} U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} + b_{pq} \sin \delta_{pq}) - K''_{pq} U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} - b_{pq} \cos \delta_{pq}); \quad (5)$$

$$Q_p = \sum_{j \neq p}^n Q_{pj} + Q_{pq}^{(p)} = b_{pp} U_p^2 + U_p \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq p, q}}^n U_j (g_{pj} \sin \delta_{pj} - b_{pj} \cos \delta_{pj}) - K'_{pq} U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} - b_{pq} \cos \delta_{pq}) + K''_{pq} U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} + b_{pq} \sin \delta_{pq}); \quad (6)$$

$$P_q = \sum_{j \neq q}^n P_{qj} + P_{qp}^{(q)} = -g_{qq}^* U_q^2 + U_q \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq p, q}}^n U_j (g_{qj} \cos \delta_{qj} + b_{qj} \sin \delta_{qj}) + A_{pq}^2 U_q^2 g_{pq} - K'_{pq} U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{qp} + b_{pq} \sin \delta_{qp}) + K''_{pq} U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{qp} - b_{pq} \cos \delta_{qp}); \quad (7)$$

$$Q_q = \sum_{j \neq q}^n Q_{qj} + Q_{qp}^{(q)} = b_{qq}^* U_q^2 + U_q \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq p, q}}^n U_j (g_{qj} \sin \delta_{qj} - b_{qj} \cos \delta_{qj}) - A_{pq}^2 U_q^2 b_{pq} - K'_{pq} U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{qp} - b_{pq} \cos \delta_{qp}) - K''_{pq} U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{qp} + b_{pq} \sin \delta_{qp}). \quad (8)$$

Бу ерда  $y_{qq}^* = y_{qq} - y_{qp}$ .

(3) формуладаги  $\frac{\partial F}{\partial P_i}$ ,  $\frac{\partial F}{\partial Q_i}$  ҳосилаларни чизиқли алгебраик тенгламалар

системаси (ЧАТС) ни ечиш асосида топамиз.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial \delta_i} &= \sum_j \frac{\partial F}{\partial P_j} \frac{\partial P_j}{\partial \delta_i} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial Q_j} \frac{\partial Q_j}{\partial \delta_i} \\ \frac{\partial F}{\partial U_i} &= \sum_j \frac{\partial F}{\partial P_j} \frac{\partial P_j}{\partial U_i} + \sum_j \frac{\partial F}{\partial Q_j} \frac{\partial Q_j}{\partial U_i} \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$



Қолган ҳосилаларни (4) ва (5) тенгламаларни дифференциаллаш асосида аниқлаймиз. Бунда тўла ҳосилаларнинг қийматларини аниқлашни осонлаштириш учун уларнинг тахминий саналувчи хусусий ҳосилалари билан алмаштирамиз.

Юқоридагилар асосида қуйидагини оламиз:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\pi}{dK'_{pq}} &= \left( 1 + \frac{\partial\pi}{\partial P_p} \right) \frac{\partial P_p}{\partial K'_{pq}} + \left( 1 + \frac{\partial\pi}{\partial P_q} \right) \frac{\partial P_q}{\partial K'_{pq}} + \frac{\partial\pi}{\partial Q_p} \frac{\partial Q_p}{\partial K'_{pq}} + \frac{\partial\pi}{\partial Q_q} \frac{\partial Q_q}{\partial K'_{pq}} \\ \frac{d\pi}{dK''_{pq}} &= \left( 1 + \frac{\partial\pi}{\partial P_p} \right) \frac{\partial P_p}{\partial K''_{pq}} + \left( 1 + \frac{\partial\pi}{\partial P_q} \right) \frac{\partial P_q}{\partial K''_{pq}} + \frac{\partial\pi}{\partial Q_p} \frac{\partial Q_p}{\partial K''_{pq}} + \frac{\partial\pi}{\partial Q_q} \frac{\partial Q_q}{\partial K''_{pq}} \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

Бу ерда

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_p}{\partial K'_{pq}} &= -U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} + b_{pq} \sin \delta_{pq}); \\ \frac{\partial P_p}{\partial K''_{pq}} &= -U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} - b_{pq} \cos \delta_{pq}); \\ \frac{\partial Q_p}{\partial K'_{pq}} &= -U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} - b_{pq} \cos \delta_{pq}); \\ \frac{\partial Q_p}{\partial K''_{pq}} &= U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} + b_{pq} \sin \delta_{pq}); \\ \frac{\partial P_q}{\partial K'_{pq}} &= -U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} - b_{pq} \sin \delta_{pq}) + 2K'_{pq} U_q^2 g_{pq}; \\ \frac{\partial P_q}{\partial K''_{pq}} &= -U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} + b_{pq} \cos \delta_{pq}) + 2K''_{pq} U_q^2 g_{pq}; \\ \frac{\partial Q_q}{\partial K'_{pq}} &= U_p U_q (g_{pq} \sin \delta_{pq} + b_{pq} \cos \delta_{pq}) - 2K'_{pq} U_q^2 b_{pq}; \\ \frac{\partial Q_q}{\partial K''_{pq}} &= -U_p U_q (g_{pq} \cos \delta_{pq} - b_{pq} \sin \delta_{pq}) - 2K''_{pq} U_q^2 b_{pq}. \end{aligned} \quad (11)$$

(11) тенгламани оптималлик шартидан келиб чиққан ҳолда трансформатциянинг оптималлик коэффицентларини ҳисоблашни қуйидаги рекуррентли формулага келтириш мумкин:

$$K'_{pqon} = \frac{U_p \left[ \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_p} + \frac{\partial \pi}{\partial P_q} \right) g_{pq} \cos \delta_{pq} + \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_p} - \frac{\partial \pi}{\partial P_q} \right) b_{pq} \sin \delta_{pq} \right]}{2U_q \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_q} g_{pq} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} b_{pq} \right)} +$$

$$+ \frac{U_p \left[ \left( \frac{\partial \pi}{\partial Q_p} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} \right) g_{pq} \sin \delta_{pq} - \left( \frac{\partial \pi}{\partial Q_p} + \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} \right) b_{pq} \cos \delta_{pq} \right]}{2U_q \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_q} g_{pq} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} b_{pq} \right)}$$

$$K''_{pq} = \frac{U_p \left[ \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_p} + \frac{\partial \pi}{\partial P_q} \right) g_{pq} \sin \delta_{pq} - \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_p} - \frac{\partial \pi}{\partial P_q} \right) b_{pq} \cos \delta_{pq} \right]}{2U_q \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_q} g_{pq} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} b_{pq} \right)} -$$

$$- \frac{U_p \left[ \left( \frac{\partial \pi}{\partial Q_p} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} \right) g_{pq} \cos \delta_{pq} - \left( \frac{\partial \pi}{\partial Q_p} + \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} \right) b_{pq} \sin \delta_{pq} \right]}{2U_q \left( \frac{\partial \pi}{\partial P_q} g_{pq} - \frac{\partial \pi}{\partial Q_q} b_{pq} \right)}.$$

Улар оптимизация алгоритмлари қаторида тенг қўлланилади. Бунда (11) бўйича ҳисоб китобда кузатиладиган ҳисоблаш жараёнини тебранишини йўқотиш учун ҳар бир итерацияда аниқланган оптимал  $K'_{pq}$  нинг қиймати қуйидаги формула бўйича коррекцияланади:

$$\left. \begin{aligned} K'_{pq \text{ кор}}^{(k)} &= K'_{pq \text{ кор}}^{(k-1)} + \beta_1^{(k)} (K'_{pq}^{(k)} - K'_{pq \text{ кор}}^{(k-1)}) \\ K''_{pq \text{ кор}}^{(k)} &= K''_{pq \text{ кор}}^{(k-1)} + \beta_2^{(k)} (K''_{pq}^{(k)} - K''_{pq \text{ кор}}^{(k-1)}) \end{aligned} \right\},$$

Бу ерда  $\beta_1, \beta_2$  – демпфирлайдиган коэффициентлар;  $K'_{pq}^{(k)}, K''_{pq \text{ кор}}^{(k)}$  – трансформация коэффициентини  $k$  - яқинлашишда олинган ва тўғриланган қийматлари.

$h$  - кучайтирувчилар сингари демпфирлайдиган коэффициентларнинг бошланғич қиймати ҳисоблаш тажрибалари асосида оператор ёрдамида киритилади, кейинги итеретцияларда еса уларни қийматлари ма'лум бўлган алгоритмлар бўйича ўзгартирилади.

Шундай қилиб, контурли трансформаторларнинг трнсформация коэффициентлари бўйича оптималлаш алгоритми қуйидагилардан иборат:

6.  $\frac{\partial F}{\partial P_i}$  ва  $\frac{\partial F}{\partial Q_i}$  хусусий ҳосилалар (9) ЧАТС ечими асосида ҳисобланади.

7. (12) ва (13) бўйича  $K'_{pq\text{Oпт}}$  ва  $K''_{pq\text{Oпт}}$  ҳисобланган трансформаторларнинг оптимал коэффициентларининг ҳисоб – китоби бажарилади.
8. Ушбу яқинлашишда олинган  $K'_{pq\text{Oпт}}$  ва  $K''_{pq\text{Oпт}}$  ни ҳисобга олган ҳолда тугунли ва ўзининг ўтказувчанлик матричасини тегишли элементларини қайта ҳисоблаш бажарилади.
9. Электр тармоғининг ўрнатилган режимини ҳисоблаш бажарилади.
10. Оптималлаш жараёнида ўтиш шартларини бажарилиши текширилади. Шарт бажарилган тақдирда ҳисоб – китоблар тўхтатилади ва охириги итерация натижалари оптимал ҳисобланади. Акс ҳолда трансформаторнинг янги трансформация коэффициенти билан ҳисоб – китоблар қайтарилади.

### **Назорат саволлари**

1. Ёпиқ занжирли электр тармоқда қувват оқимининг табиий тақсимланиши қандай аниқланади?
2. Ёпиқ занжирли электр тармоқда қувват оқимининг иқтисодий тақсимланиши қандай аниқланади?
3. Бир жинсли ёпиқ электр тармоғини таърифланг.
4. Бир жинсли бўлмаган ёпиқ занжирли тармоқда актив исрофни камайтириш усулларини тушунтиринг?
5. Контурга кирувчи трансформаторларнинг трансформациялаш коэффициентини оптималлаш қандай мезон бўйича амалга оширилади?
6. Трансформациялаш коэффициентини градиент усулида оптималлашда функционал чегаравий шартлар қандай ҳисобга олинади

## Фойдаланилган адабиётлар

1. Насиров Т.Х., Гайилов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: «Fan va texnologiya», 2014, 184 с.
2. Гайилов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. – Т.: Изд. ТашГТУ, 2014, 188 с.
3. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/Под общ. ред. Ю.Н.Руденко и В.А.Семенова. –М.: Издательство МЭИ, 2000.
4. Фазылов Х.Ф., Насыров Т.Х. Установившиеся режимы электроэнергетических систем и их оптимизация. – Т.: Молия, 2000.
5. P S R Murty. Operation and Control In Power Systems/ B S Publications. Hyderabad. 2008.
6. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. JanezaTrdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
7. Frank Kreith D.Yogi Goswami.Energy management and conservation handbook. © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC. CRC Press imprint of Taylor & Francis Group, anInforma business.
8. Zoran Morvaj. Energy efficiency –a bridge tolow carbon economy. Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2012 InTech
9. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.

## IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

### 1- амалий машғулот. Электр тармоқларидаги исрофлар ва уларни ҳисоблаш (2 соат)

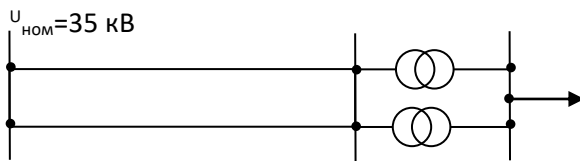
**Ишдан мақсад:** электр тармоқларидаги техник исрофларнинг ташкил этувчилари, улар боғлиқ бўлган асосий параметрлар ва уларни ҳисоблаш усулларини ўрганиш.

#### Масала ечиш намуналари

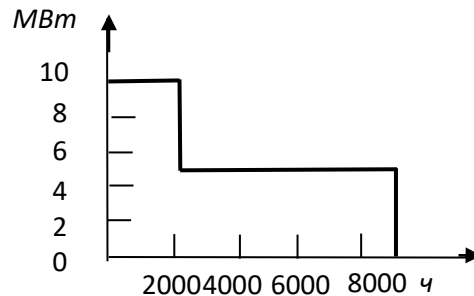
##### 1- масала.

Схемаси 1-расмда келтирилган 35 кВ кучланишли электр узатмада йиллик энергия исрофини берилган юклама графиги (2-расм) ва максимал исрофлар вақти  $\tau$  бўйича ҳисоблаш талаб этилади.

Электр узатиш линиясининг узунлиги 15 км, солиштира параметрлари  $r_0=0,28$  Ом/км,  $x_0=0,43$  Ом/км. Ҳар бир трансформаторнинг номинал қуввати 6300 кВ·А ( $\Delta P_c=9,2$  кВт,  $\Delta P_k=46,5$  кВт).  $\cos\varphi=0,9$ .



1-расм



2-расм

**Ечиш:** Юклама максимал бўлган ҳолатдаги қувватлар исрофини ҳисоблаймиз:

$$\Delta P_T = 0,5 \cdot \Delta P_x \cdot \left( \frac{P_{\text{макс}}}{S_{\text{ном}} \cos \varphi} \right)^2 + 2 \cdot \Delta P_x = 0,5 \cdot 46,5 \cdot \left( \frac{10}{6,3 \cdot 0,9} \right)^2 + 2 \cdot 9,2 = 72,17 + 18,4 = 90,57 \text{ кВт} ;$$

$$\Delta P_L = \frac{S_{\text{макс}}^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot r_L = \frac{\left( \frac{10}{0,9} \right)^2}{35^2} \cdot \frac{0,28 \cdot 15}{2} \cdot 10^3 = 211 \text{ кВт} ;$$

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_T + \Delta P_L = 90,57 + 211 = 301,57 \text{ кВт} ;$$

$$\Delta P_{\Sigma}^* = \frac{\Delta P_{\Sigma}}{P_H} = \frac{301,57 \cdot 100}{10000} = 3\%.$$

Бу ерда  $\Delta P_T, \Delta P_L$  - трансформаторлар ва линиялардаги актив қувват исрофлари;

$\Delta P_{\Sigma}, \Delta P_{\Sigma}^*$  - электр тармоқдаги ҳақиқий ва фоиз бирлигидаги умумий актив қувват

исрофи.

1) Йиллик энергия исрофини юклама графиги бўйича аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} \Delta W &= (72,17 + 211) \cdot 2000 + 0,5^2 (72,17 + 211) \cdot 6760 + 18,4 \cdot 8760 = \\ &= 1200 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{соат}. \end{aligned}$$

Йил давомида истеъмолчига узатилувчи энергия:

$$W = 10 \cdot 2000 + 5 \cdot 6760 = 53,8 \cdot 10^3 \text{ МВт} \cdot \text{соат}.$$

Йиллик энергия исрофининг узатилувчи энергияга нисбатини аниқлаймиз:

$$\Delta W^* = \frac{1200 \cdot 10^3 \cdot 100}{53800 \cdot 10^3} = 2,23\%.$$

Шундай қилиб, ушбу ҳолатда энергия исрофи узатилувчи энергияга нисбатан 2,23% ни ташкил этади.

2) Йиллик энергия исрофини максимал исрофлар вақти  $\tau$  бўйича аниқлаймиз. Бунда  $\tau$  нинг қийматини соддалаштирилган формула бўйича топа-  
Миз:

$$T_{\text{макс}} = \frac{W}{P_{\text{макс}}} = \frac{53,8 \cdot 10^3}{10} = 5380 \text{ соат} ;$$

$$\tau = \left( 0,124 + \frac{T_{\text{макс}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left( 0,124 + \frac{5380}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 3840 \text{ соат} ;$$

$$\Delta W = (72,17 + 211) 3840 + 18,4 \cdot 8760 = 1248 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{соат} ;$$

$$\Delta W^* = \frac{1248 \cdot 10^3 \cdot 100}{53800 \cdot 10^3} = 2,32\%.$$

3)  $\tau$  нинг қийматини типик эгри чизиклар бўйича ҳам топиш мумкин. Биз кўриб чиқаётган – максимал юкламадан фойдаланиш вақти  $T_{\max}=5380 \text{ соат}$  ва  $\cos\varphi=0,9$  бўлган ҳолат учун ушбу эгри чизиклар бўйича  $\tau=3650 \text{ соат}$  эканлигини аниқлаймиз (қўлланмадан). У ҳолда йиллик энергия исрофи қуйидаги миқдорни ташкил этади:

$$\Delta W=(72,17+211)*3650+18,4\cdot 8760=1195\cdot 10^3 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

$$\Delta W^* = \frac{1195 \cdot 10^3 \cdot 100}{53800 \cdot 10^3} = 2,22 \%$$

**2-масала.** Пасайтирувчи подстанцияда иккита ТДТН-40000/110 типдаги уч чулҳамли трансформаторлар параллел ҳолда қўрилган (3-расм).

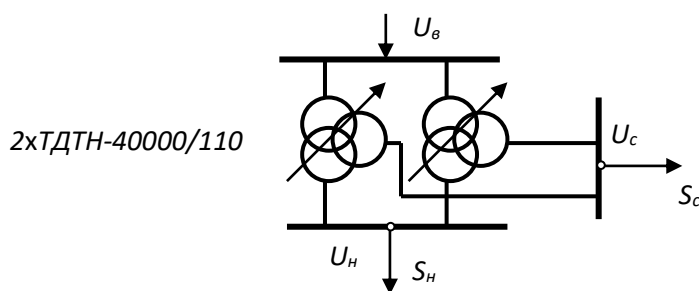
Максимал ва минимал юклама ҳолатларида подстанциянинг қўрта ва қуйи томонларидаги юкламалар қуйидагича:

$$\dot{S}_{с.макс} = 25 + j10 \text{ МВА} ; \quad \dot{S}_{н.макс} = 15 + j8 \text{ МВА} ; \quad \dot{S}_{с.мин} = 14 + j7 \text{ МВА} ; \quad \dot{S}_{н.мин} = 10 + j6 \text{ МВА}$$

110 кВ кучланишли тармоқнинг максимал ва минимал юклама ҳолатларини ҳисоблаш натижасида подстанциянинг юқори томонида қуйидаги кучланишлар аниқланган:  $U_{в.макс}=112 \text{ кВ}$ ;  $U_{в.мин}=114 \text{ кВ}$ .

Подстанциянинг қўрта ва қуйи томонидаги истеъмолчилар учун максимал юкламадан фойдаланиш вақтлари мос равишда  $T_{у,макс}=5800 \text{ соат}$  ва  $T_{к,макс}=4500 \text{ соат}$  ни ташкил этади.

Ушбу подстанцияда йиллик электр энергия исрофини топиш талаб этилади.

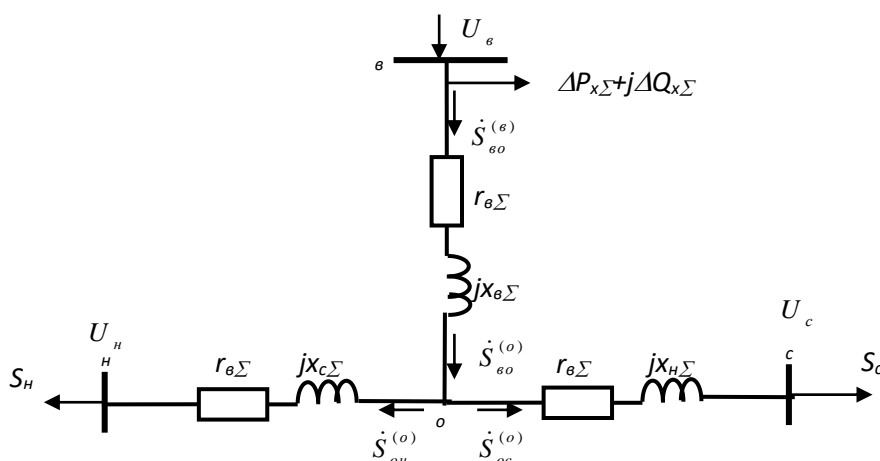


3-расм

**Ечиш.** Трансформаторнинг каталог параметрлари бўйича эквивалент ал-маштириш схемасининг ҳисоб параметрларини аниқламиз (4-расм).

$$\Delta P_{x\Sigma}=0,1 \text{ MBm}, \quad \Delta Q_{x\Sigma}=0,72 \text{ MBAP};$$

$$r_{\theta\Sigma}=r_{c\Sigma}=r_{H\Sigma}=0,47 \text{ Ом}; \quad x_{\theta\Sigma}=17,7 \text{ Ом}; \quad x_{c\Sigma}=0; \quad x_{H\Sigma}=10,3 \text{ Ом}.$$



4-расм

Максимал юклама ҳолатида трансформаторларнинг қуйи, ёрта ва юқори чулҳамларидаги қуйидаги исрофларни топамиз:

$$\Delta P_{к,макс}=0,011 \text{ MBm}, \quad \Delta P_{y,макс}=0,028 \text{ MBm}, \quad \Delta P_{ю,макс}=0,075 \text{ MBm}.$$

Қўрилатган масалада истеъмолчилар учун максимал юкламадан фойдаланиш вақти берилганлиги сабабли йиллик энергия исрофини максимал исрофлар вақтидан фойдаланиб ҳисоблаймиз.

Юқори кучланиш чулҳами учун максимал юкламадан фойдаланиш вақтининг қуйидаги формула бўйича ҳисобланувчи қийматидан фойдаланамиз:

$$T_{ю,макс} = \frac{P_{y,макс} T_{y,макс} + P_{к,макс} T_{к,макс}}{P_{y,макс} + P_{к,макс}} = \frac{25 \cdot 5800 + 15 \cdot 4500}{25 + 15} = 5312,5 \text{ соат} .$$

Юқори, ёрта ва қуйи чулҳамлар учун максимал исрофлар вақтини ҳисоблаймиз:

$$\tau_{ю} = \left( 0,124 + \frac{T_{ю,макс}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left( 0,124 + \frac{5312,5}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 3761 \text{ соат} ,$$

$$\tau_{y} = \left( 0,124 + \frac{T_{y,макс}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left( 0,124 + \frac{5800}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 4312 \text{ соат} ,$$

$$\tau_{к} = \left( 0,124 + \frac{T_{к,макс}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left( 0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2886 \text{ соат} .$$

Подстанцияда йиллик энергия исрофи ва унинг йил давомида узатилувчи энергияга нисбати:



$$\begin{aligned} \Delta W &= 8760 \Delta P_c + \Delta P_{\text{ю.макс}} \tau_{\text{ю}} + \Delta P_{\text{у.макс}} \tau_{\text{у}} + \Delta P_{\text{к.макс}} \tau_{\text{к}} = \\ &= 8760 \cdot 0,1 + 0,075 \cdot 3761 + 0,028 \cdot 4312 + 0,011 \cdot 2886 = 1310,56 \text{ MВт} \cdot \text{соат} = \\ &= 1310560 \text{ кВт} \cdot \text{соат}, \end{aligned}$$

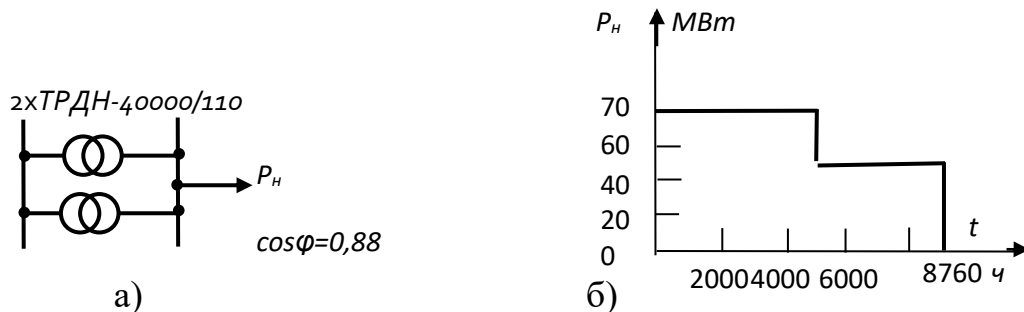
$$\Delta W^* = \frac{1310560 \cdot 100}{(25 \cdot 5800 + 15 \cdot 4500) \cdot 10^3} = 0,62 \%$$

### Мустақил ечиш учун масала

**3-масала.** Подстанцияда иккита ТРДН-40000/110 типдаги трансформаторлар параллел ҳолда ишлаб (5,а-расм), давомийлик бўйича йиллик юклама графиги 5,б-расмда тасвирланган истеъмолчини таъминлайди.

Трансформаторларда исроф бўлувчи йиллик энергия исрофи ва максимал исрофлар вақтини топинг.

Трансформаторнинг каталог параметрлари қўлланма жадвалдан олинсин.

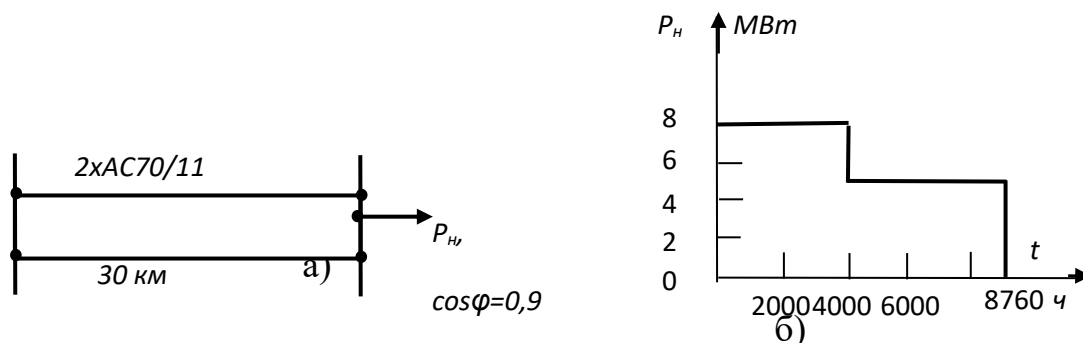


5-расм

**4- масала.** АС70/11 маркали фтказгичдан тайёрланган 30 км узунликдаги 35 кВ номинал кучланишли икки занжирли линиядан таъминланувчи истеъмолчининг (6,а-расм) давомийлик бўйича йиллик юклама графиги 6,б-расмда келтирилган.

Истеъмолчининг максимал юкламадан фойдаланиш вақти, линияда йиллик энергия исрофи ва максимал исрофлар вақтини топинг.

Линиянинг 1 км узунлиги учун ҳисоб параметрлари қўлланма жадвалдан олинсин.



6-расм

### Фойдаланилган адабиётлар:

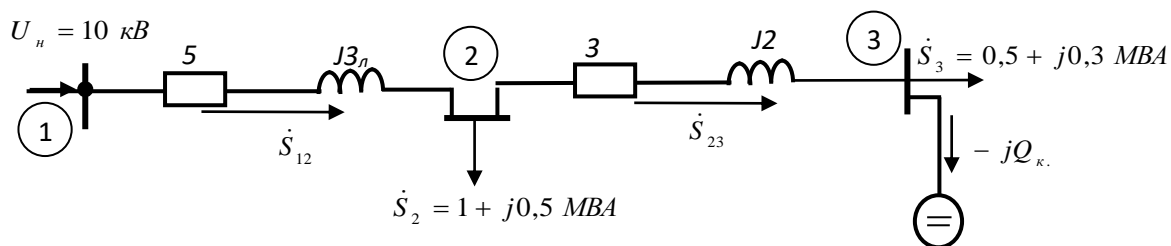
1. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. - М.: ЭНАС, 2009. - 456 с.
2. Железко Ю. С., Артемьев А. В., Савченко О. В. Расчёт, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. - М.: НЦ ЭНАС, 2005.-280 с.
3. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. JanezaTrdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
4. Frank Kreith D.Yogi Goswami.Energy management and conservation handbook. © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC. CRCP ressisan imprint of Taylor & Francis Group, anInforma business.

### 2-амалий машғулот. Электр тармоқларидаги исрофларни реактив қувватни компенсациялаш орқали камайтириш. (2 соат)

*Ишдан мақсад:* Электр тармоқларида исрофларни реактив қувватни компенсациялаш орқали камайтириш масаласининг қўйилиши, уни ечиш усуллари ва оптимал реактив қувватни ҳисоблаш алгоритмларини ўрганиш.

#### Масаланинг қўйилиши:

Схемаси 1-расмда келтирилган очик электр тармоқнинг чекка пунктидаги истеъмолчисида уланувчи реактив қувват компенсаторнинг тармоқдаги исрофнинг минимал бўлишини таъминловчи оптимал қувватини топиш талаб этилади.



1- расм

### Масалани ечиш:

1-2 ва 2-3 шохобчалардаги қувватлар оқимларини 2- ва 3- тугунлар учун Кирхгофнинг биринчи қонунидан фойдаланиб ифодалаймиз:

$$\dot{S}_{12} = 1,5 + j(0,8 - Q_k),$$

$$\dot{S}_{23} = 0,5 + j(0,3 - Q_k).$$

Электр тармоқдаги актив қувват исрофини компенсаторнинг номаълум қуввати орқали ифодалаймиз:

$$\Delta P = \frac{P_{12}^2 + Q_{12}^2}{U_n^2} \cdot r_{12} + \frac{P_{23}^2 + Q_{23}^2}{U_n^2} \cdot r_{23} = \frac{1,5^2 + (0,8 - Q_k)^2}{10^2} \cdot 5 + \frac{0,5^2 + (0,3 - Q_k)^2}{10^2} \cdot 3.$$

Компенсаторнинг оптимал реактив қувватини актив қувват исрофи функцияси минимумлигининг зарурий шартидан фойдаланиб топамиз:

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_k} = -\frac{2(0,8 - Q_k)}{100} \cdot 5 - \frac{2(0,3 - Q_k)}{100} \cdot 3 = 0,$$

$$Q_{k, \text{opt}} = \frac{0,08 + 0,018}{0,1 + 0,06} = 0,612 \text{ МВАР} = 612 \text{ кВАР}.$$

Реактив қувватни компенсациялашдан олинувчи самарани баҳолаш учун дастлабки ва компенсаторни улашдан кейинги ҳолатлардаги актив қувват исрофларини солиштирамиз.

Дастлабки тармоқ учун:

$$\Delta P = \frac{1,5^2 + 0,8^2}{10^2} \cdot 5 + \frac{0,5^2 + 0,3^2}{10^2} \cdot 3 = 0,155 \text{ МВт};$$

Реактив қуввати компенсацияланган тармоқ учун:

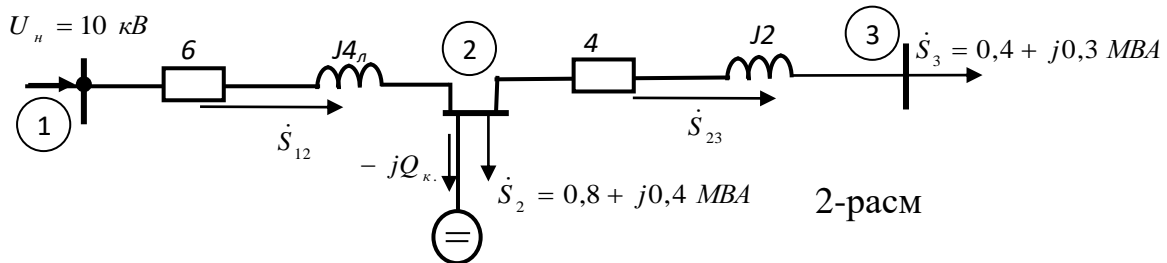
$$\Delta P_s = \frac{1,5^2 + (0,8 - 0,612)^2}{10^2} \cdot 5 + \frac{0,5^2 + (0,3 - 0,612)^2}{10^2} \cdot 3 = 0,117 \text{ МВт}.$$

Шундай қилиб, тармоқ охирида реактив қувватни оптимал компенсациялаш натижасида ундаги исроф

$$\Delta \Delta P = \Delta P - \Delta P_s = 0,155 - 0,117 = 0,038 \text{ МВт} = 38 \text{ кВт га, яъни } 24,5\% \text{ га камаяди}.$$

## Мустақил ечиш учун масала

Схемаси 2-расмда келтирилган электр тармоқда компенсаторнинг реактив қувватини исрофни минимал бўлиш шарти бўйича аниқланг.



## Фойдаланилган адабиётлар

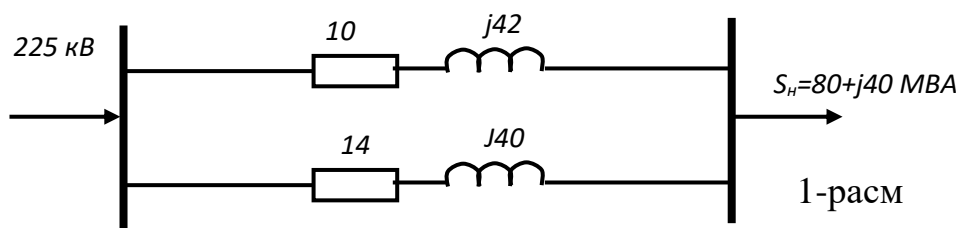
1. Насиров Т.Х., Гайибов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: «Fan va texnologiya», 2014, 184 с.
2. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. – Т.: Изд. ТашГТУ, 2014, 188 с.
3. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/Под общ. ред. Ю.Н.Руденко и В.А.Семенова. –М.: Издательство МЭИ, 2000.
4. John r. Fanchi. Energy in the 21st century. (2nd edition) Texas Christian University, USA. With christoper j. Fanchi. Copyright © 2011 by world scientific publishing co. Pte. Ltd.
5. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.

### 3-амалий машғулот. Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларни камайтириш усуллари. (2 соат)

**Ишдан мақсад:** Ёпиқ занжирли электр тармоқларида исрофларнинг қувватларнинг тақсимланишига боғлиқ эканлигини ўрганиш; қувватнинг табиий ва иқтисодий тақсимланишларни аниқлаш; қувватнинг иқтисодий тақсимланишини таъминлаш; трансформаторларнинг оптимал трансформациялаш коэффициентларини аниқлаш усул ва алгоритмларини ўрганиш.

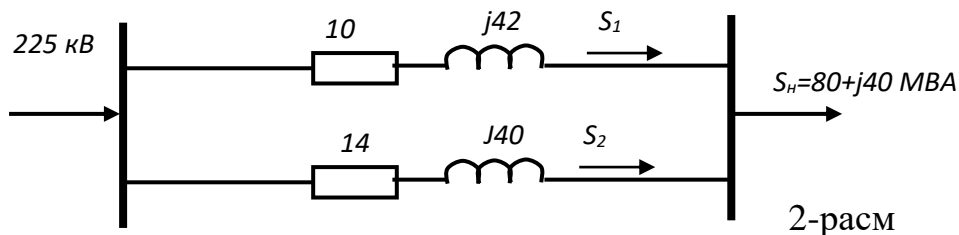
#### Масаланинг қўйилиши.

Схемаси 8.4-расмда келтирилган ёпиқ электр тармоқда қувватлар оқимининг табиий ва иқтисодий тақсимланишини ҳисобланг. Тармоқнинг минимал исрофлар билан ишлаш ҳолатини контурни очиш орқали таъминланг.



**Ечиш.** Тармоқнинг шоҳобчаларида қувват оқимининг тақсимланишини Кирхгофнинг биринчи ва иккинчи қонунларидан фойдаланиб топамиз.

Табиий тақсимланишни ва бу ҳолатдаги актив қувват исрофини ҳисоблаймиз (2-расм):



$$\dot{S}_1 = \frac{\hat{Z}_2}{\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2} \cdot \dot{S}_H = \frac{14 - j40}{10 - j42 + 14 - j40} \cdot (80 + j40) = 38,6 + j21,86 \text{ MVA},$$

$$\dot{S}_2 = \frac{\hat{Z}_1}{\hat{Z}_1 + \hat{Z}_2} \cdot \dot{S}_H = \frac{10 - j42}{10 - j42 + 14 - j40} \cdot (80 + j40) = 41,4 + j18,14 \text{ MVA},$$

$$\Delta P = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_n^2} \cdot r_1 + \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_n^2} \cdot r_2 = \frac{38,6^2 + 21,86^2}{220^2} \cdot 10 + \frac{41,6^2 + 18,14^2}{220^2} \cdot 14 = 1,007 \text{ MBm.}$$

Иқтисодий тақсимланишни ва бу ҳолатдаги актив қувват исрофини ҳисоблаймиз:

$$\dot{S}_{1_3} = \frac{r_2}{r_1 + r_2} \cdot \dot{S}_n = \frac{14}{24} \cdot (80 + j40) = 46,67 + j23,33 \text{ MVA,}$$

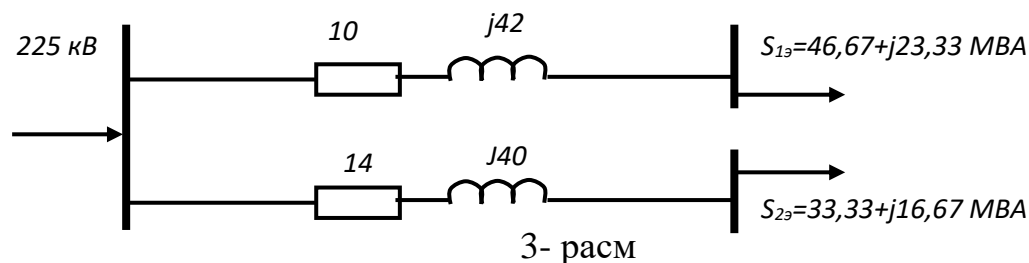
$$\dot{S}_{2_3} = \frac{r_1}{r_1 + r_2} \cdot \dot{S}_n = \frac{10}{24} \cdot (80 + j40) = 33,33 + j16,67 \text{ MVA,}$$

$$\Delta P_3 = \frac{P_{1_3}^2 + Q_{1_3}^2}{U_n^2} \cdot r_1 + \frac{P_{2_3}^2 + Q_{2_3}^2}{U_n^2} \cdot r_2 = \frac{46,67^2 + 23,33^2}{220^2} \cdot 10 + \frac{33,33^2 + 16,67^2}{220^2} \cdot 14 = 0,962 \text{ MBm.}$$

Шундай қилиб, ушбу электр тармоғида қувват оқимининг иқтисодий тақсимланиши натижасида актив қувват исрофи

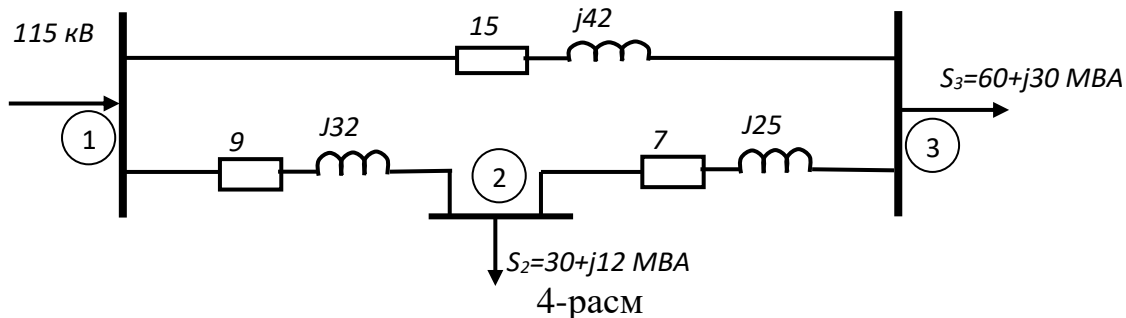
$$\Delta \Delta P = \Delta P - \Delta P_3 = 1,007 - 0,962 = 0,045 \text{ MBm} \text{ га, яъни } 4,5\% \text{ га камаяди.}$$

Ушбу иқтисодий ҳолатни таъминлаш учун контурни юклама тугунида 3-расмда тасвирланган кўринишда очимиз.



### Мустақил ечиш учун масала

Схемаси 4-расмда келтирилган ёпиқ электр тармоқда қувватлар оқимининг табиий ва иқтисодий тақсимланишини ҳисобланг. Тармоқнинг минимал исрофлар билан ишлаш ҳолатини контурни очиш орқали таъминланг.



## Фойдаланилган адабиётлар

1. Насиров Т.Х., Гайибов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: «Fan va texnologiya», 2014, 184 с.
2. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. – Т.: Изд. ТашГТУ, 2014, 188 с.
3. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/Под общ. ред. Ю.Н.Руденко и В.А.Семенова. –М.: Издательство МЭИ, 2000.
4. John r. Fanchi. Energy in the 21st century. (2nd edition) Texas Christian University, USA. With christoper j. Fanchi. Copyright © 2011 by world scientific publishing co. Pte. Ltd.

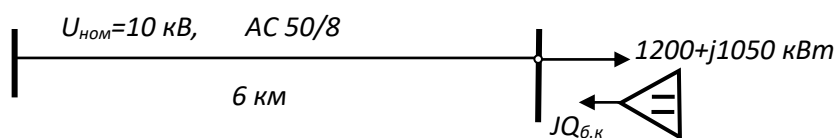
### 4-амалий машғулот. Электр тармоқларида исрофларни камайтиришда кучланиш бўйича чегаравий шартларни ҳисобга олиш.(4 соат)

*Ишдан мақсад:* Электр тармоқларида кучланишларнинг реактив қувватга боғлиқлигини таҳлил қилиш, исрофларни камайтиришда реактив қувватни кучланишлар бўйича чегаравий шартларни ҳисобга олиб компенсациялаш усуллари ва оптимал реактив қувватни ҳисоблаш алгоритмларини ўрганиш.

#### 1- масала.

Бош пасайтирувчи подстанциядан 5 км масофада жойлашган подстанция АС 50/8 маркали фтказгичдан тайёрланган ёқоч таянчлардаги ҳаво линияси орқали таъминланади. фтказгичлар томони 1750 мм бўлган тенг томонли учбурчакнинг учларида жойлашган. Линиядан узатилувчи қувват  $1200+j1050 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  (1-расм).

Линияда кучланиш исрофини 5% гача камайтириш учун юкламага параллел ҳолда уланиши лозим бўлган конденсаторлар батареясининг қувватини топинг.



1-расм

### Ечиш.

Қўлланма жадвалдан  $АС 50/8$  маркали ётказгичдан тайёрланиб, фаза ётказгичлари орасидаги ўртача геометрик масофа  $D_{\text{ўр}}=1750$  мм бўлган  $10$  кВ кучланишли линиянинг солиштирма қаршиликларини аниқлаймиз:

$$r_0 = 0,603 \text{ Ом / км}; x_0 = 0,388 \text{ Ом / км}.$$

1. Линияда кучланиш исрофининг конденсаторлар батареясини ўрнатишдан олдинги қиймати:

$$\Delta U = \frac{Pr_l + Qx_l}{U_{\text{ном}}} = \frac{1200 \cdot 0,603 \cdot 5 + 1050 \cdot 0,388 \cdot 5}{10} = 565,5 \text{ В} > \Delta U_{\text{дон}} = 500 \text{ В},$$

2. Конденсаторлар батареясини ўрнатиш натижасида линиядаги кучланиш исрофи  $\Delta U_{\text{рух}}=500$  В ни ташкил этиши лозим. Демак,

$$\Delta U = \frac{Pr_l + (Q - Q_{\text{б.к}})x_l}{U} = \Delta U_{\text{рух}},$$

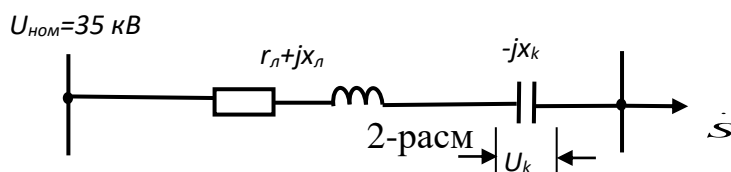
Бу муносабатдан конденсаторлар батареясининг қувватини топамиз:

$$Q_{\text{б.к}} = \frac{U(\Delta U - \Delta U_{\text{дон}})}{x_l} = \frac{(565,5 - 500) \cdot 10}{5 \cdot 0,388} = 337,6 \text{ кВАР}.$$

Номинал қуввати  $400$  кВАР бўлган конденсаторлар батареясини танлаймиз.

**2-масала.** Пасайтирувчи подстанция таъминлаш маркази билан узунлиги  $20$  км бўлган  $35$  кВ кучланишли  $АС 95/15$  маркали ётказгичдан тайёрланган бир занжирли линия орқали боғланган. Подстанциянинг ҳисобий максимал юкламаси  $S_2=12+6$  МВ·А. Истеъмолчиларнинг ишлаш шартлари бўйича бу юкламада линиядаги кучланиш исрофи  $7\%$  дан ортиқ бўлмаслиги шарт. Кучланиш исрофини камайтириш учун линиянинг ҳар бир фазасига кетма-кет тарзда  $40$  квар қувватли  $0,66$  кВ кучланишли бир фазали стандарт конденсаторлардан ( $КС2А-0,66-40$ ) иборат бўлган конденсаторлар батареясини улаш кўзда тутилган (2-расм).

Конденсаторлар батареясида талаб этилган конденсаторлар сони, батареянинг номинал кучланиши ва ўрнатилган қувватини аниқланг.





**Ечиш.** Кўрилаётган ҳаво линияси алмаштириш схемасининг солиштирма ва ҳисоб параметрларини аниқлаймиз:

$$r_0=0,314 \text{ Ом/км}; \quad r_l=r_0l=0,314 \cdot 20=6,28 \text{ Ом};$$

$$x_0=0,42 \text{ Ом/км}; \quad x_l=x_0l=0,42 \cdot 20=8,4 \text{ Ом}.$$

Конденсаторларсиз линиядаги кучланиш исрофини топамиз:

$$\Delta U = \frac{P \cdot r_l + Q \cdot x_l}{U_{ном}} = \frac{12 \cdot 6,28 + 6 \cdot 8,4}{35} = \frac{125,76}{35} = 3,6 \text{ кВ}.$$

Масаланинг шарти бўйича рухсат этилган кучланиш исрофи:

$$\Delta U_{рух} = \frac{7}{100} \cdot 35 = 2,35 \text{ кВ}.$$

Линияда кучланиш исрофини 2,35 кВ гача камайтирувчи конденсаторларнинг қаршилигини қуйидаги тенгламадан топамиз:

$$2,35 = \frac{12 \cdot 6,28 + 6 \cdot (8,4 - x_k)}{35},$$

$$x_k=7,22 \text{ Ом}.$$

Берилган ҳисобий юкламада линия токи:

$$I_l = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{\sqrt{12^2 + 6^2}}{\sqrt{3} \cdot 35} \cdot 10^3 = 221 \text{ А}.$$

КС2А-0,66-40 типдаги конденсаторнинг номинал токи

$$I_{к.ном} = \frac{S_{к.ном}}{U_{к.ном}} = \frac{40000}{660} = 60,6 \text{ А},$$

Бундан ҳар бир фазада параллел ҳолда уланувчи конденсаторли шохобчаларнинг сони  $m=221/60,6=3,6$  дан катта бўлиши лозимлиги келиб чиқади.

Демак, уларнинг сонини 4 та қабул қиламиз.

КС2А-0,66-40 типдаги конденсаторнинг қаршилигини аниқлаймиз:

$$x_{к.ном} = \frac{U_{к.ном}}{I_{к.ном}} = \frac{660}{60,6} = 10,9 \text{ Ом}.$$

Ҳар бир конденсаторли шохобчада кетма-кет уланувчи конденсаторлар сони  $n$  ни шохобчалар сони ва битта конденсаторнинг қаршилиги бўйича топамиз:

$$\frac{10,9n}{4} = 7,22, \quad \text{демак} \quad n = \frac{4 \cdot 7,22}{10,9} = 2,6.$$

$n=3$  та этиб танлаймиз.

Шундай қилиб, линиянинг учта фазасидаги конденсаторларнинг умумий сони

$$n_{\Sigma}=3 \cdot 4 \cdot 3=36 \text{ та};$$

конденсаторлар батареясининг ўрнатилган қуввати

$$Q_{б.к.ном}=36 \cdot 40 \cdot 10^{-3}=1,44 \text{ МВАР};$$

конденсаторлар батареясининг номинал кучланиши

$$U_{б.к.ном}=0,66 \cdot 3=1,98 \text{ кВ};$$

конденсаторлар батареясининг номинал токи

$$I_{б.к.ном}=60,6 \cdot 4=242,4 \text{ А}.$$

Конденсаторлар батареясининг умумий қаршилиги:

$$x_k=(10,9 \cdot 3)/4=8,175 \text{ Ом}.$$

Бунда линиядаги кучланиш исрофи

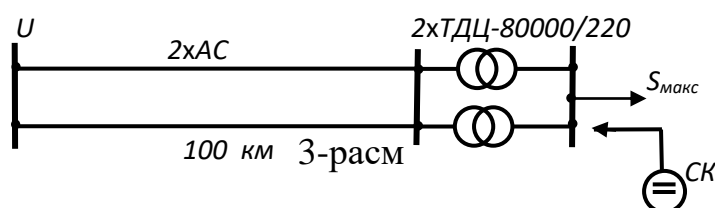
$$\Delta U = \frac{12 \cdot 6,28 + 6 \cdot (8,4 - 8,175)}{35} = 2,19 \text{ кВ},$$

бўлиб, у максимал рухсат этилган қийматдан кичикдир.

### Мустақил ечиш учун масалалар

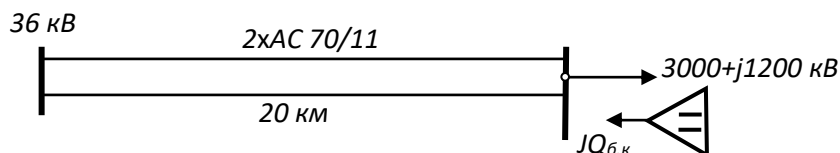
**3- масала.** Кучланишни пасайтирувчи подстанция АС300/39 маркали фазгадан тайёрланган 220 кВ кучланишли 100 км узунликдаги икки занжирли линия орқали таъминланади (3-расм). Подстанцияда иккита ТДЦ-80000/220 типдаги икки чулҳамли трансформаторлар параллел ишлайди. Улар ростлаш диапазони  $\pm 2 \times 2,5\%$  бўлган ҚАУ қурилмаси эга. Линия бошланишидаги таъминловчи подстанция шинасидаги кучланишлар максимал ва минимал юклама ҳолатларида  $U_{\max}=222 \text{ кВ}$  ва  $U_{\min}=224 \text{ кВ}$ . Подстанциядаги максимал ва минимал юкламалар қуйидагича:  $S_{\max}=90+j40 \text{ МВА}$  ва  $S_{\min}=50+j20 \text{ МВА}$ .

Подстанциянинг қуйи томонида кучланишни қарама-қарши ростлашни таъминловчи синхрон компенсаторнинг минимал қувватини аниқланг.



**4-масала.** Кучланишни пасайтирувчи асосий подстанциядан 40 км масофада жойлашган постанция АС70/11 маркали ётказгичдан тайёрланган 35 кВ кучланишли икки занжирли ҳаво линияси орқали таъминланади. Линия орқали истеъмолчига узатилувчи қувват  $3200+j1700$  кВ·А ( 4-расм).

Агар таъминлаш пунктидаги кучланиш 36 кВ бўлса, у ҳолда истеъмолчи пунктида 35 кВ кучланишни таъминлаш учун юкламага параллел тарзда уланиши лозим бўлган конденсатор батареясининг қувватини аниқланг.



4-расм

### Фойдаланилган адабиётлар

1. 1. G‘oyibov T.SH. Elektr tarmoqlari va tizimlari/O‘quv qo‘llanma. – T.: «Vorishashriyot». 2010. 160 b.
2. G‘oyibov T.SH. Elektr tarmoqlari va tizimlari. Misol va masalalar to‘plami./O‘quv qo‘llanma. – T.: ToshDTU, 2006.
3. Насиров Т.Х., Гайибов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: «Fan va texnologiya», 2014, 184 с.
4. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. – Т.: Изд. ТашГТУ, 2014, 188 с.
5. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/Под общ. ред. Ю.Н.Руденко и В.А.Семенова. –М.: Издательство МЭИ, 2000.
6. John r. Fanchi. Energy in the 21st century. (2nd edition) Texas Christian University, USA. With christoper j. Fanchi. Copyright © 2011 by world scientific publishing co. Pte. Ltd.

## V.ГЛОССАРИЙ

Availability	A condition in which a machine is ready to perform the duty for which it is intended.	<b>Мавжудлиги</b> - бир машина учун мўлжалланган бурчини бажариш учун тайёр бўлган бир ҳолати.
Balancing	Controlling electricity production so that it fully matches electricity demand.	<b>Мувозанат</b> - бу тўлиқ электр талабни ва электр ишлаб чиқаришни назорат қилиш.
Base load	A constant demand level for electric energy that is present during a prolonged time period.	<b>Асосий юклама</b> - узоқ вақт давомида мавжуд электр энергияси учун доимий талаб даражасида болган.
Coefficient of performance	The ratio of the amount of heat or cold produced by a heat pump and the amount of energy needed to drive the heat pump.	<b>Бажариш коэффитсиенти</b> - бир иссиқлик насоси ва иссиқлик насос ҳайдовчи учун зарур бўлган энергия миқдори томонидан ишлаб чиқарилган иссиқлик ёки совуқ миқдори нисбати.
Cogeneration	An effective method to utilize the heat released during the production of electric energy for process heating, space heating or cooling.	<b>Генерасия</b> - жараён иситиш ёки совутиш учун электр энергиясини ишлаб чиқариш давомида озод иссиқлик фойдаланиш учун самарали усул.
Common cause fault	A fault in a process that negatively affects the whole process.	<b>Сабаб айби</b> - салбий бутун жараёнини таъсир жараёнида бир айби.
Common mode fault	A fault in a process that affects only one unit in a process with	<b>Умумий тартиб айби</b> - бошқаларга таъсир ҳолда па-

	several identical units in parallel without affecting the others.	раллел бир неча хил бирликлари билан бир жараёнда фақат битта бирлигидан таъсир жараёнида бир айби.
Demand management	A method to decrease electricity demand by switching of part of electricity consumption.	<b>Талаб бошқариш</b> - электр истеъмоли қисми коммутация томонидан электр эҳтиёжни камайтириш учун бир усул.
Discount rate	The fraction of an invested capital that is desired as an annual yield.	<b>Чегирма даражаси</b> - бир йиллик ҳосилдорлиги сифатида исталган бир капиталнинг улуши.
Distribution grid	The system that distributes electricity or gas to households, commercial users and small industries.	<b>Тарқатиш тармоқ</b> - уй, тижорат фойдаланувчилар ва кичик саноат электр ёки газ тарқатадиган тизими.
Electricity intensity	The amount of electric energy needed to create a certain gross domestic product, often expressed in kwh/€ of kwh/\$	<b>Электр интенсивлиги</b> - муайян ялпи ички маҳсулотни яратиш учун зарур бўлган электр энергия миқдори, тез-тез
Energy	Amount of physical work stored or delivered to a process	<b>Энергия</b> - жисмоний иш ёки жараён учун етказиладиган миқдор
Energy storage	Storage of energy for later use, often in pumped hydro, batteries, flywheels, and compressed air but primarily in fuels	<b>Энергия сақлаш</b> - кейинчалик фойдаланиш учун, тез-тез шимиб гидроэнергия, батареялар, 1 ва сиқилган ҳаво, балки, биринчи навбатда

Final energy use	Energy use by the consumers, such as industries, commercials and households. It does not include the energy consumption needed for processing fuels and the energy losses of power plants	<b>Охирги энергиядан фойдаланиш</b> - масалан, саноат, реклама ва уй каби истеъмолчилар томонидан энергия фойдаланиш. Бу қайта ишлаш ёқилғи учун зарур бўлган энергия истеъмолини ва қувват ўсимликлар энергия йўқотишларни ўз ичига олмайди
Fixed charge rate	The rate of capital costs resulting from a given discount rate and the given life of an installation	<b>Белгиланган заряд тезлиги</b> - берилган чегирма ставка натижасида капитал харажатларнинг даражаси ва ўрнатиш берилганлиги
Frequency	The number of repetitive cycles of a process per second, with unit Hz (hertz).	<b>Частота</b> - бирлиги Ҳз (Гертз) билан сонияда бир жараённинг такрорланадиган сони.
Gas engine	A machine that converts the chemical energy stored in fuel gas into mechanical energy.	<b>Газ-мотор</b> - механик энергияга айланишига ёқилғи газ сақланади кимёвий энергия айлантирган машинаси.
Gross domestic product (GDP)	– The total monetary value of the amount of goods and services produced per year in a country. Often, the gdp is expressed in the local purchasing power parity (ppp) of the us\$, since the buying power of the us\$ differs from country to country.	<b>Ялпи ички маҳсулот (ЯИМ)</b> - бир мамлакатда йилига ишлаб чиқарилган товарлар ва хизматлар миқдори умумий пул қиймати. АҚШ доллари сотиб олиш кучи, мамлакатдан мамлакатга фарқ буён тез-тез, ялпи ички

		<p>маҳсулот, АҚШ доллари,  маҳаллий харид қобилияти  паритети ифода этилади.</p>
<p>Highvoltage  AC</p>	<p>A three wire system for transport-  ing electric energy at high voltage  (&gt; 35 kv) as alternating current.</p>	<p><b>Юқори кучланиш УТ-</b>  юқори кучланиш электр энер-  гия ташиш учун уч сим тизи-  ми (&gt; 35 кВ) муқобил оқим  сифатида.</p>

## VI. ФЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

### I. Махсус адабиётлар

1. Насиров Т.Х., Гайибов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: «Fan va texnologiya», 2014, 184 с.
2. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. – Т.: Изд. ТашГТУ, 2014, 188 с.
3. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/Под общ. ред. Ю.Н.Руденко и В.А.Семенова. –М.: Издательство МЭИ, 2000.
4. Фазылов Х.Ф., Насыров Т.Х. Установившиеся режимы электроэнергетических систем и их оптимизация. – Т.: Молия, 2002.
5. Mohamed E. El-Hawary. Introduction to Electrical Power Systems. Copyright 2008 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. All rights reserved. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada
6. P. GiridharKiniand Ramesh C. Bansal, Energy managementsystems. Published by InTech. JanezaTrdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech.
7. Frank Kreith D.Yogi Goswami. Energy management and conservation handbook. © 2008 by Taylor & Francis Group, LLC. CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business.
8. Zoran Morvaj. Energy efficiency –a bridge to low carbon economy. Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2012 InTech
9. Moustafa Eissa. Energy efficiency –the innovative ways for smart energy, the future towards modern utilities. <http://dx.doi.org/10.5772/2590> Edited by Moustafa Eissa. Electric Power Distribution Handbook, T. A. Short. Taylor & Francis Group. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300.
10. Energy in the 21st century. (2nd edition) John r. Fanchi. Texas Christian University, USA. With christoper j. Fanchi. Copyright © 2011 by world scientific publishing co. Pte. Ltd.
11. Mohamed E. El-Hawary. Introduction to Electrical Power Systems. Copyright 2008 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. All rights reserved. Pub-



- lished by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada
12. Francis M. Vanek. Louis D. Energy Systems Engineering Evaluation and Implementation. Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies.
  13. Janeza Trdine Energy Storage in the Emerging Era of Smart Grids. Edited by Rosario Carbone. Published by InTech. 9, 51000 Rijeka, Croatia. Copyright © 2011 InTech
  14. Janaka Ekanayake Cardiff University, UK Kithsiri Liyanage University of Peradeniya, Sri Lanka Jianzhongwu Cardiff University, UK Akihiko Yokoyama University of Tokyo, Japan Nick Jenkins Cardiff University, UK. Smart Grid Technology and Applications. © 2012 John Wiley & Sons, Ltd
  15. Markus Hotakainen, Jacob Klimstra & Wdrtsild Finland Oy Smart power generation Printing house: Arkmedia, Vaasa 2011 Publisher: Avain Publishers, Helsinki
  16. Prof. P. S. R. MURTY B.Sc. (Engg.) (Hans.) ME., Dr. - Ing (Berlin), F.I.E. (India). Life Member – ISTE Operation and Control in Power Systems
  17. Leslie A. Solmes. Energy Efficiency Real Time Energy Infrastructure Investment and Risk Management. Springer Science+Business Media B.V. 2009
  18. Электр қурилмаларини тузилиш қоидалар, ДИ Ўздавэнергоназорат, Тошкент, 2007.
  19. Арипов М. Интернет ва электрон почта асослари.- Т.; 2000 й. 218 б.
  20. Электр қурилмаларини тузилиш қоидалар, ДИ Ўздавэнергоназорат, Тошкент, 2007.
  21. Электротехнический справочник: Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии./Под общ.ред. профессоров МЭИ. – М.: Издательство МЭИ, 2004, 964 с
  22. К.Р. Аллаев Энергетика мира и Узбекистана. Аналитический обзор. Т. Издательство «Молия» 2007. 388 с.

### **.Интернет сайтлар**

1. <http://edu.uz> – Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги
2. <http://lex.uz> – Ўзбекистон Республикаси Қонун ҳужжатлари маълумотлари

миллий базаси

3. <http://bimm.uz> – Олий таълим тизими педагог ва раҳбар кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини оширишни ташкил этиш бош илмий-методик маркази

4. <http://ziyonet.uz> – Таълим портали Ziyonet

5. <http://natlib.uz> – Алишер Навоий номидаги Ўзбекистон Миллий кутубхонаси

6. <https://www.ziyonet.uz>

7. <https://www.edu.uz>

8. <https://www.Lifeaftertheoilcrashnet.net>

9. <https://www.Theoilcrash.com>

10. <https://www.researchgate.net>

11. <http://www.sciencedirect.com>

12. <http://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-electrical-power-and-energy-systems>

13. <http://onlinelibrary.wiley.com/journal>

14. <http://iris.elf.stuba.sk>

15. <http://www.degruyter.com>

16. <http://www.epri.com/search/Pages>

17. <http://izvestia.tugab.bg/en>

18. <http://www.nfpa.org/newsandpublications>

19. <http://journals.tubitak.gov.tr>

20. <http://jeen.fei.tuke.sk/en>

21. <https://ecce-journals.rtu.lv/>

22. <http://www.elekt.polsl.pl>

23. <http://www.wydawnictwo.pk.edu.pl/>

24. <http://www.epe.tuiasi.ro>

25. <http://www.rtu.lv/en>

26. <https://www.labview.ru>

27. <https://www.matlab.com>

28. <https://www.energystrategy.ru>

