

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК – ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ

ОЛИЙ ТАЪЛИМНИНГ

5520200 – «ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСИ»

йўналиши бўйича тайёрланувчи бакалаврлар учун

ЭЛЕКТР ТИЗИМЛАРИ ВА ТАРМОҚЛАРИ

фанидан маърузалар матни

ҚАРШИ – 2006

УДК 621.316(075)

Тузувчилар: Ғойибов Т.Ш. –

Тошкент давлат техника университетининг «Электр энергетикаси» кафедраси доценти, т.ф.н.;

Холиков Ю.Д. –

Қарши муҳандислик иқтисодиёт институти «Электр энергетикаси» кафедраси доценти, ф.-м.ф.н.;

Тақризчилар: Саъдуллаев Э.Ф. –

«Узбекэнерго» ДАК Миллий диспетчерлик хизмати бошлиғининг муовини, т.ф.н.

Ситдиқов Р.А. –

Тошкент давлат техника университетининг «Электр энергетикаси» кафедраси доценти, т.ф.н.

Мундарижа

1-маъруза	5
K1. Кириш. K2. Белгилашлар системаси ва ҳисоблашлар учун ишлатиладиган асосий ифодалар. 1.1.Электр узатиш линияларининг алмаштириш схемалари ва ҳисоб параметрлари.	
2-маъруза	10
2.1 Трансформаторлар ва автотрансформаторларнинг алмаштириш схемалари ва ҳисоб параметрлари.	
3-маъруза	15
3.1. Электр системаларнинг схемалари. Барқарор ҳолатнинг чизиқли ва эгри чизиқли тенгламалари. 3.2.ЭУЛ ҳолатини юклама токи берилганда ҳисоблаш.	
4-маъруза	19
4.1. ЭУЛ ҳолатини юклама қуввати берилганда ҳисоблаш. 4.2. ЭУЛда кучланиш пасайиши ва кучланиш исрофи. 4.3. 35 кВ дан паст кучланишдаги очиқ тақсимловчи электр тармоқларни ҳисоблашдаги рухсат этишлар.	
5-маъруза	28
5.1. Содда ёпиқ электр тармоқларда кучланиш ва қувват оқимларининг тақсимланиши.	
6-маъруза	36
6.1. Электр тармоқ турғун ҳолатининг тенгламалари. 6.2. Чизиқли тугун кучланишлари тенгламаларини ечиш.	
7-маъруза	42
7.1. Турғун ҳолатнинг эгри чизиқли тенгламалари. 7.2.Эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламаларини ечишда Зейдел усулининг қўланилиши. 7.3.Ньютон усули.	
8-маъруза	50
8.1. Актив қувват баланси ва унинг частота билан боғлиқлиги. 8.2. Турбиналарнинг айланиш давртезлигини ростлаш. 8.3. Энергетика системасида частотани ростлаш.	
9-маъруза	55
9.1. Реактив қувват баланси ва унинг кучланиш билан боғлиқлиги. 9.2. Юкламанинг ростлаш эффекти. 9.3 Реактив қувват истемолчилари.	
10-маъруза	59
10.1. Реактив қувватни компенсациялаш. 10.2 Компенсацияловчи қурилмалар.	
11-маъруза	62
12.1. Кучланишни ростлаш усуллари. 12.2. Кучланишни қарама-қарши ростлаш. 12.3. Электр станцияларда кучланишни ростлаш.	
12-маъруза	67
13.1. Пасайтирувчи нимстанцияларда кучланишни ростлаш.	
13-маъруза ..	71
14.1. Кучланишни тармоқ қаршилигини ўзгартириб ростлаш. 14.2. Кучланишни реактив қувват оқимини ўзгартириб ростлаш.	

14-маъруза	76
15.1.Энергетика системалари ва электр тармоқларни лойиҳалашнинг вазифалари ва усуллари. 15.2.Техник-иқтисодий кўрсаткичлар.	
15-маъруза	80
16.1.Вариантларни техник-иқтисодий ихатдан солиштириш. 16.2.Электр тармоқ вариантыни ишончилилик даражасини ҳисобга олиб танлаш.	
16.3.Номинал кучланишни танлаш.	
16-маъруза	90
17.1.Ўтказгичлар ва кабелларнинг кўндаланг кесим юзаларини токнинг иқтисодий зичлиги ва иқтисодий интерваллар бўйича танлаш.	
17.2. Тақсимловчи тармоқларда ЭУЛнинг кесим юзасини рухсат этилган кучланиш исрофи бўйича аниқлашнинг характерли хусусиятлари.	
17 – маъруза	93
18.1. Электр энергия исрофини ҳисоблаш усуллари. 18.2. Электр энергия исрофини камайтириш тадбирларини классификациялаш.	
Адабиёт	97

1-маъруза

Маъруза режаси

1. «Электр таъминоти тизимларида электр тармоқлари» курсининг мақсад ва вазифалари.

2. Қабул қилинган асосий белгилашлар системаси. Тармоқнинг ҳолат параметрлари орасидаги муносибатлар.

3. Электр узатиш линияларининг алмаштириш схемалари ва ҳисоб параметрлари.

4. Электр узатиш линияларининг солиштирма параметрларини аниқлаш.

Таянч иборалар: Электр тармоқ; электр системаси; кучланиш; ток; ўзгарувчан ток тармоғи; фаза кучланиши; фаза токи; қўшма комплекс сон; линия кучланиши; линия токи; юклама; истеъмолчи; электр узатиш линияси; алмаштириш схемаси; солиштирма параметр; ҳисоб параметри; заряд қуввати.

(Адабиётлар: 1-4, 6, 12-14).

К1. Кириш

«Электр таъминоти тизимларида электр тармоқлари» курси «Электроэнергетика» йўналишида бакалаврларни тайёрлашда муҳим билимлар пойдеворини кўювчи асосий курслардан бири ҳисобланади. Курсни ўрганишдан мақсад электр системалари ва тармоқлари ҳолатлари ҳисоблаш ва таҳлил қилиш назарияси, уларни лойиҳалаш ва улардан фойдаланишда иқтисодийлик, ишончлилик ҳамда сифатлиликни таъминлаш борасида билимларни шакллантиришдан иборат.

Курснинг асосий вазифалари қуйидагилардан иборат:

- тармоқ элементларининг алмаштириш схемаларини қуриш, уларнинг параметрларини аниқлаш, электр тармоқлари ва системалари ҳолатларини ҳисоблашни ўргатиш;

- электр тармоқлари ва системаларини лойиҳалаш асосларини ҳамда уларнинг иқтисодийлигини, ишончлилигини, шунингдек, электр энергиянинг сифатини ошириш усулларини ўргатиш;

- электр энергияни ишлаб чиқариш, узатиш ва истеъмол қилиш жараёнида юз берувчи ҳодисаларнинг физик маъноси билан таништириш.

К.2 Аъёёлашёә ññòàìàñè àà Òëñíáëàøëàð ó÷ óí èøëàòèëääëäì àññèé èòíäèèð

ıçääðóâ÷áí òîê úëäèòð òàðîîķëàðè ó÷ òàçàèè çàíæèðëàðäâáí èáíðàò. Ííðìäè èø Òíëàòèëää ñèìàòðèè òàðîîķëàðäà òàçà òîêèèðè àà èó÷èàíèøëàðè ñèìàòðèè àà ñíóñíèääè ääá қàðäèääè. Øó ñàáääèè Òàìà Òëñíá àà òàÒèèèèèðèè

$$Y = \frac{I}{Z} = g + jb; \quad g = \frac{r}{r^2 + x^2}, \quad b = -\frac{x}{r^2 + x^2}.$$

Индуктив ёàðàèòàðдаги òîêé ðó÷èààíèøààí φ - áóð÷àèêèà ïðçààà èâèààè, øóíèá ò÷óí óíèèã ðààèòèèà ðèñèè èèóíñ èøîðà áèèàí íèèèàèè, шунингдек, ñиПèì ёàðàèòàðдаги òîêé èó÷èààíèøààí íèèèèда èâèèàèè ò÷óí ðààèòèèà ðèñèè èèðñ èøîðà áèèàí íèèèàèè.

1.1 Электр узатиш линияларининг алмаштириш схемалари ва ҳисоб параметрлари

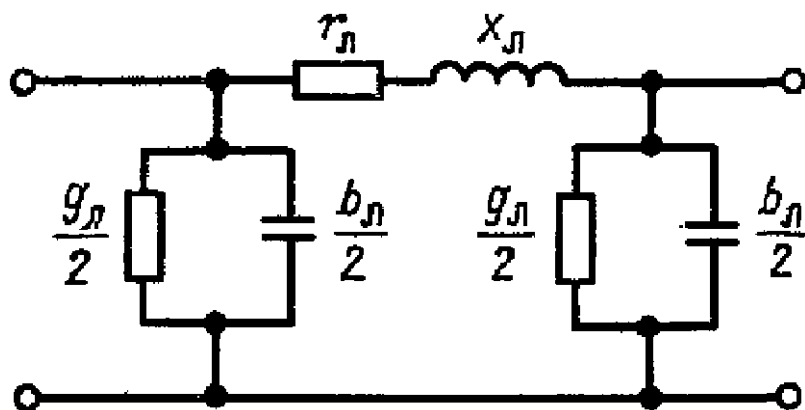
Нисбатан катта бўлмаган узунликдаги электр узатиш линиялари параметрларининг тақсимлангининг эътиборга олмаслик ва уларни бутун узунлик бўйича бир хилда тақсимланган деб қараш мумкин.

Узунлиги 300-400 км дан ошмаган 110 кВ ва ундан юқори кучланишда ишловчи ҳаводаги электр узатиш линиясининг алмаштириш схемаси одатда П-симон кўринишда тасвирланади (1.1-расм). Расмда $r_{\text{л}}, x_{\text{л}}$ - электр узатиш линиясининг актив ва реактив қаршиликлари ва $g_{\text{л}}, b_{\text{л}}$ - электр узатиш линиясининг актив ва сиғим ўтказувчанликлари.

Актив қаршилик қуйидаги формула бўйича топилади:

$$r_{\text{л}} = r_0 l, \tag{1.1}$$

бу ерда r_0 - солиштима актив қаршилик, Ом/км (ўтказгичнинг ҳарорати $+20^{\circ}\text{C}$ бўлганда); l - узатиш линиясининг узунлиги, км.



1.1-расм. Ҳаводаги электр узатиш линиясининг П-симон алмаштириш схемаси

Симлар ва кабелларнинг актив қаршиликлари 50 Гц частотада тахминан омик қаршиликка тенгдир. Шу тўғрисида юза эффе́кти ҳодисаси эътиборга олинмайди. r_0 нинг қиймати пўлаталюминий ва бошқа рангли металлдан тайёрланган ўтказгичлар учун кўндаланг кесим юзаларига боғлиқ равишда жадвалдан аниқланади. ўтказгичнинг ҳарорати 20°C дан фарқ қилганда мос формулалар бўйича топилади.

Реактив қаршилик қуйидаги тартибда топилади:

$$x_{\text{л}} = x_0 l, \tag{1.2}$$

бу ерда x_0 - солиштирма реактив қаршилик, Ом/км.

Электр узатиш линиясининг алоҳида фазаларидаги реактив қаршиликлар умумий ҳолда турлича. Симметрик ҳолатларни ҳисоблашда x_0 нинг ўртача қийматидан фойдаланилади:

$$x_0 = 0,144 \lg(D_{yp} / r_{yt}) + 0,0157, \quad (1.3)$$

бу ерда r_{yt} - ўтказгичнинг радиуси; D_{yp} - фаза ўтказгичлари оралиғидаги ўрта геометрик масофа:

$$D_{yp} = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}}, \quad (1.4)$$

бу ерда D_{ab}, D_{bc}, D_{ca} - мос фаза ўтказгичлари орасидаги масофа.

Номинал кучланиши 330 кВ ва ундан юқори бўлган электр узатиш линияларида фаза ўтказгичлари бир нечта ўтказгичларга парчаланadi. Бундай ҳолларда (7.14) формуласидаги r_{yt} ўрнига қуйидаги формула бўйича топиловчи $r_{эк}$ фойдаланилади:

$$r_{эк} = \sqrt[n_{\phi}]{r_{yt} a_{yp}^{n_{\phi}-1}}, \quad (1.5)$$

бу ерда $r_{эк}$ - ўтказгичнинг эквивалент радиуси; a_{yp} - битта фазадаги ўтказгичлар орасидаги ўрта геометрик масофа; n_{ϕ} - битта фазадаги ўтказгичлар сони.

Парчаланган ўтказгичли электр узатиш линиялари (ЭУЛ) учун (1.3) формуладаги сўнгги ташкил этувчи $0,0157 / n_{\phi}$ кўринишда бўлади. Шунингдек, бундай ЭУЛлари учун солиштирма актив қаршилик қуйидагича топилади:

$$r_0 = r_{0yt} / n_{\phi},$$

бу ерда r_{0yt} - олинган кесимдаги ўтказгичнинг жадвалдан олинувчи солиштирма қаршилиги.

Пўлаталюминий ўтказгичлар учун x_0 кесим юзасига боғлиқ равишда, пўлат ўтказгичлар учун эса кесим юзаси ва токка боғлиқ равишда жадвалдан олинади.

ЭУЛнинг *актив ўтказувчанлиги* икки кўринишдаги актив қувват исрофларини ифода этади: изоляторлар орқали оқувчи дайди тоқлар туфайли юз берувчи исрофлар ва тожланиш исрофлари.

Изоляторлардаги дайди тоқлар қиймати жуда кам бўлиб, улар туфайли юз берувчи исрофларни ҳисобга олмаслик мумкин. Тожланиш даражаси ўтказгичдаги кучланиш ва унинг радиусига боғлиқ бўлади. Шу сабабли бу исрофнинг қийматини рухсат этилган ораликда тутиш учун тожланиш бўйича рухсат этилувчи энг кичик кесим юзаси белгиланган. Унга мувофиқ энг кичик кесим юзаси 110 кВ учун 70 мм², 150 кВ учун 120 мм², 220 кВ учун 240 мм².

220 кВ гача кучланишдаги тармоқларни ҳисоблашда актив ўтказувчанлик эътиборга олинмайди.

ЭУЛнинг *сиғим ўтказувчанлиги* b_n алоҳида фаза ўтказгичлари орасидаги ва фаза ўтказгичлари билан ер орасидаги сиғим таъсирида вужудга келади ва қуйидагича ҳисобланади:

$$b_n = b_0 l, \quad (1.6)$$

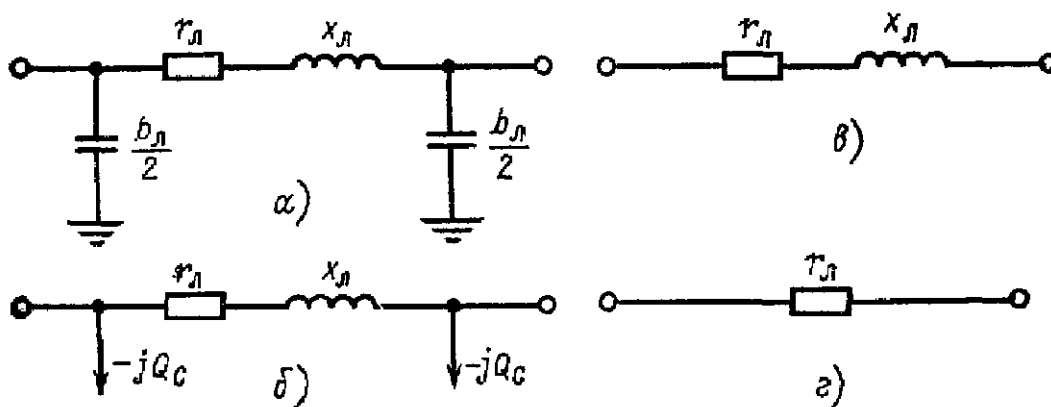
бу ерда b_0 - солиштирма сиғим ўтказувчанлик бўлиб, жадвалдан аниқланиши ёки қуйидаги формула бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{yp}}{r_{yr}}} \cdot 10^{-6}. \quad (1.7)$$

Кўпгина ҳолларда 110-220 кВ кучланишли ЭУЛларини ҳисоблашда уларнинг схемалари етарлича содда кўринишда (1.2,б-расм) кўринишида ифодаланади. Бу схемада сиғим ўтказувчанлик ўрнига (1.2,а-расм) у таъсирида ишлаб чиқарилувчи реактив қувват ҳисобга олинади. ЭУЛ сиғим қувватининг ярми қуйидагича топилади:

$$Q_c = 3I_c U_\phi = 3U_\phi^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot b_0 l = \frac{1}{2} U^2 b_l, \quad (1.8)$$

бу ерда U_ϕ ва U - фаза ва фазалараро кучланишлар, кВ; I_c - ерга томон оқувчи сиғим токи, $I_c = U_\phi b_l / 2$.



1.2-расм. Электр узатиш линиясининг алмаштириш схемаси.

а.б- 110-220 кВ кучланишли ҳаводаги узатиш линиялари учун; в- 35 кВ ва ундан паст кучланишли ҳаводаги узатиш линиялари учун; 10 кВ ва ундан паст кучланишли кабелли узатиш линиялари учун.

(1.8) дан кўринадикки, ЭУЛда ишлаб чиқарилувчи Q_c реактив қувват (заряд қуввати) кучланишнинг квадратига туғри пропорционалдир.

35 кВ ва ундан паст кучланишдаги ҳаводаги ЭУЛда b_c ва бунга мос равишда Q_c жуда кичик бўлганлиги сабабли эътиборга олинмайди (1.2,в-расм).

Кабелли ЭУЛларининг алмаштириш схемалари ҳам умумий ҳолларда ҳаводаги ЭУЛлардаги каби П-симон кўринишда ифодаланади (1.1-расм). (1.3), (1.7) формулалардан кўриниб турибдики, ўтказгичларнинг яқинлашиши билан x_0 камаяди ва b_0 ортади. Кабелли ЭУЛларда фаза ўказгичлари ораларидаги масофалар кам бўлганлиги сабабли x_0 ҳаводаги ЭУЛларидагига нисбатан жуда кам бўлади. 10 кВ ва ундан паст кучланишдаги кабелли ЭУЛларининг алмаштириш схемаларида x_0 эътиборга олинмайди (1.2,г-расм). g_l актив ўтказувчанлик 110 кВ ва ундан юқори кучланишли кабелли ЭУЛларининг алмаштириш схемаларида эътиборга олинади.

Синов саволлари

1. Курснинг асосий мақсад ва вазифалари нимадан иборат?
2. Курс талабага қандай йўналишдаги билимларни беради?
3. Курсни ўзлаштириш қайси курслар бўйича муайян билимларни талаб этади?
4. Комплекс ток учун қандай белгилаш қабул қилинган ва у бошқа ҳолат параметрлари билан қандай боғланган?
5. Комплекс кучланиш учун қандай белгилаш қабул қилинган ва у бошқа ҳолат параметрлари билан қандай боғланган?
6. Актив, реактив ва тўла қувватлар учун қандай белгилашлар қабул қилинган ва улар бошқа ҳолат параметрлари билан қандай боғланган?
7. ЭУЛнинг алмаштириш схемаси умумий ҳолда қандай кўринишда тасвиранади?
8. Таксимловчи электр тармоқларнинг ЭУЛ алмаштириш схемаси қандай кўринишда тасвирланади?
9. Таъминловчи электр тармоқларнинг ЭУЛ алмаштириш схемаси қандай кўринишда тасвирланади?
10. Ҳақиқат юқори кучланишли ЭУЛ алмаштириш схемаси қандай кўринишда тасвирланади?
11. ЭУЛнинг солиштирма параметри нима? Унга қайси параметрлар киради?
12. ЭУЛнинг алмаштириш схемасида тожланиш туфайли исроф бўлувчи қувват қандай ҳисобга олинади?
13. ЭУЛнинг алмаштириш схемасида заряд қуввати қандай ҳисобга олинади?

2-маъруза

Маъруза режаси

1. Икки чулғамли трансформаторнинг алмаштириш схемаси, каталог ва ҳисоб параметрлари.
2. Уч чулғамли трансформаторнинг алмаштириш схемаси, каталог ва ҳисоб параметрлари.
3. Автотрансформаторнинг алмаштириш схемаси, каталог ва ҳисоб параметрлари.
4. Автотрансформаторнинг характерли хусусиятлари. Автотрансформаторнинг номинал ва тип қувватлари.

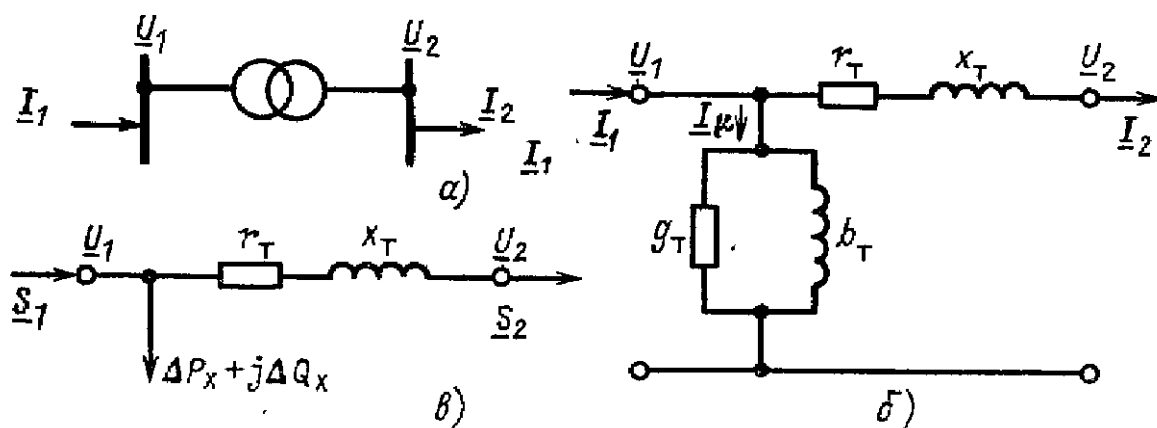
Таянч сўзлар: Чулғам; ўзак; каталог параметри; номинал параметр; тип қуввати; ўтиш қуввати, уланиш схемаси.

(Адабиётлар: 1-4, 6, 12-14).

2.1 Трансформатор ва автотрансформаторларнинг алмаштириш схемалари

Икки чулғамли трансформаторнинг (2.1,а-расм) алмаштириш схемаси Г-симон кўринишда ифодаланади (2.1,б-расм).

Алмаштириш схемасининг бўйлама қисми r_T, x_T трансформаторнинг актив ва реактив қаршиликларига эга. Бу қаршиликлар мос равишда трансформаторнинг бирламчи ва бирламчи чулғамга келтирилган иккиламчи чулғамининг актив ва реактив қаршиликлари йиғиндасига тенгдир. Бундай схемада трансформация, яъни идеал трансформатор мавжуд бўлмасдан, иккиламчи чулғамнинг қаршиликлари бирламчи чулғамга келтирилгандир. Агар трансформатор билан боғланган тармоқ биргаликда кўрилса ва бунда тармоқ кучланишнинг бир хил даражасига келтирилмаса, у ҳолда трансформаторнинг алмаштириш схемасида идеал трансформатор курсатилади.



2.1-расм. Икки чулғамли трансформаторнинг схемалари.

а-шартли белгиланиши; б- Г-симон алмаштириш схемаси; в- соддалаштирилган алмаштириш схемаси.

Алмаштириш схемасидаги кўндаланг шохобча (магнитланиш шохобчаси) g_T, b_T актив ва реактив ўтказувчанликлардан ташкил топган. Актив ўтказувчанлик трансформаторнинг пўлатдан ясалувчи ўзагида магнитловчи ток I_μ орқали исроф бўлувчи актив қувват исрофларини ифодалайди. Реактив ўтказувчанлик эса трансформатор чулғамларидаги ўзаро индукция магнит оқими билан белгиланади.

220 кВ ва ундан паст кучланишли электр тармоқарини ҳисоблашда трансформаторлар соддалаштирилган алмаштириш схемалари билан тасвирланади (2.1,в-расм). Бу схемада магнитланиш шохобчасининг ўрнига трансформатор пўлатида ёки салт ишлаш ҳолатида исроф бўлувчи қувват қўшимча юклама сифатида ҳисобга олинади.

Ҳар бир трансформатор учун қуйидаги параметрлар (каталог маълумотлари) маълум бўлади: S_n - трансформаторнинг номинал қуввати, МВА; $U_{юн}, U_{кн}$ - юқори ва қуйи чулғамларнинг номинал кучланишлари, кВ; ΔP_c - салт ишлаш ҳолатидаги актив исроф, кВт; $I_c \%$ - салт ишлаш токи, I_n дан %; ΔP_k - қисқа туташув исрофи, кВт; $u_k \%$ - қисқа туташув кучланиши, U_n дан %. Бу маълумотлар бўйича алмаштириш схемасининг барча параметрларини (қаршиликлар ва ўтказувчанликларни), шунингдек улардаги исрофларни топиш мумкин.

Магнитланиш шохобчаси ўтказгичлари салт ишлаш тажрибаси натижаларидан фойдаланиб топилади. Бу да трансформатор фақат салт ишлаш ҳолатидагига тенг бўлган қувват исроф қилади:

$$\Delta \dot{S}_c = \Delta P_c + j\Delta Q_c.$$

Бундан келиб чиқиб, ўтказувчанликлар қуйидаги ифодалар бўйича топилади:

$$g_T = \Delta P_c / U_H^2, \quad (2.1)$$

$$b_T = \Delta Q_c / U_H^2, \quad (2.2)$$

Трансформаторда магнитлаш токи жуда кичик актив ташкил этувчига эга:

$$I_\mu = I_c \approx I_c'',$$

бу ерда I_c'' - I_c нинг реактив ташкил этувчиси.

Юқоридагидан

$$\Delta Q_c = 3I_c'' U_{\phi.H} \approx 3I_x U_{\phi.H} = 3 \cdot \frac{I_c \% I}{100} \cdot U_{\phi.H} = \frac{I_c \% S_H}{100}. \quad (2.3)$$

Трансформаторларнинг r_T ва x_T қаршиликлари қисқа туташув тажрибаси натижаларидан фойдаланиб топилади. Бу тажрибада трансформаторнинг иккиламчи чулғами қисқа туташтирилади ва бирламчи чулғамига ҳар иккала чулғамларда номинал тоқлар оқишини таъминловчи кучланиш берилади. Бу кучланиш қисқа туташув кучланиши u_k деб юритилади. Қисқа туташув ҳолатида u_k U_H га нисбатан жуда кичик бўлганлиги сабабли магнитланиш шохобчасида исроф бўлувчи қувват ҳам жуда кичик бўлади ва исроф бўлувчи қувватнинг барчаси чулғамда юз беради, яъни

$$\Delta P_k = 3I_H^2 r_T = \frac{S_H^2}{U_H^2} r_T, \quad (2.4)$$

ва

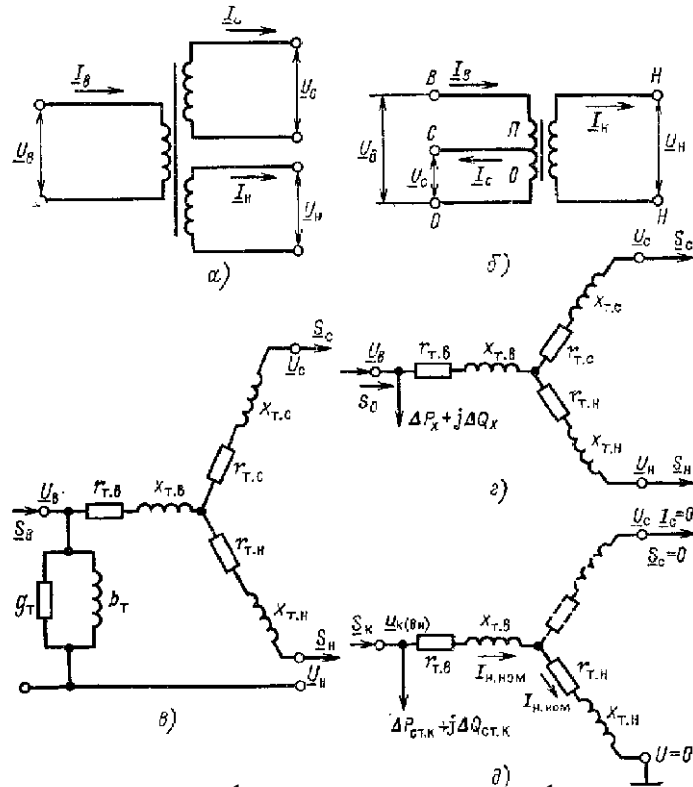
$$r_T = \frac{\Delta P_k U_H^2}{S_H^2}, \quad (2.5)$$

Замонавий катта қувватли трансформаторларда $r_T \ll x_T$ ва $u_k \approx u_k''$. Қисқа туташув тажрибасидан

$$u_k = \frac{u_k \% U_H}{100} \approx \sqrt{3} I_H x_T.$$

ва

$$x_T = \frac{u_k \% U_H^2}{100 S_H}. \quad (2.6)$$



2.2-расм. Уч чулғамли трансформатор ва автотрансформаторнинг схемалари.
 а, б- чулғамларнинг туташув схемалари; в, г- симон ва содалаштирилган алмаштириш схемалари; д- қисқа туташув тажрибаси схемаси.

Уч чулғамли трансформаторлар ва автотрансформаторлар.

Кўп ҳолларда нимстанцияда учта номинал кучланиш – юқори U_B , ўрта U_C ва қуйи U_H кучланишлар талаб этилади. Бунинг учун иккита икки чулғамли трансформаторлардан фойдаланиш мумкин. Бироқ иккита икки чулғамли трансформаторларга нисбатан битта уч чулғамли трансформатор ёки уч чулғамли автотрансформатордан фойдаланиш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқдир. Уч чулғамли трансформаторнинг чулғамлари ўзаро магнитик боғланишда бўлади (2.2,а-расм). Автотрансформатор чулғамларининг туташуш схемаси 2.2,б-расмда тасвирланган. Қуйи чулғам қолган иккала чулғамлар билан магнитик боғланишда, кетма-кет ва умумий чулғамлар эса бир-бири билан ўзаро электик ва магнитик боғланишда бўлади (2.2,б-расмдаги П ва О). Кетма-кет чулғам бўйлаб I_B , умумий чулғам бўйлаб эса $I_B - I_C$ ток оқади.

Автотрансформаторнинг номинал қуввати деб у номинал шароитларда юқори кучланиш тармоғидан олиши ёки унга узатиши мумкин бўлган энг катта қувватга айтилади:

$$S_H = \sqrt{3}U_{B,H} I_{B,H} \tag{2.7}$$

Бу қувват, шунингдек, ўтиш қуввати деб ҳам юритилади. Бу қувват автотрансформаторнинг қуйи чулғамида юклама бўлмаган ҳолда юқори кучланиш тармоғидан ўрта кучланиш тармоғига ёки тескари йўналишда узатиши мумкин бўлган энг катта қувватга айтилади.

Автотрансформаторнинг кетма-кет чулғами П тип қувватга мўлжалланади (2.2,б-расм):

$$S_{\text{тип}} = \sqrt{3}(U_{\text{в.н}} - U_{\text{с.н}})I_{\text{в.н}} = \sqrt{3}U_{\text{в.н}}I_{\text{в.н}}(1 - \frac{U_{\text{с.н}}}{U_{\text{в.н}}}) = \alpha S_{\text{н}}, \quad (2.8)$$

бу ерда $\alpha = 1 - U_{\text{с.н}} / U_{\text{в.н}}$ - $S_{\text{тип}}$ нинг $S_{\text{н}}$ га нисбатан неча марта кичик эканлигини кўрсатувчи афзаллик коэффициентини.

Юқоридаги тартибда умумий чулғамнинг қуввати ҳам тип қувватига тенг эканлигини исботлаш мумкин. Қуйи кучланиш чулғами ҳам тип қуввати ёки ундан кичик қувватга мўлжалланади. U номинал қувват орқали қуйидагича ифодаланади:

$$S_{\text{н.н}} = \alpha_{\text{н.н}} S_{\text{н}}, \quad (2.9)$$

бу ерда $U_{\text{в.н}} \leq 330$ кВ бўлган ҳолларда $\alpha_{\text{н.н}} = 0,25; 0,4; 0,5$.

$U_{\text{н}} > 220$ кВ бўлган ҳолат учун уч чулғамли трансформатор ва автотрансформаторнинг алмаштириш схемаси 2.2,в-расмда, $U_{\text{н}} \leq 220$ кВ бўлган ҳолат учун эса 2.2,б-расмда тасвирланган. Ушбу ҳолатда ҳам салт ишлашда исроф бўлувчи қувватлар ΔP_x ва ΔQ_x икки чулғамли трансформаторлардагидек ҳисобланади. Уч чулғамли трансформатор ва автотрансформаторлар учун қиска туташув исрофлари ва кучланишларининг учала чулғамлар жуфтликлари учун, яъни $\Delta P_{k(\text{в-н})}, \Delta P_{k(\text{в-с})}, \Delta P_{k(\text{с-н})}$ ва $u_{k(\text{в-н})} \%, u_{k(\text{в-с})} \%, u_{k(\text{с-н})} \%$ кўринишида берилади. Ҳар бир ΔP_k ва $u_k \%$ мумкин бўлган учта тажрибанинг бирига таалуклидир. Масалан, $\Delta P_{k(\text{в-н})}$ ва $u_{k(\text{в-н})}$ ларнинг қийматлари қуйи чулғам қиска туташтирилган, ўрта чулғам салт ҳолда бўлган юқори чулғамга қуйи чулғам орқали номинал ток оқишини таъминловчи $u_{k(\text{в-н})}$ кучланиш берилган ҳолатда аниқланади. Бундай ҳолда худди икки чулғамли трансформаторлардагидек

$$r_{\text{т.в}} + r_{\text{т.н}} = \Delta P_{k(\text{в-н})} U_{\text{н}}^2 / S_{\text{н}}^2, \quad (2.10)$$

$$r_{\text{т.в}} + r_{\text{т.с}} = \Delta P_{k(\text{в-с})} U_{\text{н}}^2 / S_{\text{н}}^2, \quad (2.11)$$

$$r_{\text{т.с}} + r_{\text{т.н}} = \Delta P_{k(\text{с-н})} U_{\text{н}}^2 / S_{\text{н}}^2, \quad (2.12)$$

(2.10)-(2.12) тенгламаларда учта номаълум актив қаршилиқлар мавжуд. Уларни биргаликда ечиш асосида қаршилиқлар учун ифодага эга бўламиз:

$$r_{\text{т.в}} = \frac{\Delta P_{k.в} U_{\text{н}}^2}{S_{\text{н}}^2}, \quad (2.13)$$

$$r_{\text{т.с}} = \frac{\Delta P_{k.с} U_{\text{н}}^2}{S_{\text{н}}^2}, \quad (2.14)$$

$$r_{\text{т.н}} = \frac{\Delta P_{k.н} U_{\text{н}}^2}{S_{\text{н}}^2}, \quad (2.15)$$

бу ерда $\Delta P_{k.в}, \Delta P_{k.с}, \Delta P_{k.н}$ лар қуйидаги формулалар бўйича топилади:

$$\Delta P_{k.в} = 0,5(\Delta P_{k(\text{в-с})} + \Delta P_{k(\text{в-н})} - \Delta P_{k(\text{с-н})}), \quad (2.16)$$

$$\Delta P_{k.с} = 0,5(\Delta P_{k(\text{в-с})} + \Delta P_{k(\text{с-н})} - \Delta P_{k(\text{в-н})}), \quad (2.17)$$

$$\Delta P_{k.н} = 0,5(\Delta P_{k(\text{в-н})} + \Delta P_{k(\text{с-н})} - \Delta P_{k(\text{в-с})}). \quad (2.18)$$

Худди шунга ўхшаш равишда $u_{k.в} \%, u_{k.с} \%, u_{k.н} \%$ лар ҳисобланади:

$$u_{k.в} \% = 0,5(u_{k(\text{в-с})} \% + u_{k(\text{в-н})} \% - u_{k(\text{с-н})} \%), \quad (2.19)$$

$$u_{k.c} \% = 0,5(u_{k.(B-C)} \% + u_{k.(C-H)} \% - u_{k.(B-H)} \%), \quad (2.20)$$

$$u_{k.H} \% = 0,5(u_{k.(B-H)} \% + u_{k.(C-H)} \% - u_{k.(B-H)} \%). \quad (2.21)$$

$u_{k.B} \%$, $u_{k.c} \%$, $u_{k.H} \%$ ларнинг топилган қийматларидан фойдаланиб, қуйидаги формулалар бўйича алоҳида чулғамларнинг реактив қаршиликлари аниқланади:

$$x_{T.g} = \frac{u_{kg} \% \cdot U_H^2}{100S_H}, \quad (2.22)$$

$$x_{T.c} = \frac{u_{k.c} \% \cdot U_H^2}{100S_H}, \quad (2.23)$$

$$x_{T.H} = \frac{u_{k.H} \% \cdot U_H^2}{100S_H}. \quad (2.24)$$

Синов саволлари

1. Икки чулғамли трансформаторнинг алмаштириш схемаси умумий ҳолда қандай кўринишда тасвирланади?
2. Икки чулғамли трансформаторнинг каталог параметрларига нималар киради?
3. Икки чулғамли трансформаторнинг алмаштириш схемаси параметрлариги умумий ҳолда нималар киради? Уларнинг қийматлари каталог параметрлари орқали қандай топилади?
4. Таъминловчи электр тармоқларида икки чулғамли трансформаторнинг алмаштириш схемаси одатда қандай кўринишда тасвирланади?
5. Таксимловчи электр тармоқларида икки чулғамли трансформаторнинг алмаштириш схемаси одатда қандай кўринишда тасвирланади?
6. n та юқори кучланишли электр тармоқларида икки чулғамли трансформаторларнинг алмаштириш схемаси одатда қандай кўринишда тасвирланади?
7. Уч чулғамли трансформатор ва автотрансформаторнинг алмаштириш схемаси умумий ҳолда қандай кўринишда тасвирланади?
8. Уч чулғамли трансформатор ва автотрансформаторнинг каталог параметрларига нималар киради?
9. Уч чулғамли трансформатор ва автотрансформаторнинг алмаштириш схемаси параметрлариги умумий ҳолда нималар киради? Уларнинг қийматлари каталог параметрлари орқали қандай топилади?
10. Таъминловчи электр тармоқларида уч чулғамли трансформатор ва автотрансформаторнинг алмаштириш схемаси одатда қандай кўринишда тасвирланади?
11. n та юқори кучланишли электр тармоқларида икки чулғамли трансформаторларнинг алмаштириш схемаси одатда қандай кўринишда тасвирланади?
12. Автотрансформатор уч чулғамли трансформаторга нисбатан қандай характерли хусусиятларга эга?
13. Автотрансформаторнинг номинал, ўтиш ва тип қувватлари нима? Улар ўзаро қандай боғланган?

3 – маъруза

Маъруза режаси

1. Электр тармоқ барқарор ҳолатининг чизиқли ва эгри чизиқли тенгламалари.
2. Электр тармоқ схемасининг элементлари.
3. Электр узатиш линияси ҳолатини юклама токи ва кучланиши берилганда ҳисоблаш.
4. Электр узатиш линияси ток ва кучланишининг вектор диаграммаси.

Таянч иборалар: очик тармоқ; содда ва мураккаб ёпиқ тармоқ; таъминловчи тармоқ; тақсимловчи тармоқ; шаҳар электр тармоғи; қишлоқ хўжалик электр тармоғи; саноат электр тармоғи; тармоқ ҳолати; электр узатиш линиясининг ҳолати; қувват исрофи; кучланиш пасайиши; кучланиш пасайишининг бўйлама ташкил этувчиси; кучланиш пасайишининг кўндаланг ташкил этувчиси; кучланиш исрофи.

(Адабиётлар: 1-6, 12-14).

Ҳаётимизда электр тармоқлари, унинг асосий қисмлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари

3.1. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари

Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари – бу электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари.

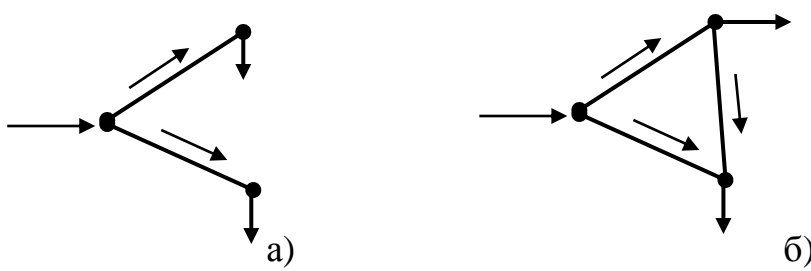
Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари.

Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари.

Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари.

Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари. Электр тармоқлари ва уларнинг ҳисоблаш усуллари.

Ýäëòð çáæðëäð íàçàðèÿñëää òóãóíëäð àà éííóóðëäð éÿκíòèèääëääí àà éÿκíòèèíàééääí áÿëèøè íóíëéí. Éÿκíòèèääëääí òóãóíëäð àà éííóóðëäð òàκàò èèèèòà øοχία÷àíè áèðëàøòèðàäè. Áóíääé éÿκíòèèääëääí òóãóíí àà éííóóðëäðíè èâòíà - èâò àà ìàðàèèäè óéàø κíèääèäðè ðàíèää ñòáíàääí éÿκíòèø íóíëéí. Í÷-èçèΠèè òíè ìàíàèèäè áóíää èèðíàéää. Êäëáóñëää òàκàò éÿκíòèèíàééääí òóãóíí àà éííóóðëäðääí òíèääèèáíèèç. Í÷-èκ òàðííκää Παð κáíääé ðèèàíà òàκàò áèð òíííääí òàúíèèèáíèè (3.1- ðàñí), ÿúíè Παð κáíääé òóãóíääè èñòáúíè÷-è κóáâàòíè òàκàò áèð òíííääí ìèääè. Άáíè èñòàèèääí øοχία÷à óçèèñà, øó øοχία÷àääí κóáâò èñòáúíè κèóá÷-è Παíà ðèèàíèèäðíèí ààúíèèèáíèèø èçèèääè.



3.1-расм. Электр тармоқнинг туташиш схемаси: а – очик тармоқ; б – ёпиқ тармоқ.

Άääð ñòáíàää èàíèää áèòòà éííóóð ìàâæóá áÿèñà, ó ðèκ äáèèèääè. Èíèκ òàðííκää èèèè èè òíääí ìðòèκ øοχία÷àèèäð ìðκàèè òàúíèèèáíèèèääí èàíèää áèòòà òóãóíí áÿèääè, øóíèíá ò÷-òí øοχία÷àèèðääí áèðèèèíá óçèèèøè áíøκà øοχία÷àèèðíèí èñòáúíè÷-èääí óçèèèèèèää ìèèá èâèíàéää.

Ýäëòð ñòáíàíèíá ÿèáíáíòèäðè áèòèà àà ìàññèà ÿèáíáíòèäðää áÿèèíàè. Ìàññèà ÿèáíáíòèäð òàκàò ÿäëòð òíèè ÿòèøè ò÷-òí éÿè Πíñèè κèèääè àà óéàð ÿç ìáâàòèèää èèèèää - áÿèèà àà éÿíàèèáí ìàññèà ÿèáíáíòèäðää áÿèèíàè.

Éÿíàèèáí ìàññèà ÿèáíáíòèäð - áó ñòáíèíá òóãóíèäðè àà òíèèñ, ÿúíè ñòáíòèèèè ñèèà òáíá áÿèääí òóãóíí ìðàèèèèèää κÿèèèääí øοχία÷à. Άÿèèà ìàññèà ÿèáíáíòèäð - áó ñòáíòèèèè ñèèà òáíá áÿèääí òóãóíääí (òíèèñ òóãóíääí) òàøκàðè Παíà òóãóíèäðíè áèðëàøòèðóá÷-è øοχία÷àèèð, ÿúíè áÿèèà òøχία÷àèèð òíèèñ òóãóíää òèèíàääí. Άÿèèà øοχία÷àèèð ÝΥΨ àà òðáíñòíðíàòíð ÷-óèΠàíèèèèèèèè àèòèà àà èíáóéòèà κàðèèèèèèèèèè, áÿèèà èííáíñàòèÿèíá÷-è κóðèèèèèèè ñèèèèèèè èàáèèèèèèè ÿç è÷-èää ìèääè. Άéðè Πíèèðää òðáíñòíðíàòíðíèíá ìÿèò ÿçàèèèèèè èñðíòèäð Παí àèíàøòèðèø ñòáíàçèèè éÿíàèèáí ÿèáíáíò èÿðèèèèèèèèè òàññèèèèèèèè. ÝΡÉ àà òíè ìàíàèèäè àèíàøòèðèø ñòáíàçèèèíá àèòèà ÿèáíáíòèäðè Πèñíàèèèèèè. Áó ÿèáíáíòèäð çáíèèðää òèèíáíí íóκòàèèðää èó÷-èèèèè àà òíèè áíøκà ìàðàíàòèèèèèèèè ìóñòàκèè áíèκèèèèè. Ýäëòð ñèñòáíàèèèèèèè Πíèèèèèèèèè Πèñíàèèèèèè ÝΡÉ

Пөһиәиә өаҫа ёо÷ёәиёөё U_ϕ äа оиёё I äýёё÷à îёёá äîðàìёҫ. ЎОЙ îёёðёäääё ñёПиёё оиё, Î кiiоiёää äёiiäi (3.2б –расм)

$$I_{c2} = jU_{2\phi} b_{12} / 2 \quad (3.1)$$

ЎОЙнинг äýёёää äа кёñиёäääё оиё, Ёёðäiоiёiä äёðёi÷ё кiiоiё äýёё÷à

$$I_{12} = I_2 + I_{c2} \quad (3.2)$$

Ом қонуни бүйича ЭУЛ бошланишидаги кучланиш

$$U_{1\phi} = U_{2\phi} + I_{12} Z_{12} \quad (3.3)$$

Бошланишдаги сиғимий ток $I_{c1} = jU_{1\phi} b_{12} / 2$ ва ЭУЛнинг киришидаги ток Кирхгофнинг 1-қонунига асосан

$$I_1 = I_{12} + I_{c1}. \quad (3.4)$$

Учта фазадаги қувват исрофлари

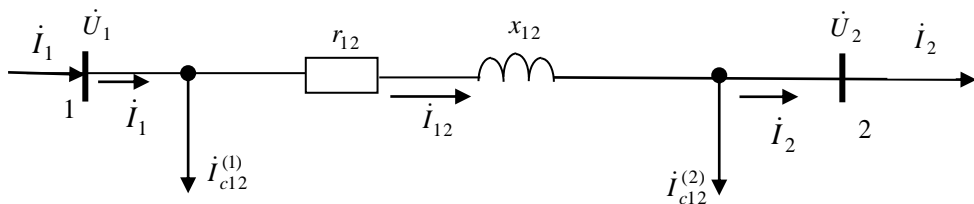
$$\Delta S_{12} = 3I_{12}^2 Z_{12}.$$

Tiё äа ёо÷ёәиёөёäðiёiä äâёòîð äёääðäìäñё (3.2, ä - ðäñì) (3.1)-(3.4) ёòïääёääðää îóäiоёқ оóçёäääё. Ääääёi, äääðäìäää àüёòì $U_{2\phi}$ äа I_2 ёýðñàòёäääё. $U_{2\phi}$ Пакёкёё ýқ äýёё÷à ёýiäёäi äää қàáóё кёёàìёҫ. ÑёПиёё оиё I_{c2} ёо÷ёәиёө $U_{2\phi}$ ääì 90° ёäääðё ýòääi. Ñöäiäiёiä äýёёää äа кёñиёäääё оиё I_{12} I_2 äа I_{c2} ёäðiёiä äâёòîð ёёПёiäёñёää ðäiä.

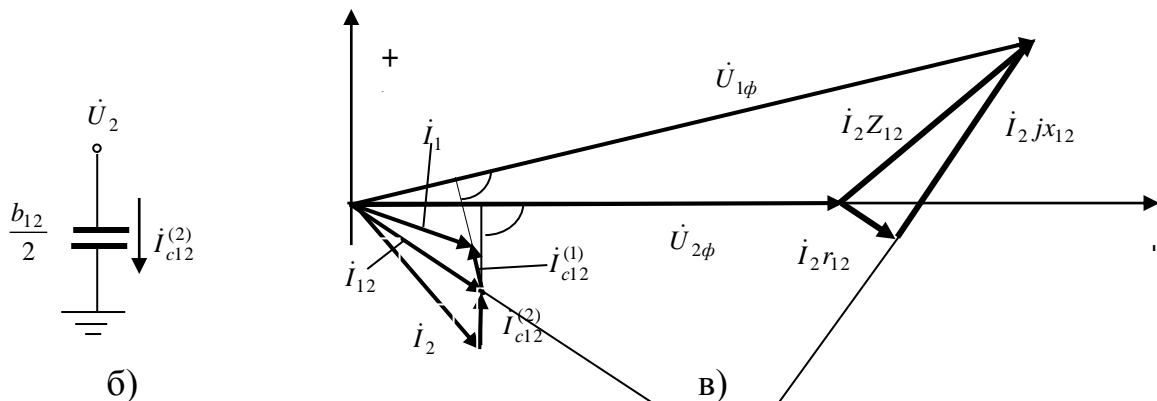
Óiääi äâёёi (3.3) нинг ýiä ðiñиёäääё ёёёё кýёёёóä÷ёёäðñё äёiПёää қудäìёҫ.

$$\Delta U_{12\phi} = I_{12} r_{12} + jI_{12} x_{12}$$

бу ерда $I_{12} r_{12}$ äâёòîð I_{12} га òäðäёёäё äа $jI_{12} x_{12}$ äâёòîðääì 90° ортда қолади. $U_{1\phi}$ кучланиш кўшилувчи $U_{2\phi}$, $I_{12} r_{12}$ ва $jI_{12} x_{12}$ векторларнинг бошини ва охирини туташтиради. Ток I_{c1} $U_{1\phi}$ дан 90° илгари ва (3.4) бүйича ðiñиёäääё.



a)



б)

3.2-расм. Электр узатиш линияси ҳолатини ҳисоблаш.

а – алмаштириш схемаси; б – сифим токини аниқлаш; в – юкламали ЭУЛ кучланиш ва токлари вектор диаграммаси.

Ҳаётда кўп ҳолларда $U_{20} < U_{10}$ (3.2в-расм).
Ҳаётда кўп ҳолларда $I_2 = 0$ ва $I_{12} = I_{c2}$ ҳоллари $U_{20} < U_{10}$.

Синов саволлари

1. Электр тармоқнинг барқарор ҳолати нима?
2. Электр тармоқнинг барқарор ҳолат тенгламалари қандай қонунлар асосида қабул қилинади?
3. Қандай ҳолларда электр тармоқнинг барқарор ҳолати тенгламаси чизикли кўринишда бўлади?
4. Қандай ҳолларда электр тармоқнинг барқарор ҳолати тенгламаси ночизикли кўринишда бўлади?
5. Электр тармоқнинг барқарор ҳолати қандай мақсадларда ҳисобланади?
6. Қандай тармоқлар очик тармоқлар дейилади?
7. Қандай тармоқлар содда ёпиқ тармоқлар ва қандай тармоқлар мураккиб ёпиқ тармоқлар дейилади?
8. Юклама токи ва кучланиши маълум бўлганда ЭУЛ ҳолати қандай ҳисобланади?
9. Электр тармоқнинг ҳисоб ва ҳолат параметрларига нималар киради?
10. ЭУЛ токи ва кучланишининг вектор диаграммасини қуринг.
11. ЭУЛ токи ва кучланишининг вектор диаграммасидан нима мақсадда фойдаланилади?

4 – маъруза

Маъруза режаси

1. ЭУЛ ҳолатини юклама қуввати ва кучланиши берилганда ҳисоблаш.
2. ЭУЛ ҳолатини юклама қуввати ва манъба кучланиши берилганда ҳисоблаш. Икки элапли усул.
3. Бир нечта кетма-кет уланган ЭУЛлардан ташкил топиб, юкламалари қувватлари маълум бўлган очик тармоқ ҳолатларини ҳисоблаш.

Таянч иборалар: Таъминловчи электр тармоқ; тақсимловчи электр тармоқ; ЭУЛ ҳолати; юклама қуввати; заряд қуввати; кучланиш пасайиши; кучланиш исрофи; қувват исрофи; вектор диаграммаси; кучланиш пасайишининг кўндаланг ташкил этувчиси; кучланиш исрофининг энг катта қиймати.

(Адабиётлар: 1-4, 6, 12-14).

4.1 Электр узатиш линияси ҳолатини юклама қуввати берилганда ҳисоблаш

ЭУЛ охирида кучланиш берилган ($\dot{U}_2 = const$). Юклама қуввати \dot{S}_2 , кучланиши \dot{U}_2 , электр узатиш линиясининг қаришилиги $Z_{12} = r_{12} + jx_{12}$ ва ўтказувчанлиги b_{12} маълум (4.1а-расм). Кучланиш \dot{U}_1 , узатиш линиясининг бўйлама қисми охири ва бошланишидаги қувватлар $\dot{S}_{12}^{(2)}, \dot{S}_{12}^{(1)}$, қувват исрофи $\Delta\dot{S}_{12}$, узатиш линияси бошланишидаги қувват \dot{S}_1 ларни топиш талаб этилади. Қизиш бўйича чекловни текшириш мақсадида, баъзан, I_{12} токни ҳам топиш талаб этилади.

Ҳисоблаш узатиш линиясининг охиридан бошланишига томон қидирилувчи қувват ва кучланишларни Кирхгоф ва Ом қонунларидан фойдаланиб аниқлаш тартибида давом эттирилади.

Узатиш линиясининг охиридаги заряд (сиғим) қуввати

$$Q_{c12}^{(2)} = 3\hat{I}_{c12}^{(2)}\dot{U}_{2\phi} = \frac{1}{2}U_2^2jb_{12}. \quad (4.1)$$

Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича узатиш линияси бўйлама қисмининг охиридаги қувват

$$\dot{S}_{12}^{(2)} = \dot{S}_2 - jQ_{c12}^{(2)}. \quad (4.2)$$

Узатиш линиясидаги қувват исрофи

$$\Delta\dot{S}_{12} = 3I_{12}^2Z_{12} = \frac{S_{12}^{(2)2}}{U_2^2}Z_{12}. \quad (4.3)$$

Узатиш линияси бўйлама қисмининг бошланиши ва охирида ток бир хил. Бўйлама қисми бошланишида қувват бу қисм охиридагига нисбатан қувват исрофи миқдориги кўп, яъни

$$\dot{S}_{12}^{(1)} = \dot{S}_{12}^{(2)} + \Delta\dot{S}_{12}. \quad (4.4)$$

Ом қонунига мувофиқ узатиш линияси бошланишидаги кучланиш:

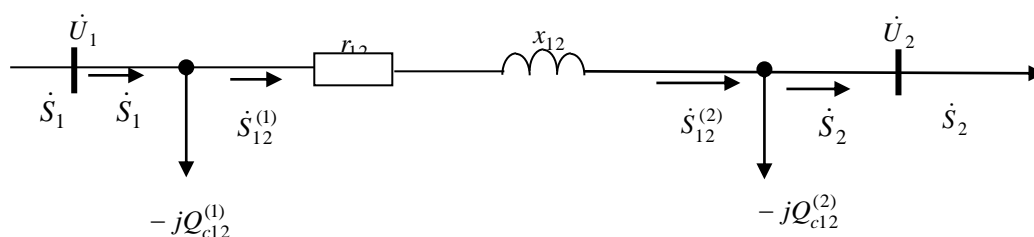
$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \sqrt{3}\hat{I}_{12}Z_{12} = \dot{U}_2 + \frac{\hat{S}_{12}^{(2)}}{\hat{U}_2}Z_{12}. \quad (4.5)$$

Узатиш линиясининг бошланишидаги заряд қуввати

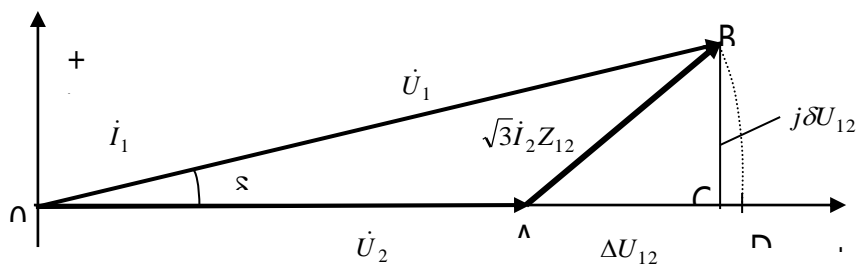
$$Q_{c12}^{(1)} = \frac{1}{2}U_1^2jb_{12}. \quad (4.6)$$

Узатиш линиясининг бошланишидаги қувват

$$\dot{S}_1 = \dot{S}_{12}^{(1)} - jQ_{c12}^{(1)}. \quad (4.7)$$



a)



б)

4.1-расм. ЭУЛ ҳолатини ҳисоблаш.

а – Юклама қуввати берилган ҳолда ЭУЛ ҳолатини ҳисоблаш схемаси; б – Охирида берилган маълумот бўйича ЭУЛ ҳолати ҳисобланганда унинг бошланиши ва охиридаги кучланишларнинг вектор диаграммаси.

Узатиш линиясининг бошланишида кучланиш берилган ($\dot{U}_1 = const$).

$\dot{S}_2, \dot{U}_1, Z_{12} = r_{12} + jx_{12}, b_{12}$ лар маълум, $\dot{U}_2, \dot{S}_{12}^{(2)}, \dot{S}_{12}^{(1)}, \Delta \dot{S}_{12}, \dot{S}_1$ ларни топиш талаб этилади (4.1-расм).

Ушбу ҳолда \dot{U}_2 номаълум бўлганлиги учун Кирхгоф ва Ом қонунларидан фойдаланиб узатиш линиясининг охиридан бошланишига томон кетма-кет равишда номаълум ток ва кучланишларни топиш мумкин эмас. 2 тугун учун эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Y_{22}\dot{U}_2 + Y_{12}\dot{U}_1 = \hat{I}_2(U) = \frac{\hat{S}_2}{\hat{U}_2}. \quad (4.8)$$

Бу тенгламани ечиб, номаълум \dot{U}_2 ни топиш ва сўнгра (4.1)-(4.4), (4.6), (4.7) ифодалар бўйича барча қувватларни ҳисоблаш мумкин.

Бироқ ушбу ҳолатда нисбатан содда ва тахминий *икки этапли* усулни қўллаш мумкин.

1-этап. Фараз қилайлик,

$$\dot{U}_2 = U_n, \quad (4.9)$$

ва олдинги маърузаларда келтирилган ифодалар бўйича қувват оқимлари ва исрофини топамиз:

$$Q_{c12}^{(2)} = \frac{1}{2} U_n^2 j b_{12}; \quad (4.10)$$

$$\dot{S}_{12}^{(2)} = \dot{S}_2 - j Q_{c12}^{(2)}; \quad (4.11)$$

$$\Delta \dot{S}_{12} = \frac{S_{12}^{(2)2}}{U_2^2} Z_{12}; \quad (4.12)$$

$$\dot{S}_{12}^{(1)} = \dot{S}_{12}^{(2)} + \Delta \dot{S}_{12}; \quad (4.13)$$

2-этап. 1-этапда топилган қувват оқими $\dot{S}_{12}^{(1)}$ дан фойдаланиб, Ом қонуни бўйича \dot{U}_2 кучланишни аниқлаймиз, лекин ток \dot{I}_{12} ни $\dot{S}_{12}^{(1)}$ ва \dot{U}_1 лар орқали ифодалаймиз:

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 - \sqrt{3} \dot{I}_{12} Z_{12} = \dot{U}_1 - \frac{\hat{S}_{12}^{(1)}}{\hat{U}_1} Z_{12}. \quad (4.14)$$

(4.10) ва (4.11) формулаларда \dot{U}_2 нинг ўрнига U_n фойдаланилганлиги учун 1-этапда қувват оқимлари тахминан топилади. Бунга мос равишда 2-этапда кучланиш \dot{U}_2 ҳам тахминан топилади.

Қувватлар ва кучланишларнинг янада аниқроқ қийматларини топиш учун 1 ва 2-этапларни кетма-кет равишда такролаш мумкин. Бундай ҳисоблашни ЭХМда амалга ошириш мақсадга мувофиқдир.

4.2 Электр узатиш линиясида кучланиш пасайиши ва кучланиш исрофи

4.1,б-расмда ЭУЛ бошланиши ва охиридаги кучланишларнинг вектор диаграммалари келтирилган. Бу диаграмма 3.2,в-расмдаги диаграммага ўхшаш.

Кучланиш пасайиши – электр узатиш линиясининг бошланиши ва охиридаги кучланишлар орасидаги геометрик фарқ, яъни бу кучланишларнинг комплекс қийматлари орасидаги фарқ. Кучланиш пасайиши вектор (комплекс) катталиқдир, яъни 4.1,б-расмда \vec{AB}

$$\vec{AB} = \Delta \dot{U}_{12} = \dot{U}_1 - \dot{U}_2 = \sqrt{3} \dot{I}_{12} Z_{12} = \Delta U_{12} + j \delta U_{12}. \quad (4.15)$$

Кучланиш пасайишининг бўйлама ташкил этувчиси ΔU_{12} кучланиш пасайиши векторининг ҳақиқий сонлар ўқидаги ёки \dot{U}_2 вектор ўқидаги проекцияси бўлиб, 4.1,б-расм бўйича у AC га тенг. Кучланиш пасайишининг кўндаланг ташкил этувчиси δU_{12} эса кучланиш пасайиши векторининг муvҳум сонлар ўқидаги проекцияси бўлиб, 4.1,б-расм бўйича у CB га тенг.

Кучланиш исрофи – электр узатиш линияси бошланиши ва охиридаги кучланишларнинг модуллари орасидаги фарқ, яъни

$$\Delta U_{12} = |U_1| - |U_2|. \quad (4.16)$$

4.1,б-расмда тасвирланган вектор диаграмма бўйича кучланиш исрофи қабул қилинган масштабда AD кесма узунлигига тенг. Агар кучланиш пасайишининг кўндаланг ташкил этувчиси δU_{12} кичик бўлса (масалан, $U_n < 110$ кВ бўлган тармоқларда) кучланиш исрофини кучланиш пасайишининг бўйлама ташкил этувчисига тенг деб ҳисоблаш мумкин.

Электр тармоқларининг ҳолатларини ҳисоблаш қувватларда олиб борилади. Шу сабабли кучланиш пасайиши, унинг ташкил этувчилари ва кучланиш исрофи ЭУЛ даги қувват оқимлари орқали ифодаланади.

4.3. $U_n \leq 35$ кВ аўтотрансформаторлиқ ЭУЛдаги кучланиш пасайиши ва кучланиш исрофи

Автоматик равишда ЭУЛга эга бўлган трансформаторлиқ ЭУЛдаги кучланиш пасайиши ва кучланиш исрофи тахминан қилинган масштабда AD кесма узунлигига тенг. Агар кучланиш пасайишининг кўндаланг ташкил этувчиси δU_{12} кичик бўлса (масалан, $U_n < 110$ кВ бўлган тармоқларда) кучланиш исрофини кучланиш пасайишининг бўйлама ташкил этувчисига тенг деб ҳисоблаш мумкин.

àéðèì Πίεεàðäà ýñà 20, 35 êВ гача áÿëääè. Òàκñèìèíâ÷è òàðííκεàð ïäàòäà ï÷εκ άÿëääè ,èè ï÷εκ Πίεàòäà èøëääè. Άó òàðííκεàð κóéëääè τυρεàðäà άÿëèíàè:

- øàΠàð òàðííκεàðè;
- κεøείκ ðÿæàèèè òàðííκεàðè;
- ñàííàò òàðííκεàðè.

Υεàðäà æóäà èàòòà ìεκàíðäà ðéèàíεø ìàâæóä, óíóíèé óçóíèèèè àà óεàðäàèé ÿεàèòð ýíàðäèÿñè èñðíòè æóäà èàòòäèèð. Άóíàí òàøκàðè óéàðíèí κóðèèèèèè èÿí ìεκàíðäà ìàòàèè ñàðòèàíàè. $U_H \leq 35$ êâ άÿëääí òàκñèìèíâ÷è òàðííκεàðíè Πεñíáεàøàγι ðóóñàò ετιшлар κóéëääè÷à:

1) ЭУЛíèí ñεΠèì κóäààòè Πεñíáäà ïèèíàèèè. Óíèí κεèíàòè (4.6) èòíàäàí àíεκεàíàè. Ííèíàè èó÷èàíèøè 110 êВ άÿëääí ЭУЛíèí ñεΠèì κóäààòι $Q_{c110} = 3$ ÍÀÐ ãà òáí(4.2,à-ðàñí) .

$U_H = 6 \div 35$ êВ άÿëääí ЭУЛèàð $U_1 = 110$ êâ άÿëääí èèíεÿεàðäàí κεñκàðíκ άÿëääè. 35êâ èó÷èàíèøèè ЭУЛ учун (4.2,б-расм) Q_{c35} Q_{c110} га нисбатан 100-90 марта кичик бÿлади:

$$\frac{Q_{c110}}{Q_{c35}} \approx (110 / 35)^2 * (100 / 10) \approx 100;$$

Q_c íèí κεèíàòè ÿúòèáíðäà ïèèíàäàíàèè ЭУЛñèí ÿεàèäàèèò àèìàøòèðø ñòáíàñè 4.2,ä-ðàñíà èàèòèðèèè. Άó ЭУЛнинг òÿðò κóóàèè сифатидаги òáíèèàíàñè κóéëääè÷à άÿëääè:

$$U_1 = U_2 + \sqrt{3} * I_2 * Z_L; \quad U_1 = A * U_2 + B * I_2;$$

$$I_1 = I_2; \quad I_1 = C * U_2 + D * I_2;$$

Άó áðäà U_1 -ЭУЛ áíøèàíèèèèè èó÷èàíèø, U_2 -ЭУЛ ïòèðèèèèè èó÷èàíèø, I_1, I_2 -èèíεÿ áíøèèèèè àà èèíεÿ ïòèðèèèèè òíèèàð, Z_L -ЭУЛ κàðøèèèèèè A, \hat{A}, \tilde{N}, D -òàκñèìèíâ÷è òàðííκ ЭУЛñè ó÷í òÿðò κóóàèèèèè áíèèèèèèè. ðκíðèèèèèè Πíèàò ò÷í: $\hat{A} = 1; \hat{A} = \sqrt{3} * Z_L; \tilde{N} = 0; D = 1;$

2) Èàáàèι ЭУЛíèí ðäàèòèè κàðøèèèèèè (ð) Πεñíáäà ïèèíàèèè. ЭУЛíèí èíàóèòèè κàðøèèèèèè øó ЭУЛ ÿòèàçè÷èèèèè òíè ïκεá ÿòäàíà Πíñèè άÿëääèèè ÿçàððóà÷áí ìàíèò ìèáííè àèèáí àèèèèèèèèè. ÿòèàçè÷èèèèè ñèèèèèè èèð-àèðèèè ÿκεί æíèèèèèèèèèè àà øó ñèèèèèèèèè ìàíèò ïκèì èàíèèèèèè ñàáàèèè èàáàèι ЭУЛíèí ðäàèòèè κàðøèèèèèè èè÷èè άÿëääè.

Èàáàèι ЭУЛíèí ÿεàèäàèèò àèìàøòèðø ñòáíàñè 4.2,ä-ðàñíà èÿðñàòèèèèè. Άó áðäà r_e -èàáàèι ЭУЛíèí àèòèè κàðøèèèèèèè.

3) Õðáíñòíðàòíðíèí ïÿèàò ÿçàèèèèèèèè κóäààò èñðíòè Πεñíáäà ïèèíàèèè. Õðáíñòíðàòíðíèí ÿεàèäàèèò àèìàøòèðø ñòáíàñè 4.2,ä-ðàñíà èÿðñàòèèèèè. Άóíà Z_m -òðáíñòíðàòíð κàðøèèèèèèè, U_p -òðáíñòíðàòíðíèí ðκíðè èó÷èàíèøèè

οείαηεάαε έο÷εαίεø, U_n -òðáíñîíðíàòíðíεíá ìáñò έο÷εαίεøεε øείαηεάαε έο÷εαίεø.

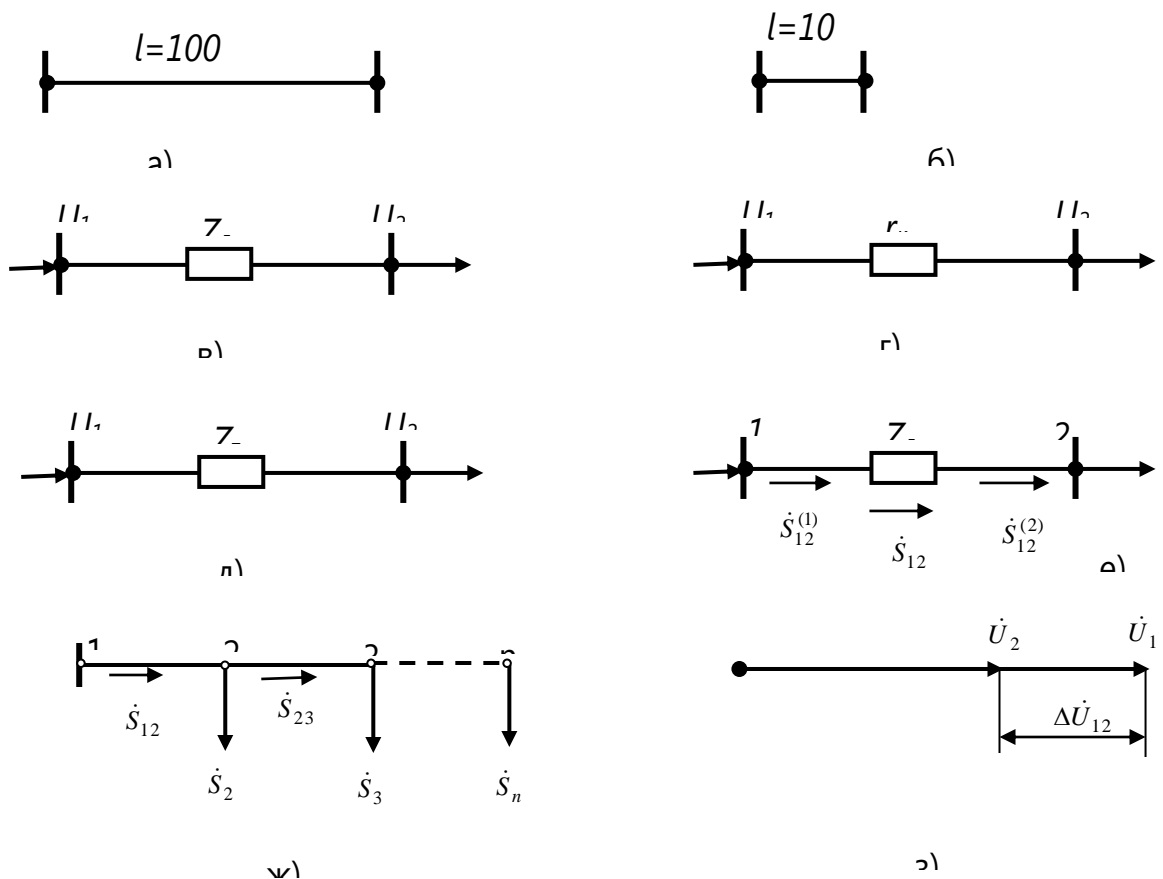
Áαð÷à òàðíêεàðäà òðáíñîíðíàòíðíεíá ÿεàò ÿçáεεάαε κóááàò εñðíòε òàκàòáεíà áεòεá κóááàò εñðíòε ΔD áà ÿíáðáεÿ εñðíòε ΔA íε áíεκεàøáà Πεñíááà ìεείááε.

4) Ó÷àñòεáεàðäááε κóááàò íκεíεàððείε Πεñíáεàøáà κóááàò εñðíòε Πεñíááà ìεείááεε. (4.2,á-ðàñí). Áóíáà $S_{12}^{(o)}=S_{12}^{(b)}=S_{12}$;

Áó εòíáááà: $S_{12}^{(b)}$ - ЭУЛ áíøëáíøεáááε òÿεà κóááàò; $S_{12}^{(o)}$ - ЭУЛ òεèðεáááε òÿεà κóááàò. ЭУЛíεíá áíøεáíΠε÷ ó÷àñòεáηεáááε κóááàò (4.2,æ-ðàñí) κóεéáááε ìíááááí áíεκεáíááε:

$$S_{12} = \sum_K^n S_K;$$

Áó áðáà ε - ðεéàíáíεíá òàððεá ìáððε, n - ðεéàíáëàρ çíηε.



4.2-расм. Таксимловчи электр тармоқларни ҳисоблашдаги рухсат этишлар.

а – 110 кВ кучланишли ҳаводаги ЭУЛ; б – 35 кВ кучланишли ҳаводаги ЭУЛ; в – ЭУЛ нинг алмаштириш схемаси; г – кабелли ЭУЛ нинг алмаштириш схемаси; д – трансформаторнинг алмаштириш схемаси; е – қувват оқимларини ҳисоблаш учун алмаштириш схемаси; ж – ҳаводаги ЭУЛ нинг бош участкасидаги қувватни аниқлаш учун алмаштириш схемаси; з – кучланишлар вектор-диаграммаси.

5) Κó÷εαίεø òóøóâεíεíá εÿíááεáíá òàøεεε ÿòóâ÷εñεíε δU ÿúòεáíðäá òεείááεε, ÿúíε òàðíκίεíá áεðεí òóáóíεàððε ìðáñεáá έο÷εαίεøíεíá ðáçá

бўйича силжиши ҳисобга олинмайди. Кучланишлар вектор диаграммаси 3.9,3-расмда келтирилган. Ҳисоблашларда кучланиш ооооаеиёиā оаκαοαēиā аўеēаиā оàøēēē уòоā÷ēиē Πēñиāāā иēēиāāē, аó уñā ēó÷ēàиēø исрофēāā оàиā:

$$\Delta U_{12} = U_1 - U_2;$$

б) Éó÷ēàиēø исрофēиē Πēñиāēāø оàðиκдаги ēó÷ēàиēøиēиā Πàκēκēē κēēиāòē аўēē÷à уиāñ, аāēēē U_H -аўēē÷à àиāēāā îøēðēēāāē:

$$\Delta U_{12} = U_1 - U_2 = \frac{P_{12}r_{12} + Q_{12}x_{12}}{U_H};$$

Аó āðāā D_{12} - ēēиēү àēòēā κóāāàòē, Q_{12} -ēēиēү ðāāēòēā κóāāàòē, r_{12} - ēēиēү àēòēā κàðøēēēāē, x_{12} - ēēиēү ðāāēòēā κàðøēēēāē.

4.4. Оàκñиēиēиā÷ē уēāēòð оàðиκēāðāā ēó÷ēàиēø исрофēиēиā уиā ēāòòà κēēиāòēиē àиēκēāø

4.3-ðàñиāā ēāēòēðēēāāи ààκñиēиēиā÷ē уēāēòð оàðиκиēиēиā àēиāøòēðēø ñōàiàñиēиē ēүðēā ÷ēκàиēç.

Аó ñōàiàиē Πēñиāēāøāā оóāóиēāðāāāē κóāāàò S_K , ЭУЛ àиøланишēāāāē ēó÷ēàиēø U_1 āā ЭУЛ ó÷àñòēāēāðēāāāē κàðøēēēēēāð Z_{kj} āāðēēāи. Аóиā: ē-ЭУЛ ó÷àñòēāñē àиøēāāē оóāóи ìиāðē, j-ó÷àñòēā ìðēðēāāāē оóāóи ìиāðē.

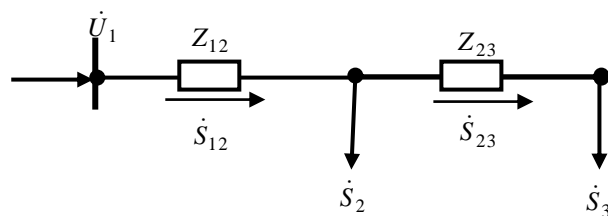
Оóāóиēāðāāāē ēó÷ēàиēø āā ЭУЛ ó÷àñòēāēāðēāāāē κóāāàò îκēиēиē (S_{kj}) àиēκēāниøи ēāðāē. S_{kj} κóāāàò Èēððāиòиēиā àēðēи÷ē κиíиē аўēē÷à àиēκēàиāāē:

$$S_{23} = S_3; \quad S_{12} = S_2 + S_3; \quad (4.17)$$

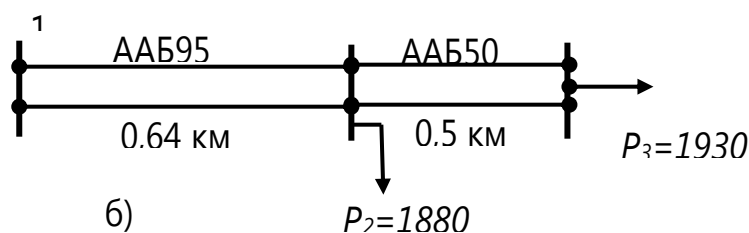
Аóиā ЭУЛ ó÷àñòēāēāðēāāāē àēòēā āā ðāāēòēā κóāāàòēāð κóēēāāāē÷à аўēēāē:

$$P_{23} = P_3; \quad P_{12} = P_2 + P_3; \quad (4.18)$$

$$Q_{23} = Q_3; \quad Q_{12} = Q_2 + Q_3; \quad (4.19)$$

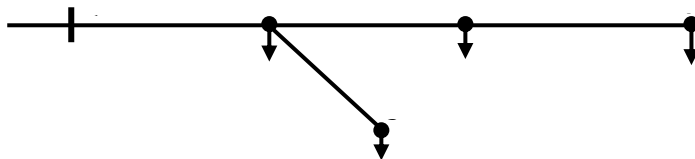


а)



б)

Áèð íá÷òà øoxía÷àãàí èáíðàò áýëãàí òàðííκàà èó÷èàíèø ισροφιείιά γιά èàòòà κέείàòè κáíááé àìεκèàíèøείè èýðèá ÷εκáìèς (4.4-ðáñì).



4.4-расм. Тармоқланган очик электр тармоқ.

Áóíείá ó÷óí $\Delta U_{13}, \Delta U_{15}$ -èó÷èàíèø ισροφεάðèείè àìεκèàείèς:

$$\Delta U_{13} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23};$$

$$\Delta U_{15} = \Delta U_{12} + \Delta U_{24} + \Delta U_{45}.$$

Àãàð $\Delta U_{24} + \Delta U_{45} > \Delta U_{23}$, áýëñà, ó Πίëàà ΔU_{15} èó÷èàíèø èýκíèèøείείá γιά èàòòà κέείàòè áýèààè.

Ìèññè-4.1. Èàááèιι ΕΥΛðαν ιβορατ βýλγαν 10 èВ èó÷èàíèøèè ýèàèòð òàðííΠè ááðèèãáí (4.3,á-ðáñì). Ρèèàíáíείá κóááàò èíýòòèèèáíòè ñìs□=0,96. Òàðííκáááè èó÷èàíèø ισροφιείιά γιά èàòòà κέείàòèείè àìεκèàø ταλαβ этилади. Кýлланмаáí èáááèιι ΕΥΛðар ó÷óí ñíèèøòèððíà èàòòàèèèèáððíè òííáìèς:

ΑΑΒ95: $r = 0.326 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0.083 \text{ Ом/км};$

ΑΑΒ50: $r = 0.62 \text{ Ом/км}; \quad x_0 = 0.09 \text{ Ом/км};$

ΕΥΛίείá àèòèá àà ðáàèòèá κáðøèèèèèáððíè àìεκèàείèς:

$$r_{12} = 0,5 * 0,326 * 0,64 = 0,104 \hat{\text{Í}};$$

$$x_{12} = 0,5 * 0,083 * 0,64 = 0,027 \hat{\text{Í}};$$

$$r_{23} = 0,5 * 0,62 * 0,5 = 0,155 \hat{\text{Í}};$$

$$x_{23} = 0,5 * 0,09 * 0,5 = 0,022 \hat{\text{Í}};$$

Èèððáíòíείá áèðεί÷è κίíóíè áýèè÷à ΕΥΛáà óçàòèèà,òááí àèòèá κóááàòèáððíè àìεκèàείèς:

$$D_{12} = D_2 + D_3 = 1880 + 1930 = 3810 \text{ èÁò};$$

$$D_{23} = D_3 = 1930 \text{ èÁò};$$

Πèñíáèáíááí àèòèá κóááàòèáðð áà κóááàò èíýòòèèèáíòè ìðκáèè ΕΥΛ ó÷àçèèáððèááè ðáàèòèá κóááàòèáððíè àìεκèàείèς:

$$Q_{12} = D_{12} t_{\sigma\varphi} = 3810 * 0.292 = 1113 \text{ èΒΑΡ};$$

$$Q_{23} = D_{23} t_{\sigma\varphi} = 1930 * 0.292 = 564 \text{ èΒΑΡ};$$

23 áà 12 èèíèýèáððáááè èó÷èàíèø ισροφε:

$$\Delta U_{23} = \frac{1930 * 0,155 + 564 * 0,022}{10} = 31,2 \text{ В},$$

$$\Delta U_{12} = \frac{(1880 + 1930) * 0,104 + (1113 + 564) * 0,027}{10} = 44,2 \text{ В}.$$

Òàðííκáááè èó÷èàíèø ισροφεείείá γιά èàòòà κέείàòè:

$$\Delta U_{\text{з,кам}} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} = 31,2 + 44,2 = 75,4 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{э.кат}} = \frac{0,0754}{10} \cdot 100 = 0,75\%.$$

Синов саволлари

1. ЭУЛнинг ҳолати қандай мақсадларда ҳисобланади?
2. Охирида юклама қуввати ва кучланиши маълум бўлган линиянинг ҳолати қандай ҳисобланади?
3. ЭУЛда кучланиш пасайиши ундаги қувват оқими ва кучланиш орқали қандай ифодаланади?
4. ЭУЛда кучланиш исрофи ундаги қувват оқими ва кучланиш орқали қандай ифодаланади?
5. ЭУЛда қувват исрофи ундаги қувват оқими ва кучланиш орқали қандай ифодаланади?
6. Бошланишида юклама қуввати ва кучланиши маълум бўлган линиянинг ҳолати қандай ҳисобланади?
7. Охирида юклама қуввати ва бошланишида кучланиш маълум бўлган ЭУЛ ҳолати қандай ҳисобланади?
8. Кетма-кет яқинлашиш усулининг маъноси нимадан иборат?
9. Икки этапли усулнинг маъноси нимадан иборат?
10. Тақсимловчи электр тармоқларини ҳисоблашда қандай соддалаштиришлар қабул қилинади?
11. Тақсимловчи электр тармоқларини ҳисоблашда қабул қилинувчи соддалаштиришларни асосланг.
12. Электр тармоқда кучланиш пасайиши нима? У бошқа параметрлар орқали қандай аниқланади?
13. Электр тармоқда кучланиш исрофи нима? У бошқа параметрлар орқали қандай аниқланади?

5 – маъруза

Маъруза режаси

1. Содда ёпиқ тармоқларни икки томондан таъминланувчи тармоқлар кўринишига келтириш.
2. Икки томондан таъминланувчи тармоқларда қувват оқимларини исрофни эътиборга олмасдан ҳисоблаш.
3. Икки томондан таъминланувчи тармоқларда қувват оқимларини исрофни эътиборга олиб ҳисоблаш.
4. Икки томондан таъминланувчи тармоқларда кучланишнинг тақсимланишини ҳисоблаш.

Таянч иборалар: очик тармоқ; содда ёпиқ тармоқ; мураккаб ёпиқ тармоқ; икки томондан таъминланувчи тармоқ; икки этапли усул; қувват исрофи; кучланиш пасайиши; кучланиш пасайишининг бўйлама ташкил этувчиси; кучланиш пасайишининг кўндаланг ташкил этувчиси; кучланиш исрофи.

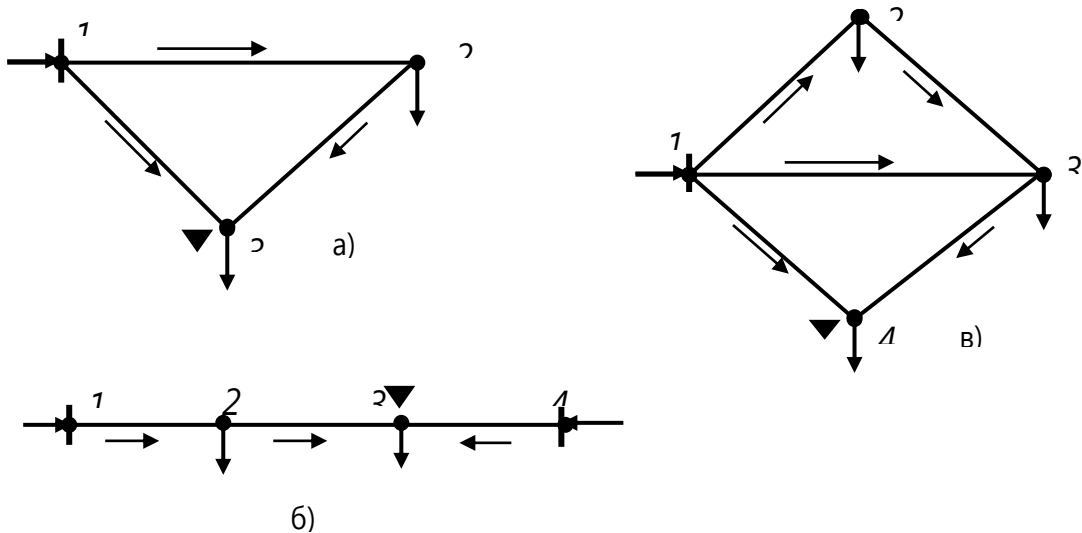
(Адабиётлар: 1-4, 6, 12-14).

5.1 Ёпиқ тармоқнинг ёпиқ ёпиқ тармоқга айлантириш

Рқідәәà ì÷èқ оàðììкәàð Пíеàòеàðеíе ёўðеà ÿòääì áýеñàе, үíàе еíèқ үеàеòð оàðììкәàðе Пíеàòеíе ёўðеà ÷èқàìеç. Í÷èқ үеàеòð оàðììкәàðеàà Пàììà тугуíеàð оàқàò áеòòà øàПíá÷àääì оàùíеíеàíàäе. Бундай очик тамоқлар шаҳобчаланган ёки шаҳобчаланмаган бўлиши мумкин.

Ñíäàà ,ìèқ үеàеòð оàðììкәàðеàà еèеèòà øàПíá÷àääì қоáààò еñòàùíе кееàäеäàì оóãóíеàð áíð, еàеéí оíààí îðòèқ øàПíá÷àääì қоáààò еñòàùíе кееàäеäàì оóãóíеàð ёўқ. (5.1,à,á-ðàñì). Ñíäàà ,ìèқ үеàеòð оàðììкәàð оàқàò áеòòà еííòóðäà ÿà.

Àеéàíìà (халқасимон) үеàеòð оàðììкәàð ñíäàà ,ìèқ үеàеòð оàðììкәàð оóãóíеèе ёўðеíеèе Пèñíáеàíàäе. (5.1,à-ðàñì). Ó áеòòà ,ìèқ еííòóðäàí еáíðàò. Òàùíеíеíà÷èè ìàíàà ñèòàòеàà үеàеòð ñòàíòеýеàðäàì ,èè ñèñòàíàäàäе үеàеòð ñòàíòеýñèäà оеàíäàì нимñòàíòеýеàð øеíàеàðеäàì оíеäàäеàíеèäàäе. 5.1,à-ðàñìäàäе ,ìèқ үеàеòð оàðììкәàð 5.1,à-ðàñìäàäеäàäе еèеè оíííäàì оàùíеíеàíòà÷èè оàðììкәàð ёўðеíеèеàà оàñàèðеàø ìòíеéí.



5.1-ðàñì.Ñíäàà ,ìèқ оàðììкәàð.

à - у÷áóð÷àе øàеèеäàäе ñíäàà ,ìèқ оàðììкәàð; á - еèеè оíííäàì оàùíеíеàíòà÷èè оàðììкәàð; ä - ìóðàеéàá епик оàðììкәàð.

Пàқèқàòäàì Пàì 1-оóãóííе еèеèäà áýеñàе àà áó оóãóíеàðíе 1 àà 4 ääà ääеèеèàñàе, ó Пíеàà 5.1,à-ðàñìäàäе ,ìèқ үеàеòð оàðììкәàð 5.1,à-ðàñìäàäе еèеè оíííäàì оàùíеíеàíòà÷èè еèèеý Пíñèèе áýеàäе.

Íóðàккàá ,ìèқ үеàеòð оàðììкәàðеäàà ó÷òà àà оíààí îðòèқ øàПíá÷àäèèе áèðеàøòèðòà÷èè оóãóíеàð ìàâæóä (5.1,à-ðàñì). Áóíäàäе оàðììкәàð еèеè ,èè оíààí îðòèқ еííòóðäàí еáíðàò áýеàäе.

Íóðàеéàá үеàеòð оàðììкәàðеíеíà àòçàеèеèе øóíàäеè, оеàðäà еñòàùíе÷èèäèèе оàùíеíеàøàà øòí÷èèèèè äàðàæàñè èàòòà àà қоáààò еñòíòè èàì áýеàäе, èàì÷èèèèе ÿñà - оíеäàäеàíеøàà ìóðàеéàá àà қýøеì÷à èèèеýеàð Пèñíáеàà оàðììкәàð қóðдèеèèèèе кèìàòäà оóøàäе. Ñíèқ үеàеòð оàðììкәàð Пíеàòеíе Пèñíáеàø ì÷èқ оàðììкәàð Пíеàòеíе Пèñíáеàøààì кèèèèðèқ áýеàäе.

Ό όύε άέέαι S_{34} κóääò ìκείείέ ό÷όί Παì κóέääääë èôïääíé êäèèðèá ÷έκàðèø ïóíέí:

$$\dot{S}_{43} = \frac{\sum_{k=2}^3 \dot{S}_k \mathcal{X}_{1k}}{\mathcal{X}_{14}}. \quad (5.5)$$

Άό äðää $\mathcal{X}_{13} = \mathcal{X}_{12} + \mathcal{X}_{23}$.

S_{23} κóääò ìκείείείä κέείàðείé Èèðöáíóíείä áèðεί÷έ κίίóíé àññèää (5.2) èôïääääì òñèø ïóíέí.

n-òà òòäóíää ýää áýèääì èèìέýíé èýðèá ÷έκàìèç (5.2, ä-ðàñì). Èèìέýíείä áíøèáìΠè÷ ó÷àñòèèèäèèääääë κóääò ìκείèèðè κóέääääë÷à àìέκèáíáèè:

$$\dot{S}_{12} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1} \dot{S}_k \mathcal{X}_{kn}}{\mathcal{X}_{1n}}; \quad (5.6)$$

$$\dot{S}_{n,n-1} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1} \dot{S}_k \mathcal{X}_{1k}}{\mathcal{X}_{1n}}; \quad (5.7)$$

Ρèèää òíèèèðè i_k ìàúέóì áýèñà, èèìέýíείä áíøèáìΠè÷ ó÷àñòèèèäèèääääë òíèèèðíé Παì (5.6) äà (5.7) èôïääèèäèèääääë àìέκèèø ïóíέí:

$$i_{12} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1} i_k \mathcal{X}_{kn}}{\mathcal{X}_{1n}}; \quad (5.8)$$

$$i_{n,n-1} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1} i_k \mathcal{X}_{1k}}{\mathcal{X}_{1n}}; \quad (5.9)$$

Άèð æείñèè òàðñìκ àèìèðèðèðè ñöàìàñείείä Παììà øàΠíá÷àèèðèää àèèèä äà ðääèðèèä κàððèèèèèèðè ìèñààòèèðè áèð ðèè áýèääè:

$$\mathbf{x}_{kj} / r_{kj} = \mathbf{x} / r = const. \quad (5.10)$$

Όóíείä ó÷όί (5.6) áèð æείñèè ýèèèðð òàðñìΠè ó÷όί κóέääääë÷à çèø ïóíέí:

$$\begin{aligned} \dot{S}_{12} &= \frac{\sum_{k=2}^{n-1} (P_k + jQ_k) \left\{ 1 - j \frac{X_{kn}}{r_{kn}} \right\} r_{kn}}{\left\{ 1 - j \frac{X_{1n}}{r_{1n}} \right\} r_{1n}} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1} (P_k + jQ_k) \left\{ 1 - j \frac{x}{r} \right\} r_{kn}}{\left\{ 1 - j \frac{x}{r} \right\} r_{1n}} = \\ &= \frac{\sum_{k=2}^{n-1} (P_k + jQ_k) r_{kn}}{r_{1n}}; \end{aligned}$$

èèè:

$$\dot{S}_{12} = P_{12} + jQ_{12} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1} P_k r_{kn}}{r_{1n}} + j \frac{\sum_{k=2}^{n-1} Q_k r_{kn}}{r_{1n}}; \quad (5.6, \text{à})$$

Όσάεε ροίαε (5.7) εοίαεε Παί αεδ æείνεε γέαεοδ οαδίΠε ο÷οί κóεεααε÷α ,çεø ίοίεεí:

$$\dot{S}_{n,n-1} = P_{n,n-1} + jQ_{n,n-1} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1} P_{1k} r}{r_{1n}} + j \frac{\sum_{k=2}^{n-1} Q_{1k} r}{r_{1n}}; \quad (5.7, \alpha)$$

Παίια ο÷αñoεαεαδίεíã ñíεεøοεδία àεοεá àà δααεοεá (r₀, x₀) καθøεεεεεεαδε Παίια εáñεí ρçαεαδε αεδ οεε άγέαái γοεαçαε÷εαδίαί οαέ,δεαίáái αεδ æείνεε γέαεοδ οαδίΠε ο÷οί κóαααò íκείεαδείε ο÷αñoεαεαδ οçοίεεεεαδε άγέε÷α οίíεø ίοίεεí, ÷οίεε Παδ αεδ øαΠία÷αίεíã καθøεεεεεεαδε κóεεααε÷α:

$$Z_{kj} = (r_0 + jx_0) * l_{kj};$$

Άοοοί εείεγ άγέε÷α γοεαçαε÷εαδίεíã εáñεí ρçαñε αεδ οεε άγέεαíáα (5.7) àà (5.8) εοίαεεαδίε κóεεααε÷α ,çεø ίοίεεí:

$$\left. \begin{aligned} \dot{S}_{12} &= \frac{\sum_{k=2}^{n-1} \dot{S}_k l_{kn}}{l_{kn}}; \\ \dot{S}_{n,n-1} &= \frac{\sum_{k=2}^{n-1} \dot{S}_k l_{1k}}{l_{1k}} \end{aligned} \right\} \quad (5.11)$$

Άό áδää: l_{kn}, 1_{1n}, 1_{1k} - ίñ Πίεää k va n, 1 va k, 1 va k οóαοίεαδ ίδãñεααε ο÷αñoεαεαδ οçοίεεεεαδε.

Έαεοεδεá ÷εκαδεεαái άό εοίαεεαδääí εγδεíεá οοδεάαεεε, αεδ æείνεε γέαεοδ οαδίΠε ο÷αñoεαεαδεää àεοεá àà δααεοεá κóαααοεαδ οακñεíεαίεøε αεδ-άεδεää αίΠεεκ γíãñ. Άοίαεε οαδίκεαδää P àà Q εαδίεíã οακñεíεαίεøείε ñíααεεαøοεδεεεαε. Άεοοαñε οακαò àεοεá ρεεαía áεεái, εκεí÷εñε γñà οακαò δααεοεá ρεεαía áεεái ρεεαίοεδεεεαái, εεεεοα αεδ - áεδεää αίΠεεκ άγέíααái οαδίκ εγδεíεøεää Πεñíaεαíáε (5.2,ã àà 5.2,ä-δãñíεαδ). Óεαδίεíã Παδ αεδε ο÷οί 5.2,ã-δãñíáαε ñõái άγέε÷α àεοεá κóαααò οακñεíεαίεøε, 5.2,ä-δãñíáαε ñõái άγέε÷α δααεοεá κóαααò οακñεíεαίεøε αίεκεαíáε. Οαδίκίεíã ο÷αñoεαεαδεääε ογέα κóαααòεαδ øó ο÷αñoεαεαδääí íκεá γοα,οääí àεοεá àà δααεοεá κóαααοεαδ εεΠεíεñε εγδεíεøεää αίεκεαíáε (5.2,â-δãñí). Άοίαεε όñοε Πεñíaεαø εø Παæíεíε εαíεοεδääε.

Øοίαά γύοεαίδ κεεεø εáδääε, οαδίκίεíã Παίια ο÷αñoεαεαδεää γοεαçαε÷εαδ εáñεí ρçαñεíεíã οαίεεεεε οαδίκίεíã αεδ æείνεε áää Πεñíaεαίεøεää ãñíñ άγέα ίεíεáεε. Άοίεíã ο÷οί γíà οαδίκίεíã Παίια ο÷αñoεαεαδεíεíã ñíεεøοεδία àεοεá àà δααεοεá καθøεεεεεεαδε Παί αεδ οεε άγέεøε εáδääε.

Οαδίκίεíã αεδ κεñíε Παái εείεγñεääí, κίεääí κεñíε εαááεü εείεγñεääí εαίδαο άγέñà, γοεαçαε÷εαδίεíã εáñεí ρçαñε αεδ οεε àà αεδ οεε ίαοαεεái οαέ,δεαίáái άγέñà Παί άό οαδίκ αεδ æείνεε άγέα ίεíεáεε. Áääδ οαδίκίεíã Παδ οεε ο÷αñoεαεαδεää γοεαçαε÷εαδ ίδãñεααε γδòα÷α áãíãòδεε ίãñíòà αεδ οεε άγέíãñà, άοοοί οçοίεεε άγέεää αεδ οεε

ϕοεαϕε÷ααί οαέ,δεαίααί οαδίκ Παί αέδ αείνέε άϕείαεε. Αό εεεεα Παίεα Παί εείεϕ
 ο÷αηοεαεαδεααε ηίεεοοεδία αεοεα καθοεεεεεαδε οαίά άϕεηα Παί ηίεεοοεδία
 δααεοεά καθοεεεεεαδε οαίά άϕείαεε.

Παδ οεε ο÷αηοεαεαδαά ϕοεαϕε÷εαδ εαηει ρεαεαδε αα οεαδίκία ϕεαδί αείεεαοαε
 οοδεε÷α άϕεααί тармоқларни ηοίυεε οηοεεαδ ,δααίεαα αέδ αείνέε κεεεο ίοίεεί.
 Αοίαα οαδίκίεία αέδει ο÷αηοεαεαδεαα είίααίηαοιδίε εαοία-εαο οεαο ,δααίεαα ϕδεοεο
 ίοίεεί. Είίααίηαοιδίεία καθοεεεεεε οοίαε οαίεαίεοε εαδαεε, αοίαα οαδίκίεία αέδει
 ο÷αηοεαεαδεααε αεοεα αα δααεοεα καθοεεεεεεαδε ίεηααοεαδε αέδ οεε άϕεηει. Αέδει
 Παίεεαδαα αοίεία ίαοεαηεεαα οαδίκααε κοάααο αα ϕάδϕεϕ εηδίοεαδείε εαίαεοδεεά,
 εηοαύίε÷εααε εο÷εαίεο Παίεαοε ϕοεεεαηαε.

$$Εείεϕίεία ο÷εαδεαα Παδ οεε εο÷εαίεο ααδεεαί, ίαηεαί $U_1 > U_4$ (5.2,α-δαηί).$$

Юεεαία κοάααοεαδε s_1, s_2 ва εείεϕ ο÷αηοεαεαδείεα καθοεεεεεεαδε Z_{kj} маълум. S_{kj}
 κοάααο ίκείεαδείε οίεο εαδαε.

Υεαεοδίοαοίεεαίεία ίαϕαδεε αηηεαδε εοδηεαί ίαυεοί άϕεααί οηοία - οηο κϕεεο
 οηοεεααί οίεααεαίεά 5.2,α-δαηίααε εείεϕίε 5.2,α αα 5.2,ϕ-δαηίεαδααε εεεεοα εείεϕ
 αεεαί αείαοοεδεο ίοίεεί. Εείεϕίεία αίεαίΠε÷ Παίεαοεααε κοάααο ίκείεαδείε ϕηα Παίηεε
 άϕεααί εκκεοα εείεϕίεία κοάααο ίκείεαδε εεΠείαεηε εϕδείεοεαα αίεκεαο ίοίεεί.
 5.2,α-δαηίααε ο÷εαδεααε εο÷εαίεοε αέδ οεε άϕεααί εείεϕίεία κοάααο ίκείεαδε
 (5.4) αα (5.5) εοίαεαδααί αίεκεαίαε. 5.2,ϕ-δαηίααε εείεϕαα εαοοα εο÷εαίεοεε
 таъминлаш манбасидан εε÷εε εο÷εαίεοεε таъминлаш манбасига томон I_T
 οαίάεαοοεδόα÷ε οίε αα S_T οαίάεαοοεδόα÷ε κοάααο ίκααε:

$$\left. \begin{aligned} i_T &= \frac{U_1 - U_4}{\sqrt{3}Z_{14}}; \\ s_T &= \sqrt{3}E_T U_H = \frac{U_1 - U_4}{Z_{14}} U_H; \end{aligned} \right\} \quad (5.12)$$

(5.4), (5.5) αα (5.12) εοίαεαδααί αίεκεαίααί κοάααο ίκείεαδε ,δααίεαα 5.2,α-δαηίααε
 εκκε οίίίααί οαύίείεαίοα÷ε εείεϕδαγι κοάααο ίκείεαδείε αίεκεαο ίοίεεί:

$$S_{12} = \frac{\sum_{k=2}^3 \dot{s}_k \mathcal{E}_{k4}}{\mathcal{E}_{14}} + S_T \quad (5.13)$$

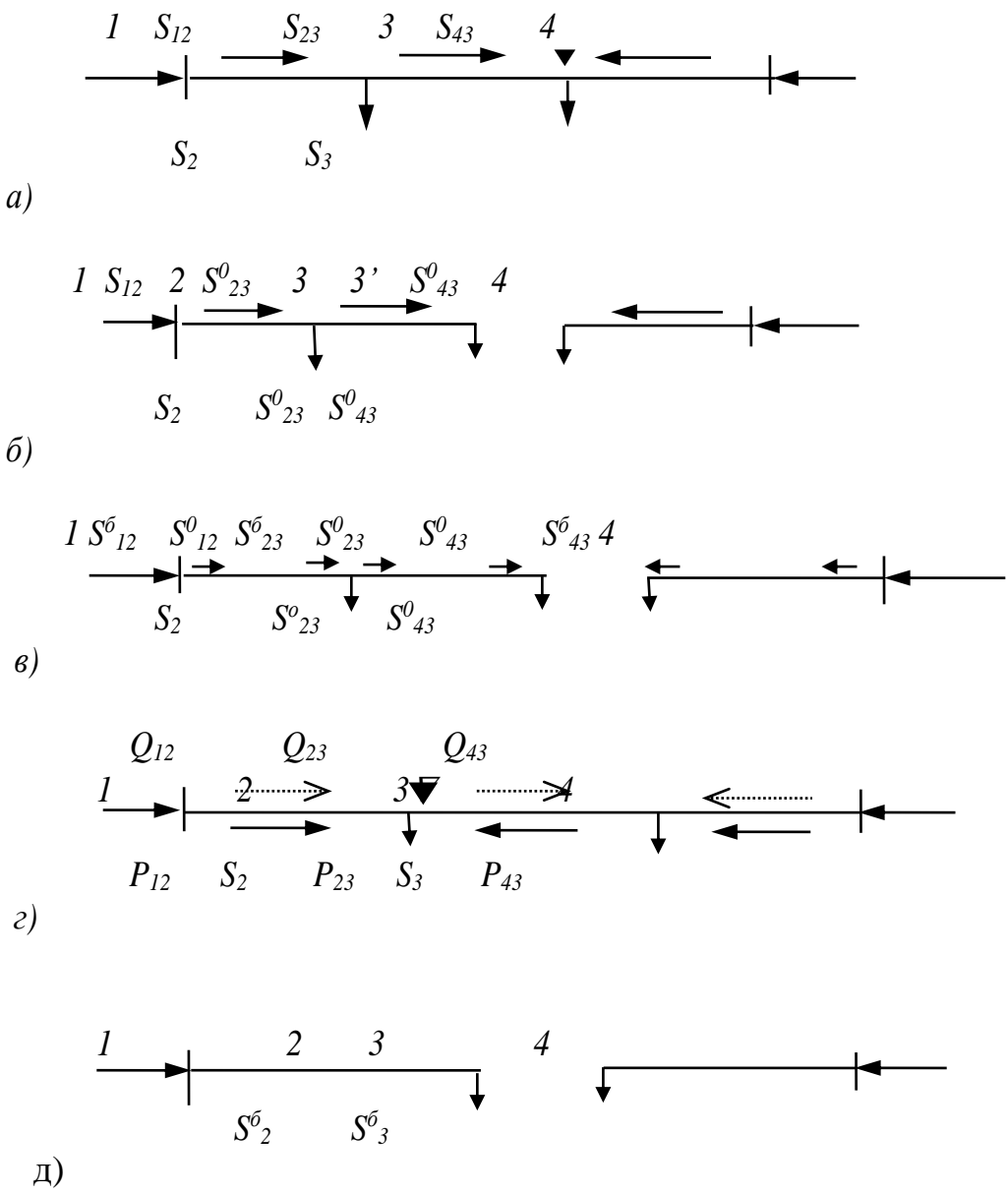
$$S_{43} = \frac{\sum_{k=2}^3 \dot{s}_k \mathcal{E}_{k1}}{\mathcal{E}_{14}} - S_T \quad (5.14)$$

ΔS_{ej} κοάααο εηδίοε κροεεααε÷α αίεκεαίαε:

$$\sum \Delta \dot{s}_{kj} = \sum 3I_{kj}^2 Z_{kj} = \sum \frac{S_{kj}^2}{U_H^2} Z_{kj}.$$

Νίααα ,ιεκ οαδίκεαδαα κοάααο ίκείείεία οακηείεαίεοείε κοάααο εηδίοείε
 □εηίααα ίεααί □ίεαα αίεκεαο. Νίααα ,ιεκ οαδίκααί □ίηεε κεεείααί 5.3,α-δαηίααε

εκκε οίίίεαίà òàúίίεαίòá÷è εείεýίε εýðεά ÷εκαίεç. Íεäεί (5.4), (5.5), (5.2) εδίääεäð ,ðääίεää κóääàò εñðίòεäðείε □εñίáää ίεíääáí □ίεää S_{12} , S_{23} , S_{43} κóääàò ίκείεäðείε áίεκεäείεç. Φαράз қилайлик, қуwwат оқимининг бўлиниш нуқтаси íокòàñè 3 óóáí. Унда линияни 5.3,á-ðàñíääãèääê 3 óóáíéääí εέέεää àæðàòàίεç ва пайдо бўлган 13 □àíää 43 εείεýεäðääãè κóääàò ίκείεäðείε í÷εк òàðíίκεäð □ίεäðείε □εñίáεàγανääãèääê □εñίáεäείεç.



5.3-ðàñí. ïεк ýεäεòð òàðíίεää κóääàò εñðίòείε Πεñίáää ίεääí Πίεää κóääàò οκείεäðείεíä òàκñèίεäίεè:

- à - òàðíίκείá áίøεáíΠε÷ εýðείεøè; á - òàðíίκείε εέέεòà εείεý εýðείεøεää òàñáεðεäίεè; ä - κóääàò εñðίòεäðείε Πεñίáää ίεääí Πίεää εείεýääãè κóääàò ίκείεäðείε Πεñίáεäøää εøεäòεεääãèääí ááεäεèäøεäð;
- ã - àεòεä äà ðääεðεä κóääàò ίκείεäðείεíä áýεείεø íókòàñè ίñ εάεíääáí Πίεää òàðíίκείá òàñáεðεäίεè; ä - κóääàò ίκείεäðè ίñ εάεíääáí Πίεää òàðíίκείá àæðàòεέεè.

2. Икки томондан таъминланувчи тармоқларда қувват оқимларининг тақсимланишини ҳисоблашда тенглама қайси қонун асосида ва қандай тузилади?
3. Икки томондан таъминланувчи тармоқларнинг таъминлаш пунктларида кучланиш бир хил бўлган ҳолатда қувват тақсимланиши қандай ҳисобланади?
4. Икки томондан таъминланувчи тармоқларнинг таъминлаш пунктларида кучланиш ҳар хил бўлган ҳолатда қувват тақсимланиши қандай ҳисобланади?
5. Қувват оқимининг бўлиниш нуқтаси деб қандай нуқтага айтилади? У қандай аниқланади?
6. Икки томондан таъминланувчи тармоқларда қувватнинг тақсимланиши исрофни ҳисобга олиб қандай аниқланади?
7. Икки томондан таъминланувчи тармоқларда кучланиш қандай аниқланади?
8. Икки томондан таъминланувчи тармоқда қувват оқимининг бўлиниш нуқтасидаги кучланиш қандай ҳисобланади?
9. Халқасимон электр тармоқ қандай қилиб икки томондан таъминланувчи тармоқ кўринишига келтирилади?
10. Қувват оқимининг тақсимланиш нуқтаси актив ва реактив қувватлар бўйича турлича бўлган ҳолатда қувват оқимлари исрофни ҳисобга олиб қандай топилади?

6 – маъруза

Маъруза режаси

1. Электр тармоқнинг тўғри чизикли тенгламалари.
2. Электр тармоқнинг эгри чизикли тенгламалари.
3. Электр тармоқнинг элементлари.
4. Тармоқнинг алмаштириш схемаси. Очик ва ёпиқ тармоқлар.
5. Электр тармоқнинг тугун кучланишлари тенгламалари.
6. Чизикли тугун кучланишлари тенгламалари системасини оддий ва Зейдел усуллари ёрдамида ҳисоблаш.

Таянч иборалар: алмаштириш схемаси; актив элемент; пассив элемент; очик тармоқ; ёпиқ тармоқ; турғун ҳолат; базис тугун; балансловчи тугун; тугун кучланишлари тенгламалари; итерация; оддий итерация; матрица; хусусий ўтказувчанлик; ўзаро ўтказувчанлик.

(Адабиётлар: 1, 2, 5, 6, 8).

Электр тармоқ ҳолатларини тугун тенгламалари асосида ҳисоблаш

6.1. Электр тармоқ турғун ҳолатининг чизикли ва эгри чизикли тенгламалари.

Электр системасини электр энергияни ишлаб чиқариши, узатиш ва тақсимлаш истеъмол қилувчи электр занжирлари сифатида қараш мумкин.

*Алмаштириш схемаси*_(ёки схема) деб электр занжирларини ташкил этувчи қисмларнинг ўзаро тутатиш кетма-кетлиги ва уларнинг хоссаларини ифодаловчи график тасвирига айтилади.

Очик тармоқларда ҳар бир тугун фақат бир томондан манбаланади. Ҳар қандай шаҳобча узилган ҳолатида у орқали қувват оқиб борувчи барча тугунлар манбадан узилади.

Камида битта контурга эга бўлган электр тармоғи *ёпиқ тармоқ* деб аталади. Ёпиқ электр тармоқда икки ёки ундан кўп томондан манбаланувчи камида битта тугун мавжуд бўлади.

Электр тармоқлар схемалари элементлари актив ва пассив элементларига бўлинади:

Алмаштириш схемаларининг *пассив элементлари* (қаршилиқлар ва ўтказувчанлиқлар) электр токининг ўтиши учун йўл ҳосил қилади. Электр тармоқларининг пассив элементлари (шаҳобчалари) одатда бўйлама ва кўндаланг элементларга бўлинади.

Алмаштириш схемасининг *актив элементи* – бу ЭЮК ва ток ман-баларидир. Улар занжирнинг уланган нуқталарида кучланиш ва токнинг қийматларини бошқа элементларнинг параметрларига боғлиқ бўлмаган ҳолда аниқлайди.

Электр системаларнинг турғун ҳолатларини ҳисоблашда ЭЮК манбалари кам фойдаланилади. Улар асосан қисқа туташув тоқлари ва турғунликни ҳисоблашда кенг қўлланилади. Шу сабабли қуйида гап асосан ток манбалари ҳақида боради.

Шундай қилиб, юқорида кўриб ўтилган электр занжир пассив элементларининг асосий параметрлари бўлиб актив қаршилиқ r , индуктивлик L ва сиғим C ҳисобланади. Баён этишни осонлаштириш учун ўзаро индуктивликни ҳисобга олмаймиз. Занжир параметрлари ҳар доим у ёки бу даражада ток ва кучланишга боғлиқдир. қаршилиқ r токка боғлиқ равишда ўзгаради, чунки бунда ўтказгичнинг ҳарорати ўзгаради. Конденсатор сиғими кучланишга ва ғалтак индуктивлиги токка боғлиқ ҳолда ўзгариши мумкин. Бироқ бу боғлиқликлар шунчалик даражада заифки уни ҳисобга олмаслик ва пассив элементлар параметрларини кучланиш ва токка боғлиқмас деб қараш мумкин. Бундай ҳолатларда электр занжири элементларининг характеристикаларини (r қаршилиқда кучланишни токка боғланишини, C сиғимли зарядни кучланишга боғланишини ва индуктивлиги L бўлган ғалтакда пайдо бўлувчи магнит оқимини токка боғланишини) туғри чизиқ кўринишда тасвирлаш мумкин. Занжирнинг бундай элементларини *чизиқли* деб юритилади. Чизиқли элементларда r, C, L доимий, яъни улар кучланиш ва токка боғлиқ эмас.

Кучланиш ва ток манбалари доимий (ўзгармас) бўлганда *электр занжирларининг турғун ҳолати* деб унинг шундай ҳолатига айтиладики, бунда ҳар қандай шаҳобчада ток ва ҳар қандай тугунда кучланиш узоқ давр мобайнида ўзгаришсиз қолади. Чизиқли пассив элементлар ва модули ҳамда фазаси ўзгармас ток манбаларига эга бўлган занжирларнинг турғун ҳолатлари чизиқли алгебрик тенгламалар – турғун ҳолатнинг чизиқли тенгламалари орқали ифодаланади. Бундай занжирлар чизиқли электр занжирлари деб аталади. Бу ҳолат электр системалари ҳолатларини барча тугунларда истемолчилар ва генераторларнинг модул ва фаза бўйича ўзгармас тоқлари берилганда ҳисоблашга мос келади.

Назарий электроникада камида битта эгри чизиқли пассив элементга (r, C ёки L) эга бўлган занжир эгри чизиқли занжир деб аталади.

Электр системаларининг турғун ҳолатларини ҳисоблашда пассив элементларнинг эгри чизиқлилиги одатда ҳисобга олинмайди. Шу билан бир қаторда электр системалари ҳолатларини ҳисоблашда ток манбаларининг характеристикалари ҳисобга олинади. Ток манбаларининг характеристикаларини эгри чизиқлилиги истемолчи ва генератор тугунларида доимий қувват ёки қувватнинг кучланишига боғлиқлигини ифодаловчи статик характеристикалар берилган ҳолатига мос келади. Эгри чизиқли ток манбаларига эга бўлган электр системаларнинг алгебрик тенгламалар - турғун ҳолатининг эгри чизиқли тенгламалари орқали ифодаланади.

Тугун кучланишлари тенгламалари (тугун тенгламалари). Электр системалари ва занжирларининг ҳолатлари ҳисоблашнинг физик маъноси ва мақсадидан келиб чиқиб дастлабки маълумотларнинг турлича усулларда берилганида ҳисобланади.

Ушбу параграфда энг кўп ўзгарувчи ва энг содда ҳолатни кўриб ўтаемиз. Электр занжири барча пассив элементларининг қаршилик ва ўзгарувчанликлар маълум. Бундан ташқари P ва Q бўйича балансловчи тугундан бошқа барча тугунлардаги ток манбаларидан тоқларнинг ўзгармас қийматилари, барча ЭЮК, шунингдек кучланиш бўйича базис ҳисобланувчи битта тугуннинг кучланиши берилган. n та тугунда кучланиш ва m та шахобчадан токни топиш талаб этилади.

Умумий ҳолда кучланиш бўйича базис ва P , Q лар бўйича балансловчи тугунлар битта бўлмаслиги мумкин.

Одатда, электр системалари ҳолатларини ҳисоблашда бу тугунлар битта деб қаралади. Биз ҳам кўйида бу тугунлар битта $(n + 1)$ -тугун деб ҳисоблаймиз ва уни, соддалик учун, балансловчи деб атаймиз.

Кирхгофнинг 1-қонуни бўйича мустақил тенгламалар сони мустақил тугунлар сони n га тенгдир. $(n+1)$ - тугун учун Кирхгофнинг 1-қонуни тенгламаси қолган n та тугун учун тенгламалар йиғиндисига тенг ва мустақил тенгламалар қаторига кирмайди.

Агар номаълумлар сифатида n та тугун кучланишлари қабул қилинса, у ҳолда тугун ҳолатини Кирхгофнинг 1-қонуни ва Ом қонунидан келиб чиқувчи тугун тенгламалари ёрдамида ёзиш етарли. Агар барча шохобчалардаги тоқлар тугун кучланишлари ва шохобчалар ўтказувчанликлари орқали ифодаланса, тугун кучланишлари тенгламалари Кирхгофнинг 1-қонунидан келиб чиқади. Тугун кучланишлари тенгламалар сони мустақил тугунлар сонига тенг. Бунда тугунлардан бирининг $[(n+1)]$ кучланиши қиймати ихтиёрий, жумладан нолга тенг деб қабул қилиниши мумкин.

n номаълумли n та тугун кучланишлари тенгламалари системасини ечиб, барча тугунлар кучланишларини аниқлаймиз. Сўнгра Ом қонуни бўйича шохобчалардаги тоқларни ҳисоблаймиз..

Балансловчи тугун кучланиши $U_s \neq 0$ бўлганда тугун кучланишлари тенгламалари 4 та тугундан иборат бўлган тармоқ учун кўйидагича ёзилади:

$$\begin{aligned} Y_{11}U_1 - Y_{12}U_2 - \dots - Y_{1n}U_n &= I_1, \\ -Y_{41}U_1 - Y_{42}U_2 - \dots - Y_{4n}U_n &= I_4, \end{aligned} \quad (6.1)$$

бу ерда I_k - k -чи тугун тоқи; U_k - k -чи тугуннинг номаълум кучланиши; Y_{kj} ($k \neq j$ бўлганда) k ва j тугунларнинг номаълум кучланишлари; Y_{kk} - k тугуннинг ҳусусий ўтказувчанлиги.

Агар иккита тугун орасида занжир бўлмаса, у ҳолда бу тугунларнинг ўзаро ўтказувчанлиги нулга тенг. Агар к и j тугунлар ўзаро Ze қаришиликка ва Yi ўтказувчанликка эга бўлган битта шохобча орқали туташган бўлса, у ҳолда

$$Y_{kj} = Ye = -1/Z_e \quad (6.2)$$

к- тугуннинг хусусий ўтказувчанлик Y_{kk} шу к тугунга туташган барча шохобчалар ўтказувчанликларининг йиғиндисига тенгдир.

Агар к тугунга m шохобчага туташган бўлса, у ҳолда

$$Y_{kk} = \sum_{l=1}^m Y_l = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n+1} Y_{kj} \quad (6.3)$$

(6.1) тенгламалар системаси куйдагича ечилади. Система тугунларидан бири, масалан (n+1)-чи, кучланиш бўйича базис ва ток бўйича балансловчи тугун сифатида қабул қилинади. Бу тугундаги кучланиш U_{n+1} маълум, ток I_{n+1} эса номаълум ва қолган n та тугун токлари йиғиндисига тенг деб қабул қилинади. Натижада, (6.1) дан n та номаълум тугун кучланишига эга бўлган n та тенгламали тугун кучланишлари тенгламаларисистемаси ҳосил бўлади, яъни

$$\begin{aligned} Y_{11}U_1 - Y_{12}U_2 - Y_{13}U_3 &= I_1 + Y_{1\delta}U_\delta; \\ - Y_{21}U_1 + Y_{22}U_2 - Y_{23}U_3 &= I_2 + Y_{2\delta}U_\delta; \\ - Y_{31}U_1 - Y_{32}U_2 + Y_{33}U_3 &= I_3 + Y_{3\delta}U_\delta; \end{aligned} \quad (6.4)$$

ёки матрица кўринишда

$$\mathbf{Y}\mathbf{U} = \mathbf{I} + \mathbf{Y}_\delta U_\delta \quad (6.5)$$

Ўзгарувчан ток тармоғи учун тугун кучланишлари тенгламалари системаси (6.4) ёки (6.5) каби n тартибли комплекс кўринишдаги тенгламалар системаси сифатида ифодаланади

$$\dot{\mathbf{Y}}\dot{\mathbf{U}} = \sqrt{3} \mathbf{I} + \dot{\mathbf{Y}}_\delta U_\delta \quad (6.6)$$

Бу ерда $Y_\delta U_\delta$ - к.чи элементи $\dot{Y}_{k\delta} U_\delta$ га тенг бўлган устун матрица.

$$\dot{\mathbf{Y}} = \mathbf{G} - j\mathbf{B}$$

$$\dot{\mathbf{U}} = \mathbf{U}' - j\mathbf{U}'' \quad (6.7)$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}' + j\mathbf{I}''$$

эканлигини назарда тутиб ва (6.7) ни (6.6) кўйсак 2n тартибли ҳақиқий тенгламалар системасига эга бўламиз:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{G} & \mathbf{B} \\ -\mathbf{B} & \mathbf{G} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \mathbf{U}' \\ \mathbf{U}'' \end{bmatrix} = \sqrt{3} \begin{bmatrix} \mathbf{I}' \\ -\mathbf{I}'' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{g}_\delta \mathbf{U}'_\delta \\ \mathbf{b}_\delta \mathbf{U}''_\delta \end{bmatrix} \quad (6.8)$$

6.2 Чизиқли тугун кучланишлари тенгламаларини ечиш усуллари.

Аниқ ва итерацион усуллар. Турғун ҳолатнинг чизиқли тугун кучланишлари тенгламаларини ечиш усуллари икки гурпуага бўлиш мумкин: аниқ (ёки тўғри) ва итерацион (ёки тахминий).

Аниқ ёки тўғри усуллар деб барча ҳисоблашлар аниқ (яхлитланмасдан) олиб борилади деб қаралувчи усулларга айтилиб, унда ҳисоблаш натижасида номаълумларнинг аниқ қийматлари ҳосил бўлади. Амалда барча ҳисоблашлар яхлитлашлар билан олиб борилади, шунинг учун номаълумларининг аниқ усул билан олинган қийматлари ҳам хатоликларга эга бўлади. Аниқ усулларга мисол тариқасида Гаусс ва тескари матрица усулларини келтиришимиз мумкин.

Интерацион ёки тахминий усуллар деб ҳисоблашлар яхлитлашларсиз олиб борилади деб ҳисобланган ҳолда ҳам тенгламалар системаси ечимини берилган аниқликда топиш имконини берувчи усулларга айтилади. Интерацион усулларни қўллаганда системанинг аниқ ечими назарий жихатдан чексиз инерция жараёни натижасида олиниши мумкин. Итерацион усулларга мисол тариқасида оддий итерация усули, Зейдел усули, Ньютон - Рафсон усули ва усулнинг бошқа модификацияларини келтиришимиз мумкин.

Оддий итерация ва Зейдел усуллари - итерацион усуллар ичида энг оддийларидир. Оддий итерация усули билан танишиш электр системаларининг турғун ҳолатларини ҳисоблашда итерацион усулларни қўллашнинг маъносини тушуниш учун муҳимдир. Соддалик учун матрица кўринишида (6.6) каби ифодаланувчи учинчи тартибли тугун тенгламалари системаси билан чекланамиз.

Диагонал элементлар $Y_{ii} \neq 0, i=1,2,3$ деб фараз қилиб, системанинг биринчи тенгламасидан U_1 ни, иккинчисидан U_2 ни ва учинчисидан U_3 ни ифодалаймиз. Бунда дастлабки тенгламалар системасига эквивалент бўлган қуйдаги системага эга бўламиз:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= B_{12}\dot{U}_2 + B_{13}\dot{U}_3 + B_1 ; \\ \dot{U}_2 &= B_{21}\dot{U}_1 + B_{23}\dot{U}_3 + B_2 ; \\ \dot{U}_3 &= B_{31}\dot{U}_1 + B_{32}\dot{U}_2 + B_3 ; \end{aligned} \quad (6.9)$$

Бу ерда

$$B_{kj} = - \dot{Y}_{kj} / \dot{Y}_{kk} , \quad k \neq j \quad B_k = I_k + \dot{Y}_{k\delta} U_\delta / \dot{Y}_{kk} ; \quad k, j=1,2,3 \quad (6.10)$$

Номаълумларининг бошланғич қийматлари $U_1^{(0)}, U_2^{(0)}, U_3^{(0)}$ ларни қабул қиламиз. Уларни (6.9) нинг ўнг томонига қўйиб биринчи яқинлашув қийматларини $U_1^{(1)}, U_2^{(1)}, U_3^{(1)}$ ни оламиз. Номаълумларнинг биринчи яқинлашув қийматларини ҳисоблаш инерция жараёнининг биринчи қадамига мос келади. Пайдо бўлган биринчи яқинлашув қийматлари худда шу тариқа иккинчи яқинлашув қийматларини олиш учун фойдаланилади. Олдинги i -чи қадамда пайдо бўлган номаълум қийматларидан фойдаланиб, уларнинг $(i+1)$ -чи қадамдаги қийматлари топилади:

$$\begin{aligned} U_1^{(i+1)} &= B_{12}U_2^{(i)} + B_{13} * U_3^{(i)} + B_1 ; \\ U_2^{(i+1)} &= B_{21} * U_1^{(i+1)} + B_{23} * U_3^{(i)} + B_2 ; \end{aligned} \quad (6.11)$$

$$U_3^{(i+1)} = B_{31} * U_1^{(i+1)} + B_{32} * U_2^{(i+1)} + B_3 ;$$

(6.11) матрица кўринишида қуйдагича ифодаланеди:

$$U^{(i+1)} = BU^{(i)} + B \quad (6.12)$$

(6.11) ёки (6.12) билан белгиланувчи итерация жараёни оддий итерция деб аталади.

Зейдел усули оддий инерция усулининг модификациясидир. Унинг оддий инерциядан асосий фарқи шунда иборатки, унда $(k-1)$ -чи тугун кучланишининг $(i+1)$ чи яқинлашишда топилган қиймати $U_{k-1}^{(i+1)}$ шу ернинг ўзида k -чи тугун кучланишининг $(i+1)$ яқинлашишдаги қиймати $U_k^{(i+1)}$ ни ҳисоблашда фойдаланилади. Шундай қилиб, бунда кучланишларнинг $(i+1)$ чи яқинлашишдаги қийматлари қуйдагича ҳисобланади:

$$\begin{aligned} U_1^{(i+1)} &= V_{12}U_2^{(i)} + V_{13} * U_3^{(i)} + V_1 ; \\ U_2^{(i+1)} &= V_{21} * U_1^{(i+1)} + V_{23} * U_3^{(i)} + V_2 ; \\ U_3^{(i+1)} &= V_{31} * U_1^{(i+1)} + V_{32} * U_2^{(i+1)} + V_3 ; \end{aligned} \quad (6.13)$$

n та мустақил тугунга эга бўлган электр системасининг k -чи тугуни кучланишининг $(i+1)$ -чи яқинлашишдаги қийматини, оддий итерация ва Зейдел усулларидан фойдаланилганда, топиш формулалари мос равишда қуйдаги кўринишда бўлади. □

$$\begin{aligned} U_k^{(i+1)} &= \sum_{j=1}^{k-1} b_{kj} U_j^{(i)} + \sum_{j=k+1}^n b_{kj} U_j^{(i)} + b_k ; \\ U_k^{(i+1)} &= \sum_{j=1}^{k-1} b_{kj} U_j^{(i+1)} + \sum_{j=k+1}^n b_{kj} U_j^{(i)} + b_k \end{aligned} \quad (6.14), (6.15)$$

Оддий итерация усули Зейдел усулига нисбатан ҳеч қандай афзалликка эга бўлмаганлиги сабабли электр системалари турғун ҳолатларини ЭХМда амалий ҳисоблашларда доимо оддий инерция усули эмас, балки Зейдел усулидан фойдаланилади.

Агар Зейдел усули тез яқинлашса ва n тартибли системани ечишда n кадамдан кам талаб этилса, у ҳолда ЭХМда ҳисоблашда аниқ усуллардагига нисбатан, масалан Гаусс усулидагига нисбатан, кам вақт талаб этилади. Бу шундан келиб чиқадики, Зейдел усули бўйича ҳисобланганда битта кадамни амалга ошириш учун талаб этилувчи арифметик амаллар сони n^2 га туғри пропорционал бўлса, аниқ усул, масалан Гаусс усули, бўйича ҳисоблаганда барча арифметик амаллар сони n^3 га туғри пропорционал. Келтирилган нисбат тугун ўтказувчанликлари матрицасининг заиф тўлалиги ҳисобга олинмаган тақдирда ўринлидир. Шу билан бир қаторда бу фактор ҳисобга олинса ҳам Зейдел усули, агар у тез яқинлашса, аниқ усулларга нисбатан кам ЭХМ вақтини талаб этади.

Зейдел усулининг муҳим афзаллиги алгоритмнинг соддалиги ва уни ЭХМда амалга оширишнинг қулайлигидан иборатдир. Хусусан у тугун ўтказувчанликлари матрицасининг заиф тўлалигини ҳисобга олганда эффективдир, чунки ушбу усулда бу факторни ҳисобга олиш алгоритми жуда соддадир.

Зейдел усулининг асосий камчилиги унинг секин яқинлашиши ёки ҳатто унинг бўйлама компенсацияловчи қурилмаларга, ўрта кучланиш чулғами қаршилиги жуда кичик бўлган уч чулғамли трансформаторларга эга бўлган тармоқларнинг турғун ҳолатларини, шунингдек чегаравий ва турғунмас ҳолатларни ҳисоблашда узоқлашишидир (яқинлашмаслигидир)

Синов саволлари

1. Электр тармоқнинг пассив элементларига нималар киради?
2. Электр тармоқнинг актив элементларига нималар киради?
3. Тугун кучланишлари тенгламалари қандай қонун асосида тузилади?
4. Қандай ҳолларда тугун тенгламалари тўғри чизиқли қурилишда бўлади?
5. Электр тармоқнинг ҳолати қандай мақсадларда ҳисобланади?
6. Электр тармоқнинг барқарор (турғун) ҳолати нима билан характерланади?
7. Электр тармоқ ҳолатини ҳисоблашнинг тўғри усулларига қандай усуллар киради?
8. Электр тармоқ ҳолатини ҳисоблашнинг итератив (кетма-кет яқинлашиш) усулларига қандай усуллар киради?
9. Кетма-кет яқинлашиш усуллари афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?
10. Электр тармоқлар ҳолатларини ҳисоблашда тугун кучланишлари тенгламаларидан фойдаланишга асосланган усулларнинг афзалликлари нималардан иборат?

7 - маъруза

Маъруза режаси

1. Эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламалари системаси.
2. Тармоқ ҳолатини ҳисоблашда юкларнинг берилиш усуллари.
3. Ток ва қувват баланси қурилишидаги тугун кучланишлари тенгламалари системалари.
4. Эгри чизиқли ток ва қувват баланси қурилишидаги тугун кучланишлари тенгламалари системаларини Зейдел ва Ньютон усуллари ёрдамида ечиш.

Таянч иборалар: алмаштириш схемаси; актив элемент; пассив элемент; очик тармоқ; ёпиқ тармоқ; турғун ҳолат; базис тугун; балансловчи тугун; тугун кучланишлари тенгламалари; итерация; оддий итерация; матрица; хусусий ўтказувчанлик; ўзаро ўтказувчанлик.

(Адабиётлар: 1-6, 12-13).

7.1 Турғун ҳолатнинг эгри чизиқли тенгламалари.

Эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламалари электр тармоқларининг турғун ҳолатини эгри чизиқли ток манбалари берилганда ифодалайди. Электр системасининг алмаштириш схемасида токнинг эгри чизиқли манбаларига қувватлари берилган генераторлар, шунингдек статик характеристикалари ёки ўзгармас қуввати берилган истеъмолчи юкларлари мос келади. Истеъмолчи ёки генераторнинг қуввати берилганда тугундаги ток қуйдагича ифодланади:

$$I_k(U) = \frac{\hat{S}_k}{\sqrt{3} \hat{U}_k} \quad (7.1)$$

Бу ерда $\hat{S}_k = \cos t$ – к-чи тугундаги учала фаза қувватининг қўшмаси; \hat{U}_k – к-чи тугундаги фазалараро кучланишининг қўшмаси; $\square I_k(\square)$ – кучланишига боғлиқ бўлган эгри чизиқли ток.

Агар юклама қувватининг статик характеристикаси берилса, у ҳолда эгри чизиқли ток қуйдагича ифодаланади:

$$\dot{I}_k(\dot{U}) = \frac{\hat{S}_k(\dot{U})}{\sqrt{3}\hat{U}_k} = \frac{P_k(\dot{U}) - jQ_k(\dot{U})}{\sqrt{3}\hat{U}_k} \quad (7.2)$$

Бу ерда $P_k(\dot{U})$, $Q_k(\dot{U})$ – к-чи тугун актив ва реактив юкламаларининг статик характеристикалари.

4 та тугунга эга бўлган ўзгаручан ток системасидаги юкламалар ва генераторларнинг ўзгармас қувватлари берилган ҳолда эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламалари қуйдаги кўринишда ёзилади.

$$\begin{aligned} Y_{11}U_1 - Y_{12}U_2 - Y_{13}U_3 &= \frac{\hat{S}_1}{\hat{U}_1} + Y_{1\delta}U_\delta; \\ -Y_{21}U_1 + Y_{22}U_2 - Y_{23}U_3 &= \frac{\hat{S}_2}{\hat{U}_2} + Y_{2\delta}U_\delta; \\ -Y_{31}U_1 - Y_{32}U_2 + Y_{33}U_3 &= \frac{\hat{S}_3}{\hat{U}_3} + Y_{3\delta}U_\delta; \end{aligned} \quad (7.3)$$

Ушбу тугун кучланишлари тенгламалари системаси матрица кўринишида қуйдагича ифодаланади:

$$\mathbf{Y}\dot{\mathbf{U}} = \sqrt{3}\dot{\mathbf{I}}(\dot{\mathbf{U}}) + \mathbf{Y}_\delta U_\delta \quad (7.4)$$

Бу ерда \mathbf{Y} – комплекс кўринишдаги хусусий ва ўзаро ўтказувчанликлар матрицаси; $\dot{\mathbf{I}}(\dot{\mathbf{U}})$ – к-чи элементи (7.1) ифода бўйича аниқланувчи тоқлар вектор-устуни; $Y_\delta U_\delta$ – к-чи элементи $Y_{k\delta} U_\delta$ ифода бўйича аниқланувчи вектор-устун. U_δ – балансловчи тугуннинг берилган кучланиши.

Ёзилган (7.3) тенгламаларнинг ҳар бири маълум тугундаги комплекс тоқлар балансига мос келади. Шу сабабли (7.3) ва (7.4) тенгламаларнинг ток баланси кўринишдаги тугун кучланишлари тенгламалари деб атаймиз.

Тез-тез (7.3) даги тоқлар баланси кўринишдаги тенгламаларни ҳар иккала томонини мос тугун комплекс кучланишнинг қўшмасига кўпайтириш натижасида ҳосил бўлувчи қувватлар баланси кўринишдаги тугун кучланишлари тенгламаларидан фойдаланилади. 4 тугунли ўзгарувчан ток системаси учун қувватлар баланси кўринишдаги тугун тенгламалари қуйдагича ёзилади:

$$\begin{aligned} \hat{U}_1(Y_{11}U_1 - Y_{12}U_2 - Y_{13}U_3 - Y_{1\delta}U_\delta) &= \hat{S}_1; \\ \hat{U}_2(-Y_{21}U_1 + Y_{22}U_2 - Y_{23}U_3 - Y_{2\delta}U_\delta) &= \hat{S}_2; \end{aligned} \quad (7.5)$$

$$\hat{U}_3(-Y_{31}U_1 - Y_{32}U_2 + Y_{33}U_3 - Y_{3\delta}U_\delta) = \hat{S}_3;$$

(7.5) ни матрица кўринишда қуйдагича ёзиш мумкин:

$$\mathfrak{G}_{\text{diag}} (\mathbf{Y}\mathbf{U} - \mathbf{Y}_\delta U_\delta) = \mathfrak{S} \quad (7.6)$$

Бу ерда $\mathfrak{G}_{\text{diag}}$ - к-чи диагонал элементи к-чи тугун кучланишининг қўшмасига тенг бўлган диагонал матрица; \square - к-чи элементи к-чи тугунда берилган кувватнинг қўшмасига тенг бўлган вектор-устун.

7.2 Эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламаларини ечишда Зейдел усулининг қўлланилиши

Эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламалари системаларини Зейдел усули билан ечишдаги итерацион жараён (6.15) сингари қуйдагича ифодаланади:

$$\begin{aligned} \dot{U}_k^{(i+1)} &= \varphi_{3k}(\dot{U}_1^{(i+1)}, U_2^{(i+1)}, \dots, U_{k-1}^{(i+1)}, U_k^{(i)}, U_{k+1}^{(i)}, \dots, U_n^{(i)}) = \\ &= \frac{1}{Y_{kk}} \left(\sum_{j=1}^{k-1} Y_{kj} U_j^{(i+1)} + \sum_{j=k+1}^k Y_{kj} U_j^{(i)} - \frac{\mathfrak{S}_k}{\mathfrak{G}_k^{(i)}} + Y_{k\delta} U_\delta \right). \end{aligned} \quad (7.7)$$

Бу ерда $\varphi_{3k}(U_1^{(i+1)}, \dots, U_{k-1}^{(i+1)}, U_k^{(i)}, U_{k+1}^{(i)}, \dots, U_n^{(i)})$ – Зейдал усули қўлланилганда ЭХМда ҳисоблашиш қулайлигини таъминлаш учун комплекс номаълумлар ҳақиқий номаълумлар билан алмаштирилади ва актив ҳамда реактив кучланишлар қуйдагича ҳисобланади:

$$\begin{aligned} U_k'^{(i+1)} &= \varphi'_{3k}(U_1'^{(i+1)}, \dots, U_{(k-1)}'^{(i+1)}, U_k'^{(i)}, \dots, U_n'^{(i)}, U_1''^{(i+1)}, \dots, U_{(k-1)}''^{(i+1)}, U_k''^{(i)}, \dots, U_n''^{(i)}) \\ U_k''^{(i+1)} &= \varphi''_{3k}(U_1''^{(i+1)}, \dots, U_{(k-1)}''^{(i+1)}, U_k''^{(i)}, \dots, U_n''^{(i)}, U_1'^{(i+1)}, \dots, U_{(k-1)}'^{(i+1)}, U_k'^{(i)}, \dots, U_n'^{(i)}) \end{aligned} \quad (7.8)$$

Бу ерда $\varphi'_{3k}, \varphi''_{3k}$ - эгри чизиқли комплекс функция $\dot{\varphi}_{3k}$ нинг ҳақиқий ва мавҳум ташкил этувчилари.

Зейдел усулининг турғун ҳолати эгри чизиқли тенгламалари ечимига яқинлашуви секиндр. Зейдел усулининг яқинлашувини тезлаштириш учун тезлаштирувчи коэффициентлар ёки тўлиқсиз релаксациялаш усули фойдаланилади. Тезлаштирувчи коэффициентлардан фойдаланиш қуйдаги тартибда амалга оширилади.

к-чи тугуннинг $(i+1)$ -чи қадамида одатдаги (7.7) итерация формуласи бўйича топилган кучланишни $\dot{U}_k^{(i+1)}$ деб белгилаймиз. Ушбу тугуннинг $(i+1)$ - чи қадамдаги тезлашган кучланиши $U_{k.\text{мез}}^{(i+1)}$ қуйдаги формула бўйича аниқланади.

$$\dot{U}_{k.\text{мез}}^{(i+1)} = \dot{U}_{k.\text{мез}}^{(i)} + \alpha(\dot{U}_k^{(i+1)} - U_{k.\text{мез}}^{(i)}) = U_{k.\text{мез}}^{(i)} + \alpha \Delta U_{k.\text{мез}}^{(i+1)}. \quad (7.9)$$

Бу ерда $\Delta U_{k.\text{мез}}^{(i+1)} = U_{k.\text{мез}}^{(i+1)} - U_{k.\text{мез}}^{(i)}$ - к-чи тугуннинг $(i+1)$ -чи қадамдаги ўзгариши; \square - тезлаштирувчи коэффициент, $\square=1$ бўлганда одатдаги итерация жараёни келиб чиқади.

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, Зейдел усулининг асосий афзаллиги унинг осон программаланиши ва талаб этилувчи оператив хотиранинг камлиги, шунингдек итерацияни амалга оширишда талаб этилувчи ҳисоб амалларининг камлигидир. Камчилиги эса-секин яқинлашиш. Зейдел усулини хусусан бўйлама компенсацияловчи қурилмалар, ўрта чулғамининг қаршилиги жуда кичик бўлган уч чулғамли

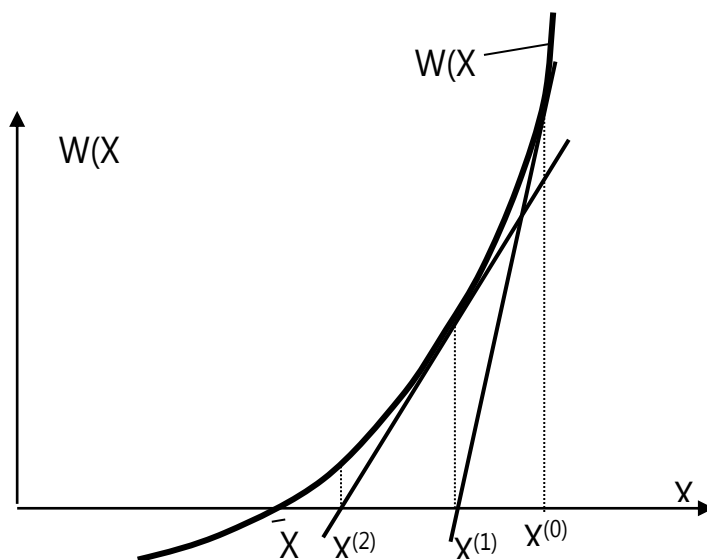
трансформатор ва автотрансформаторларга эга бўлган ва шунингдек параметрлари ўрта ножинсли бўлган электр системалари ҳолатларини ҳисоблашда секин яқинлашади ва хатто ўзоқлашиши мумкин. Зейдел усули шунингдек турғунлик чегарасига яқин ҳолатларни ҳисоблашда ёмон яқинлашади ёки узоклашади.

7.3 Ньютон усули

Эгри чизикли агебраик тенгламаларни Ньютон усули билан ечиш эффективдир. Чунки у нисбатан мураккаб бўлмаган ҳисоблаш системасига эга бўлиб, тез яқинлашиш хусусиятига эга. Ньютон усули ҳар қандай синфдаги эгри чизикли тенгламаларни ечишда қўлланилиши мумкин.

Ньютон усулининг маъноси ҳар бир итерацияда эгри чизикли тенгламалар системасини ечими шу эгри чизикли тенгламалар системасининг ечимига жуда яқин бўлган тўғри чизикли тенгламалар системаси билан алмаштиришдан иборатдир. Бу усулнинг маъноси билан қуйдаги тенгламани ечиш мисолида танишамиз:

$$w(x) = 0 \quad (7.10)$$



7.1 - расм. Ньютон усулининг итерация жараёни.

Тенгламанинг ечими бўлиб $w(x)$ функцияси графиги нол орқали ўтувчи \bar{x} нукта (7.1-расм) ҳисобланади.

Бошланғич қиймат $x^{(0)}$ ни қабул қиламиз. (7.10) тенгламани $x^{(0)}$ нукта атрофида чизикли тенглама билан алмаштирамиз:

$$w(x^{(0)}) + \frac{\partial w}{\partial x}(x^{(0)})(x - x^{(0)}) = 0. \quad (7.11)$$

(7.11) нинг чап қисми $w(x)$ функцияни Тейлор қаторига ёйишдаги 2 та бошланғич ташкил этувчидан иборат. (7.11) ни ечиб, $\Delta x^{(1)}$ ни топамиз:

$$\Delta x^{(1)} = x^{(1)} - x^{(0)} = - \frac{w(x^{(0)})}{\frac{\partial w}{\partial x}(x^{(0)})}. \quad (7.12)$$

Номаълумнинг янги интерациядаги қиймати сифатида

$$x^{(1)} = x^{(0)} + \Delta x^{(1)} = x^{(0)} - \frac{w(x^{(0)})}{\frac{\partial w}{\partial x}(x^{(0)})}. \quad (7.13)$$

ни қабул қиламиз.

Кейинги яқинлашишлар ҳам шу сингари аниқланади.

$$x^{(i+1)} = x^{(i)} + \Delta x^{(i+1)} = x^{(i)} - \frac{w(x^{(i)})}{\frac{\partial w}{\partial x}(x^{(i)})}. \quad (7.14)$$

$w(x^{(i)})$ функциянинг абсолют қиймати берилган сондан кичик бўлиб қолганда яқинлашишга эришилади деб ҳисобланади:

$$|w(x^{(i)})| \leq E \quad (7.15)$$

Яқинлашишни $\Delta X^{(i)}$ нинг қиймати бўйича текшириш нотўғри натижага олиб келиш мумкин.

Ньютон усулининг геометрик маъноси билан танишайлик. Ньютон усули бўйича ҳар бир қадамда $w(x)$ функцияси x нинг олдинги қадамдаги қийматида $w(x)$ эгри чизиғига уринма кўринишдаги тўғри чизикли функция билан алмаштирилади. Масалан, 1-қадамда (7.11) нинг чап томонидаги тўғри чизикли функция графиги $X^{(0)}$ нуқтада $w(x)$ эгри чизиғига уринмадир (7.1-расм).

Шу сабабли Ньютон усули уринма деб ҳам юритилади. $X^{(i+1)}$ яқинлашиш $X^{(i)}$ нуқтада $w(x)$ эгри чизиғига уринманинг x ўқи билан кесишиш нуқтасидир (7.1-расм).

Ҳақиқий номаълумли эгри чизикли алгебраик тенгламалар системасини Ньютон усули ёрдамида ечишни кўриб ўтамиз.

$$\left. \begin{aligned} w_1(x_1, x_2, x_3) &= 0; \\ w_2(x_1, x_2, x_3) &= 0; \\ w_3(x_1, x_2, x_3) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (7.16)$$

Агар вектор устун X ва вектор-функция $W(X)$ дан фойдалансак, у ҳолда

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix}, \quad W(x) = \begin{bmatrix} w_1(x_1, x_2, x_3) \\ w_2(x_1, x_2, x_3) \\ w_3(x_1, x_2, x_3) \end{bmatrix} \quad (7.17)$$

ва (7.16) системасини матрица кўринишда ёзиш мумкин:

$$W(x) = 0. \quad (7.18)$$

$X_1^{(0)}, X_2^{(0)}, X_3^{(0)}$ лар номаълумларнинг бошланғич қийматлари бўлсин. (7.16) эгри чизикли тенгламаларнинг ҳар бирини Тейлор қаторига ёйиш натижасида пайдо бўлган

чизиқли тенгламалар билан алмаштирамиз. Масалан, биринчи чизиқли тенглама куйдаги кўринишда бўлади.

$$w_1(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)}) + \frac{\partial w_1}{\partial x_1}(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)})(x_1 - x_1^{(0)}) + \frac{\partial w_1}{\partial x_2}(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)})(x_2 - x_2^{(0)}) + \frac{\partial w_1}{\partial x_3}(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)})(x_3 - x_3^{(0)}) = 0. \quad (7.19)$$

Якоби матрицасининг яъни W_k функция системасининг X_k номаълумлар бўйича матрицасини куйдаги кўринишда ёзамиз:

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \begin{bmatrix} \frac{\partial w_1}{\partial x_1} & \frac{\partial w_1}{\partial x_2} & \frac{\partial w_1}{\partial x_3} \\ \frac{\partial w_2}{\partial x_1} & \frac{\partial w_2}{\partial x_2} & \frac{\partial w_2}{\partial x_3} \\ \frac{\partial w_3}{\partial x_1} & \frac{\partial w_3}{\partial x_2} & \frac{\partial w_3}{\partial x_3} \end{bmatrix}. \quad (7.20)$$

У ҳолда пайдо бўлган чизиқли тенгламалар системасини матрица кўринишда куйдагича ёзиш мумкин:

$$w(x^{(0)}) + \square(x - x^{(0)}) = 0. \quad (7.21)$$

Бу система $\square x_k^{(1)} = x_k^{(1)} - x_k^{(0)}$ га нисбатан чизиқли. Фараз қилайлик Якоби матрицасининг аниқловчиси нулга тенг эмас.

(7.21) чизиқли тенгламалар системасини $\square^{(1)}$ га нисбатан ечамиз ва сўнгра номаълумларнинг биринчи яқинлашишдаги қийматларини топамиз:

$$x^{(1)} = x^{(0)} + \square x^{(1)} \quad (7.22)$$

Шундай қилиб итерация жараёнининг ҳар бир қадами

$$\square(x^{(i)}) \square x^{(i+1)} = -w(x^{(i)}) \quad (7.23)$$

чизиқли тенгламалар системасини ечиш ва номаълумларнинг янги яқинлашишдаги қийматларини

$$x^{(i+1)} = x^{(i)} + \square x^{(i+1)} \quad (7.24)$$

ифода бўйича аниқлашдан иборат.

Яқинлашишни текшириш куйдаги шарт бўйича амалга оширилади:

$$\square \quad (7.25)$$

Қувватлар баланси кўринишдаги тугун тенгламаларини ечиш. k -чи тугун учун қувватлар баланси кўринишдаги тугун кучланишлари тенгламасини куйдагича ёзамиз:

$$\dot{w}_{sk}(U) = \mathcal{F}_k + Y_{kk} \dot{U}_k \mathcal{U}_k - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n+1} Y_{kj} \dot{U}_j \mathcal{U}_k, \quad (7.26)$$

Бу ифодада $\dot{w}_{sk}(U)$ функцияси k -чи тугунда қувват балансмаслигига мос келади. Ҳисоблашни ҳақиқий сонлар устида амаллар бажариш орқали олиб бориш учун (7.26) ни ҳақиқий ва мавҳум қисмларга ажратамиз:

$$w_{sk}(\dot{U}) = w_{pk}(U', U'') + jw_{qk}(U', U'').$$

Бу ерда w_{pk} , w_{qk} - мос равшда к тугундаги актив ва реактив қувват балансмасликлари U', U'' - кучланишларнинг ҳақиқий ва мавҳум ташкил этувчиларининг вектор-устунлари.

Тугун кучланишлари тенгламаларини ечишда номаълум сифатида тугунлардаги кучланишларнинг модули ва фазаси U, δ ; ҳақиқий ва мавҳум қисмлари U', U'' лар фойдаланилиши мумкин.

Номаълумлар сифатида U, δ қабул қилинганда к-чи тугун учун қувватлар баланси кўринишидаги (7.26) дан келиб чикувчи тенгламалар куйидагича:

$$w_{pk} = P_k + g_{kk} U_k^2 - U_k \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n+1} U_j (g_{kj} \cos \delta_{kj} + b_{kj} \sin \delta_{kj}); \quad (7.27)$$

$$w_{qk} = Q_k - b_{kk} U_k^2 - U_k \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n+1} U_j (g_{kj} \sin \delta_{kj} + b_{kj} \cos \delta_{kj}). \quad (7.28)$$

Бу ерда $\delta_{kj} = \delta_k - \delta_j; k = 1, 2, \dots, n$.

Бу ҳолатда

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \begin{bmatrix} \frac{\partial w_p}{\partial U} & \frac{\partial w_p}{\partial \delta} \\ \frac{\partial w_q}{\partial U} & \frac{\partial w_q}{\partial \delta} \end{bmatrix}, \quad (7.29)$$

яъни Якоби матрицаси элементлари - бу актив ва реактив қувват балансмасликларининг тугун кучланишлари модули ва фазалари бўйича хусусий ҳосилаларидир.

Токлар баланси кўринишидаги тугун кучланишлари тенгламаларини Ньютон усули ёрдамида ечиш юқоридаги каби амалга оширилади.

Ньютон усули турғун ҳолатларни ЭҲМда ҳисоблашда кенг қўлланилади.

Турғун ҳолат тенгламалар системасининг Якоби матрицаси Y матрицаси каби заиф тўлган ва бу хусусият ЭҲМда ҳисоблашда эътиборга олинади. ЭҲМда турғун ҳолатларни ҳисоблашда Ньютон усулининг муҳим афзаллиги – тез, яъни квадратик яқинлашиш ва Якоби матрицасининг заиф тўлганлигидир.

Шундай қилиб Ньютон усули бошқа усулларга нисбатан тез ва ишончли яқинлашади.

Амалда ҳисоблашда тезлик ва ишончлиликни ошириш учун Ньютон усулининг турли модификацияларидан ҳам фойдаланилади.

Синов саволлари

1. Қандай ҳолларда тугун кучланишлари тенгламалари эгри чизикли кўринишда бўлади?
2. Токлар баланси кўринишидаги эгри чизикли тугун тенгламаларикандай ҳосил қилинади?
3. Қувватлар баланси кўринишидаги тугун кучланишлари тенгламалари қандай ҳосил қилинади?

4. Токлар баланси кўринишидаги эгри чизикли тугун кучланишлари тенгламалари оддий итерация усулида қандай ечилади?
5. Токлар баланси кўринишидаги эгри чизикли тугун кучланишлари тенгламалари Зейдел усулида қандай ечилади?
6. Оддий итерация ва Зейдел усуллари афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?
7. Токлар баланси кўринишидаги эгри чизикли тугун кучланишлари тенгламалари Ньютонал усулида қандай ечилади?
8. Қувватлар баланси кўринишидаги тугун кучланишлари тенгламалари Ньютон усулида қандай ечилади?
9. Ньютон усулининг геометрик маъноси нимадан иборат?
10. Ньютон усулининг афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?

áíøèèèè àà частота íðòààè. Κόάâàò áàèàíñèíéíã áóçèèèøèãã κόέèääãèèãð ñàááá áÿèèøè íóíèéí:

à) Æáíãðàòíðíéíã àààðèÿ òóóàéèè óçèèèøè;

á) Èñòàúííè÷èèãð κόάâàòèàðèéíã éòèèèíáááí èàòòà κέíàòèèàðãá íðòèøè, ìàñèèàí òàííãðàòóðáíéíã æóáà ìàñèèéá èáðèøè òÿòàéèè ÿéáèòð èñèòáè÷èè ãèòàúííè κèèóá÷è κόάâàòíéíã íðòèøè;

â) Èàòòà κόάâàò óçàòóá÷è òàðííκèàðíé áíΠèíá÷è èéíÿèàðíéíã ÿè òðáíñòíðíàòíðèèãðèíã àààðèÿ òóóàéèè óçèèèøè.

Íðèðãè Πíéíè áíΠèíá÷è èéíÿ íðκàèè áéðèàðòèðèèãáí, èκκè κèñíááí éáíðàò ñèñòáíà ìèñíèèèè èÿðèá ÷èκàíèç. Ñèñòáíáíéíã èκκàèà κèñíè Παí áéðãàèèèèè èøèàáíáà κόáâàò áàèèñíè ñàκèàíáè:

$$\Sigma P_{z1} + \Sigma P_{z2} = \Sigma P_{ucm..1} + \Sigma P_{ucm..2}$$

Бирок, ñèñòáíáíéíã áéðèí÷è κèñíèèè èøèáá ÷èκàðèèãð,òááí κόάâàò èñòàúííè κèèèíá,òááí κόάâàòááí èàòòà , ÿÿíè $\Sigma P_{z1} > \Sigma P_{ucm..1}$ èκκèí÷è κèñíèèè ÿñà àèñèí÷à $\Sigma P_{z2} < \Sigma P_{ucm..2}$. Æããð áíΠèíá÷è èéíÿ áààðèÿ ñàáááèè èøááí ÷èκñà, ñèñòáíáíéíã Παð áéð κèñíèè ìóñòàκèè èøèáéèè àà óèàðíéíã Παð áéðèèè κόáâàò áàèèñíè áóçèèèèè. Ñèñòáíéíã áéðèí÷è κèñíèèèè частота íðòààè, èκκèí÷è κèñíèèèè ÿñà èàìàÿè.

Ñèñòáíéíã частотаси - частотаíéíã íΠèøè áèèàí áàèèèèèèèèèè. Частотаíéíã íΠèøè áó áàðèèèèè ààκò ìíáíóèèèè частота Πακèκèé κèèàòèéíã ìíèíáè κèèàòèèè ìèñáàòàí íΠèøèèèè:

$$\Delta f = f - f_H ; \tag{8.2}$$

$$\Delta f \% = (f - f_H) / 100 \% ; \tag{8.3}$$

Частотаíéíã íΠèøè ìðíàè Πíèàòáá ±0,2 Åö - áà÷à àà ÷ããðàáèè ìàèñèíáè Πíèàòèèèè ±0,4 Åö áà÷à ðóóñàò ÿòèèèèè.

Èèèèèèèèèèèèè частота íΠèøèíéíã ìðíàèèèè ÿíáðáíñèñòáíáíéíã ìðíàè èø Πíèàòè ó÷óí áÿèèá, áààðèÿááí èáèéíáè Πíèàò ó÷óí κÿèèèèèèèèèèèè.

Áààðèÿááí èáèéíáè Πíèàò ó÷óí частота íΠèøè +0,5 □ -1 Åö ìðàèèκãà ðóóñàò ÿòèèèèè àà íΠèøèíéíã áéð èèè áàáíèèèèèè óíóíèé ààκòè 90 ñíàòááí ìøàñèèèè èáðáè.

ÿéáèòð òàðííκèàðèèèè частотаíé ìðíàèè óøèáá òóðèø κàòòèκ òàèèá κèèèíáèè, ÷óíèè частотаíéíã èàòòà κέíàòèèè íΠèøè ñòáíóèÿ æèΠíçèàðèéíã èøááí ÷èκèøèèè, áàèèèèèèèèèèèèè èøè ñóñàèèèèèè àà èøèáá ÷èκàðèèèèè òáðííèíáèè æàðííéíã áóçèèèèèè ñàáááèè ñèòàòñèç ìàΠñóéíò ÷èκàðèèèèèèèèè ñàááá áÿèèèè. $\Sigma P_z > \Sigma P_{ucm}$. áÿèèíáà ááíãðàòíðíéíã κόάâàòèéè èàìáéòèðèá, ÿè óèàðááí áéð κèñíèéè ÿ÷èðèá, частота íðòèøèíéíã ìèáèéè ìèèø ìóíèéí. $\Sigma P_z < \Sigma P_{ucm}$. áÿèèíáà частотаíéíã èàìáèèèè ÿñà áàòííàòèè частота ðèñíèçèàíóèðèá÷è (АДЮ - Æ×Ð) κóðèèèèèèèèèèè èèè κόáâàò ðãçáðèèèèè èøáá òóøèðèøèèè òàèèá κèèèèè. Æèñ Πíèèèè частотаíéíã èàìáèèèè èñòàúííè÷èèèèèè ñèòàòñèç ìàΠñóéíò èøèáá ÷èκàðèèèèèèèèè òàðκàðè ñòáíóèÿ æèΠíçèàðèéíã øèèèèèèèèèèè àà ñèñòáíáíéíã èøááí ÷èκèøèèèè ñàááá áÿèèèè èÿèèèèè ìóíèéí. Παð κáíááè èø Πíèàòèèèè

3. Реактив қувват истеъмолчилари.

4. Тармоқни лойихалаштиришда реактив қувват балансини таъминлаш.

Таянч сўзлар: Кучланишнинг оғиши; кучланишнинг тебраниши; реактив қувватни компенсациялаш; ростлаш эффекти; компенсатор.

(Адабиётлар: 1-4, 6-9, 12-14).

9.1. Ўраётган қўлаш аҳаилне аа оилеа ёо÷еаиле билан аилекееа

Аақоилеа Паџ аеџ иилеаеаа ееааа ÷еқаџеаа,оааи аа еџоауиле кеелла,оааи уеаеџоуилеаџеуилеа оаилеаеае оақаџеаа аеџеа қўлаш оилеа уилеа, ааеае џаеџеа қўлаш оилеа Паи ееаа ÷еқаџеаа,оааи аа еџоауиле кеелла,оааи кееллаџеаилеа оаилеаеае аеаеџеаае. Ао џаџоиле қўеааае÷а, çеџ оилеаеи:

$$\Sigma D_{\bar{a}} = \Sigma D_e = \Sigma D_p = \Sigma \Delta D ; \quad (9.1)$$

$$\Sigma Q_{\bar{a}} = \Sigma Q_e = \Sigma Q_p = \Sigma \Delta Q . \quad (9.2)$$

Ао аџаа $\Sigma D_{\bar{a}}$ аа $\Sigma Q_{\bar{a}}$ - џоаилеуилеа уç уџоџеаџеиле Пеллааа иеллааиллаае ееааа ÷еқаџеаа,оааи аеџеа аа џаеџеа қўлаш; ΣP_e аа ΣQ_e - еџоауиле кеелла,оааи оилеае аеџеа аа џаеџеа қўлашџеаџ; ΣD_p аа ΣQ_p - аеџеа аа џаеџеа реллаилеаџ; $\Sigma \Delta D$ аа $\Sigma \Delta Q$ - оаџилеаџеаае оилеае аеџеа аа џаеџеа қўлаш еџилеаџеа.

(9.1) аа (9.2) оаилеаилеаџ аеџеа аа џаеџеа қўлашџеаџ ааеаилне оаилеаилне ааеааае. Аоооиле џеџоаиле ауеа÷а џаеџеа қўлаш ааеаилнега ёо÷еаиле аилекееа. Уеаеџ оаџиле ооаилеаџеааае ёо÷еаилеџеаџ уџоа÷а кееллаоааи иауеаиле ааџаааа оаџ кеааае. Ао оаџ оаџилеилеа ооçеаеџеаа, реллаилеаџеа аа аилекееа ёо÷еаиле ооџеџеаа џаааа ауеааеааи оаеаилеаџеа аилекееа. Аоооиле џеџоаиле о÷оиле џаеџеа қўлаш ааеаилне џаеџеа қўлаш иаилеаџеаилеа қўлашџеаа қуеаааеаааи оаеаиле ааеаеаилеаеае. Çаџоџ ауеааи џаеџеа қўлаш оиле аоооиле џеџоаиле о÷оиле, çе оилеа еџоаеааи аеллеаа кеиле о÷оиле иеџ еилеилеуџе аилеаеиле Пеллааа иеџеа еаџеа.

Ўраётган қўлаш ааеаилнеилеа аоçеаеџеа оаџилекаа ёо÷еаиле қийматининг узгарилеаа иеаа еаеаае. Ааџ ееааа ÷еқаџеаа,оааи џаеџеа қўлаш еџоауиле кеелла,оааилеааи еаџоа ауеаа ($\Sigma Q_{u..} > \Sigma Q_u$), оаџилекаа ёо÷еаиле иџоаае. Аеллеа÷а, џаеџеа қўлаш аџеџилеа,оааи ауеаа, оилеа оаџилекаа ёо÷еаиле иаџауеа.

Аеџеа қўлаш аџеџилеаеааиле уилеаилнеџоаилеаџеаа иаџоаа ёо÷еаиле иилеае кееллаџеааи еаи ауеаае. Аеџеа қўлаш ааеаилне ааџаџеаеџеа о÷оиле аџеџилеа,оааи аеџеа қўлаш иџоек÷а аеџеа қўлашџеаа уаа ауеааи қуеаиле уилеаилнеџоаилеаааи иеллааае.

Иаџоаа аеџеа қўлаш аџеџилеаеааиле уилеаилнеџоаилеаџеаа џаеџеа қўлаш Паи аџеџилеаеае. Еаеелле, аџеџилеа,оааи џаеџеа қўлаш оиле қуеаиле уилеаилнеџоаилеаааи иеллаааиле, џо џеџоаилеилеа уçеаа уџилеаџеааи еиллеаилеаџеуилеа÷а қџееллаџеаџеа ееааа ÷еқаџеџеа фойдалиџилеаџеаџ.

9.2. Πεεαίαείιά δίνεαο ύοάεε

9.1- δαήια πεεαίαείιά έο÷εαίεο άύεε÷α ηάαεε οαδεοάδεη- οεεαάδε έυδηάεεάι. 9.2- δαήια έαεοεδεεάι ίαεε ύεάεοδ ηεηοαίηε Πίεαοείεία ύçääðøø πεεαίαά κáíääέ οάúηεδ κέεεøείε έυδέα ÷εκαίεç. Óαδaç κέεαέεεé, áääðèý ,έε áíøκà ηάάάάεαδää έυδà εείεý ίοεδεάάε U_2 - έο÷εαίεο ιαηάεε. Юклама ўзининг ростлаш эффеκтига мос равишда бу ҳолда қучланиш U_2 ни оширишини кўриб ўтамиз. Ёείεý ίοεδεάάε έο÷εαίεοίε κóεεάάε÷α ,çø ίοίέεί:

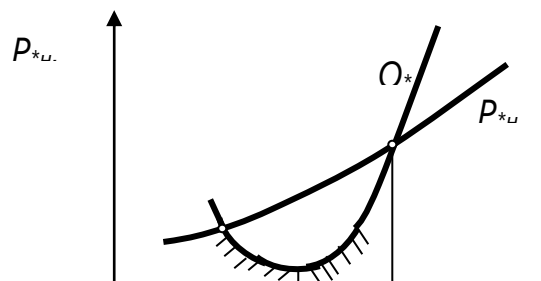
$$U_2 \approx U_1 - \Delta U_{12} = U_1 - \frac{P_{12}^o r_{12} + Q_{12}^o x_{12}}{U_2},$$

άό áδää: D_{12}^o áà Q_{12}^o - εείεý ίοεδεάάε áεòéá áà δääεòéá κóάάàòéαδ; \tilde{a}_{12} áà \tilde{o}_{12} - εείεýεαδääε áεòéá áà δääεòéá καδøεεεéεαδ.

9.1-δαήιαάε ηάαεε οαδεοάδεηοεεάεαδ άύεε÷α U_2 έο÷εαίεο ιαηάεεάία P_2 áà Q_2 , шунингдек P_{12}^o áà Q_{12}^o Παί εαίαýáε. Ιάοεαάά ΔU_{12} έο÷εαίεο εηδίοε Παί εαίαέεά, бу ўз навбатидá U_2 έο÷εαίεοίείá ίδòεøεää ηάάά άýεääε. Άääδ, U_1 έο÷εαίεο ύçääðíαη κийматда οóοéá οóδεεääε ááá οαδaç κέεηáε, ó Πίεää ΔU_{12} εηδίοéαίαéää U_2 έο÷εαίεοίείá ίδòεøε πκίδεάάε έοίáάάί Παί έýδείéá οóδéääε. πκίδεάάε δίηοεαο οαδòεάε κóεεάάε øαδò ááæαδεεγáηαδéíá οýΠδé άýεääε:

$$U > U_{εδ} = (0,7 \div 0,8) U_{εú};$$

$U \geq U_{εδ}$ άýεάίαά πεεαία ίοηάο δίηοεαο ύοάεεεάά ýáá, $U \leq U_{εδ}$ άýεάίαά ýηά ίαίοεé δίηοεαο эффеκтига ýáá. $U < U_{εδ}$ άýεάίαά U_2 έο÷εαίεοίείá εαίαέεøε εηοάúίε κέεéíá,οάái Q_2 δääεòéá κóάάàοίείá ίδòεøεää ίεéá έáεääε áà εείεýää εáòòá δääεòéá κóάάàò ίκéá, бу ΔU_{12} εηδίοίείá ίδòεøεää ηάάά άýεääε. Άοίείá ίάοεαηεää εείεý ίοεδεάάε U_2 έο÷εαίεο εαίαýáε. Ηάαεε οάáηεοάά μυβοφικ $U < U_{εδ}$ άýεάίαά Q_2 ýía ίδòάáε áà ýía πκίδεάάε οαδòεάάά U_2 έο÷εαίεο ιαηάýáε, ýúíé, έο÷εαίεο έý÷εéηε ááá àòáεοá÷ε Πίáεηά πç ááδääε. Άοίαάé áääðèýεαδää áηείοδίί ááεääòáεεαδ οýòòáá κίεääε. Άηείοδίί ááεääòáεεά δääεòéá κóάάàò ίδòεøε ηάάάάεé δääεòéá κóάάàò ááεαίηε áóçεεääε. Άοίαά εηοάúίε κέεéíá,οάái δääεòéá κóάάàò εøεάá ÷εκαδεεá,οάái δääεòéá κóάάàòάái æοάá εáòòá άýεéá έáòááε, ίάοεαάά U_2 έο÷εαίεο ιαηάýáε. Άοίαάé áääðèýää έο÷εαίεοίείá ιαηάεεøείε οακαοάείá πεεαίαίε οαδίικáái óçø ,δääίεää οýòòáòεο ίοίέεί. Πίçεδáε áááδää εáòòá κóάάàòεε ηείοδίί ááεääòáεεαδää áà ááíáδàοíδéαδää έο÷εαίεοίε ίáú,δéää οóοéá οóδóá÷ε κýçΠαòεøίε ááοίáòéé δίηοεάáε÷εαδ (ΚΑΔ) κýεεαίεéικáá, øó ηάάάάεε ηεηοαίάά έο÷εαίεο έδεòéé κέείáòéάái εαίαείáέε.



οδαιήοιδίαοιδεαδααε οίοιέε δααεοεά κοάαο εήδιόε. Ειέυααε δααεοεά κοάαο εήδιόε:

$$\Delta Q_{\bar{e}} = \frac{S_{\pi}^2}{U_{\text{НОМ}}^2} x_{\pi}$$

Ειέυιεία Ī-ñείι ραεεεααε αειασρεδεσ ηοιαηεα ηεΠει υοεαζοα÷αίεεεεαδ ερεαα ÷εκαδα,οααί δααεοεά κοάαο:

$$2Q_{\bar{n}} = U_{\text{НОМ}}^2 b_{\pi}$$

Κοεεα οζοίεεε 1=100 ει άυεαί ειέυεαδα ερεαα ÷εκαδεεοα÷ε δααεοεά κοάαοιεία υδρα÷α κειαοεαδε εαεοεδεεαί:

$U_{\bar{e}i}, [\text{êB}]$	110	150	220
$2Q_{\bar{n}}, [\text{Îââð}]$	3	6,5	12,6

Ειέυα δααεοεά κοάαο εήδιόε αα ειέυ ηεκει υοεαζοα÷αίεεεεαδεα ερεαα ÷εκαδεεα,οααί δααεοεά κοάαοιεία οαοιέεε κειαοεαδε κρεεααε÷α кабул қилиш ιοιέι:

$$\Sigma \Delta Q_{\pi} \approx 0,1 S_{\bar{e}}, \quad \Sigma Q_{\bar{n}} \approx 0,1 S_{\bar{e}}$$

Αο κειαοεαδιεία ишораεαδε Παδ οεε άυεαε:

$$+j\Delta Q_{\bar{e}} - j2Q_{\bar{n}} = 0$$

Αοιαί $\Sigma Q_{\bar{n}} \approx \Sigma Q_{\bar{e}}$ εαεεα ÷εκαε.

110-150 εΑ εο÷εαιερε Πααί ειέυεαδε ο÷οί αο ααυδεε καουεε οαιεεεεεδ.

Аондай Πιεα εειευ άυεεα ιαοοδαε κοάαο οζαοεεαε.

$$\epsilon \text{ οα ιαδαεεεε ερεια ÷ε οδαιήοιδίαοιδεαδαα δααεοεά κοάαο εήδιόε: } \Delta Q_{\delta} = k S_{\text{Hil}} \frac{u_K \%}{100}$$

Αο οαοιεία κρεεααεεα οαια:

$$\Delta Q_{\delta} \approx 0,1 \epsilon S_{\text{Hil}} = 0,1 S_{\text{Hil}} \quad \text{αο αδα} \quad S_{\bar{e}} = k S_{\text{Hil}}$$

m οα οδαιήοιδίαοεу ηΠιαηεα γα άυεαί οαδιεαδα οδαιήοιδίαοιδεαδдаги δααεοεά κοάαο εήδιόε οαοιεία κρεεααεεα οαια:

$$\Delta Q_{\delta \Sigma} = 0,1 m S_{\bar{e}}$$

Παδ καιαε υεαεοδ οαδιΠει ειεεΠαεσρεδεααια ουεα κοάαο ααεαιηε ηακεαιεσε εαδαε (ιιηεαε Πιεαο ηακεαιεσε σαδρε αεεαί). Αοιαα αοοοι ηεηοαα ο÷οί, σοιείααε, ζαδοδ δααεοεά κοάαο δαζαδαεα γα άυεαί Παδ αεδ οοαοι ο÷οί Παι δααεοεά κοάαο ααεαιηε οαυιεεαιεσε шарт.

Δααεοεά κοάαο ααεαιηεε οαδικίεια Παδ αεδ (οοηοηεε) Πιεαο ο÷οι αειΠεα ευδεα ÷εκεεαε. Αοεαδ κρεεααε Πιεαοεαδεδ:

α) εια εαοοα δααεοεά βεεαα Πιεαοε (δααεοεά κοάαοιε για εyi εηοαυιε κεεαεεαα αα ειηαίηαοευεια÷ε κοδεειαεαδ κοάαοιεία για εyi ζαδοδαοε άυεαί Πιεαο);

α) για εαι δααεοεά κοάαοεε ααιαδαοιδεαδιε για εyi αεοεα κοάαο αεεαι βεεαιοεδεσ ιαοεαηεα άυεαεεαί Πιεαο - για εαοοα αεοεα βεεαα Πιεαοε;

а) $\vec{E} = -\text{grad}\varphi - \dot{\vec{A}}$ қандай қарғаларға қарағанда $\text{div}\vec{E} = \rho/\epsilon_0$ және $\text{rot}\vec{E} = -\dot{\vec{B}}$ теңдеулері орындалады; \vec{E} және \vec{A} потенциалдарының байланысы қандай?

ә) $\vec{H} = \text{rot}\vec{A}$ және $\text{div}\vec{A} = -\mu_0 \dot{\rho}$ теңдеулері орындалады. \vec{A} потенциалының байланысы қандай?

Синон саволлари

1. Электр тармоқда ва системасида реактив қувват баланси дейилганда нима тушунилади?
2. Реактив қувват баланси қандай қурилмалар ёрдамида таъминланади?
3. Юкламанинг ростлаш эффекти нима?
4. Реактив қувват балансининг бузилиши қандай оқибатларга олиб келиши мумкин?
5. Нима сабабдан электр тармоқда реактив қувват баланси таъминлаб турилади?
6. Электр тармоқда кучланиш исрофи ундаги реактив қувват миқдорига қандай боғлиқ?
7. Электр истеъмолчиси учун критик кучланиш нима? Агар унда кучланиш критик кучланишдан кичик бўлиб қолса қандай ҳодиса юз беради?
8. Реактив қувват истеъмолчиларига нималар киради?
9. Сарф қилинувчи реактив қувватнинг тахминан қандай қисми электр тармоқларидаги исрофлар улушига тўғри келади?
10. Электр тармоқларда реактив қувват исрофини қандай йўллар билан камайтириш мумкин?

4) үеәәөдд оадиПіеііā үөеәçеø кіәеөёүдө а́үеә÷à ÷äеәіеөеәд.

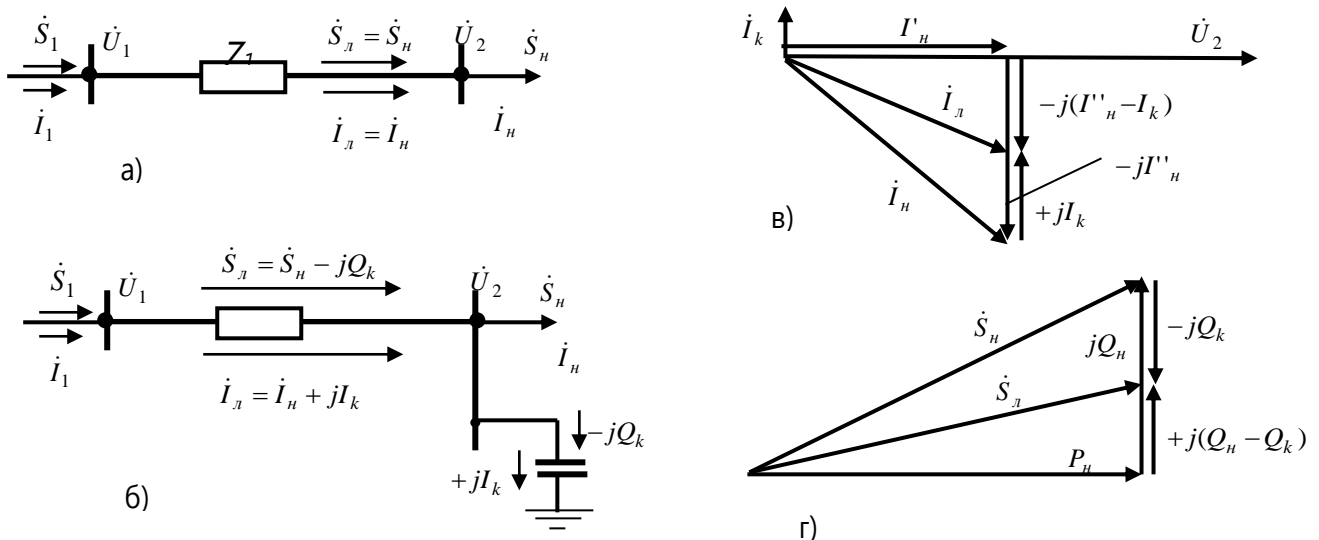
Еіеіү āà òðàííòíäàòíðеәäāà æòāā èàòòà ðāàеòеā кóāāàò íкeіе Піñеē а́үеәөеіеіā íеäеіе іеөø ó÷óí ðāàеòеā кóāāàò àíáāеәðе еñòáuííе÷еәäðāà үкeі æіеәәòдөðеēеөе èäðäе. А́óíāà òàðííкeіеіā óçàòóá÷е үеāíáíòеәðеäāà ðāàеòеā кóāāàò èàìàүäе, àòеæāāà еó÷еàіеø āà àеòеā кóāāàò еñðíòеәðе èàìàүäе. 10.1-ðàñíāà еіеіү íòеðеäā èíííáíñàòөеүеіā÷е кóððеēíà үðíàòеēāíāāà óíеíā үóðāеòе àеìàøдөðеø ñòáíàеәðе āà āāеòíð æēāāðàìāеәð íðкāеē òàññäеðеāíāāí.

Еíííáíñàòөеүеіā÷е кóððеēíà күеēäíеēíāāíāà еіеіүāāí оқувчи òíе āà ðеēāàà кóāāàòе (4.8,à- ðàñíí):

$$I_p = I'_p - jI_p''; \quad S_p = P_p + jQ_p;$$

Еíííáíñàòөеүеіā÷е кóððеēíà күеēäíеēāíāà еіеіүāāíе òíе āà ðāàеòеā кóāāàò èíííáíñàòөеүеіā÷е кóððеēíāāà еøеāā ÷екаðеēāíí òíе āà ðāàеòеā кóāāàòíеíā кeіеàòеēā èàìàүäе. Еіеіүāā íñòеē а́үеә÷à íеäеіеēāà íеñāàòàí еē÷еē òíе āà кóāāàò íкāē:

$$I_p = I'_p - j(I_p'' - I_e); \quad S_e = P_p + j(Q_p - Q_e);$$



10.1-расм. Компенсацияловчи қурилмаларни қўллашдан кўриладиган эффеқтни тушунишга доир. а, б – компенсациягача ва компенсациялангандан кейинги токлар ва қувватлар; в – токларнинг вектор диаграммаси; г – қувватлар учбурчаги.

Øóíāāē кeēēā, ðеēāàà кóāāàòе үçāàðíāñ а́үеāāí нимñòáíòөеүеäðāà èíííáíñàòөеүеіā÷е кóððеēíàеәðд күеēäíеēāíāà еіеіүāāí íкóá÷е ðāàеòеā кóāāàò āà òíе èàìàүäе. Натихада еіеіүāāíе кóāāàò āà еó÷еäíеø еñðíòеәðе èàìàүäе, ÷óíеē:

$$\Delta E_e = \frac{P_{ю}^2 + (Q_{ю} - Q_k)^2}{U_{ю.М}^2} r_l; \quad \Delta U_e = \frac{P_{ю} r_l + (Q_{ю} - Q_k) x_l}{U_{ю.М}};$$

10.2. Еíííáíñàòөеүеіā÷е кóððеēíàеәð.

Еíííáíñàòөеүеіā÷е кóððеēíàеәð ñеòàòеēāà ñеíòðíí èíííáíñàòíðеәðāāí, еííāāíñàòíðеәðāāí, еííāāíñàòíðеәð āàòàðāүñеāāí, ðāàеòíðеәðāāí āà ðāàеòеā кóāāàòíеíā ñòàòеē àíáāеәðеäēāí òíеāāеāíáíеø íóíеēí.

сабаби бўлиб қуйидагилар ҳисобланади: а) тармоқ элементлари орқали оқаётган юклама тоқлари ҳосил қилувчи кучланиш исрофи; б) ток ўтказувчи элементлар қўндаланг кесимлари ва куч трансформаторлари қувватларини нотўғри танлаш; в) тармоқ схемасининг нотўғри тузилиши.

Кучланиш оғишини назорат қилиш уч йўл билан амалга оширилади: 1) кучланиш даражаси бўйича кучланиш оғишларини уларнинг рухсат этилган қийматлари билан солиштириш асосида амалга оширилади; 2) электр системасидаги жойи бўйича – электр тармоқнинг маълум нуқталарида, масалан, ЭУЛнинг бошланиши ёки охирида, туман нимстанциясида, амалга оширилади; 3) кучланиш оғиши мавжуд бўлишининг давомийлиги бўйича амалга оширилади.

Кучланишни ростлаш деб электр системасининг характерли нуқталарида кучланиш даражасини махсус техник воситалар ёрдамида ўзгартириш жараёнига айтилади. Аввалдан кучланиш ва реактив қувватни ростлаш усуллари ва йўллари энергетика системаларини бошқаришнинг қуйи иерархик даражаларидан юқориси томон келиб чиққан. Жумладан, бошланишда кучланишни ростлаш тақсимловчи тармоқларнинг таъминлаш марказларида – иш ҳолати ўзгарганда исьтемомолчилардаги кучланиш трансформациялаш коэффицентини ўзгартириш орқали тутиб туриладиган туман нимстанцияларида амалга оширилган.

Кучланишни ростлашнинг бу усуллари ҳозирги давргача ҳам сақланиб қолиб, улар автоматлаштирилган диспетчерлик бошқаруви системалари (АДБС)нинг қуйи иерархик даражаларида қўлланилади. АДБСнинг юқори даражалари нуқтаи назаридан булар ростлашнинг локал усуллари дир. Юқори даража АДБС локал ростлаш системалари ва бутун энергетика системасининг ҳолатини оптималлаш ишларини координациялайди.

Кучланишни локал ростлашни таъминлаш марказида (ТМ) амалга ошириладиган *марказланган* ва бевосита исьтемомолчиларда амалга ошириладиган *махаллий* усулларга бўлиш мумкин.

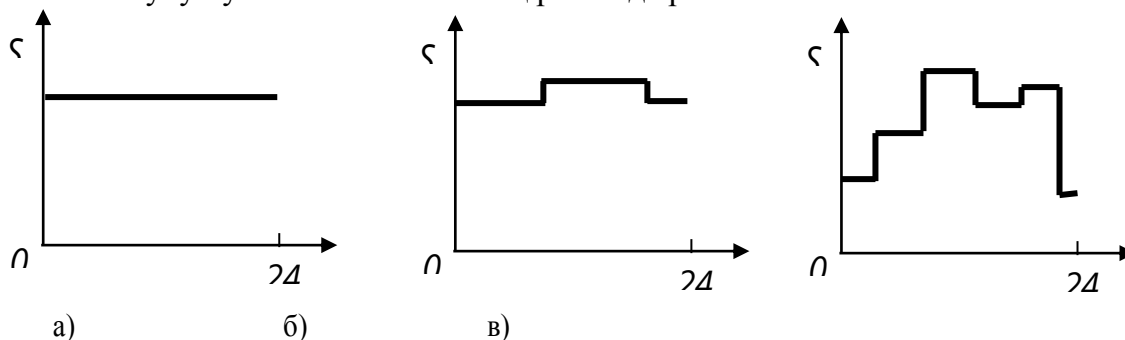
Кучланишни маҳаллий ростлашни гуруҳли ва индивидуалга усулларга бўлиш мумкин. Гуруҳли ростлаш исьтемомолчилар гуруҳи учун, индивидуал ростлаш асосан махсус мақсадларда амалга оширилади.

Юқорида кўрсатилган кучланишни ростлаш типларини юкломани ўзгариши характерига боғлиқ равишда бир нечта нимтипларга ажратиш мумкин. Масалан, кучланишни марказлашган ростлашда учта нимтипни ажратиш мумкин. Булар, кучланишни стабиллаш; кучланишни иккинчи даражали ростлаш ва кучланишни қарама-қарши ростлаш дир.

Кучланишни *стабиллаш* амалда юкломаси ўзгармайдиган исьтемомолчилар учун, масалан, кучланиш даражаси бир хилда тутиб турилиши лозим бўлган уч сменли корхоналар учун қўлланилади. Бундай исьтемомолчиларнинг суткалик юклама графиги 12.1,а- расмда келтирилган.

Аён ифодаланган икки даражали юклама графигига эга бўлган исьтемомолчилар, масалан, бир сменли корхоналар, учун *икки даражали ростлаш* қўлланилади (12.1,б-расм). Бунда сутка давомида юклама графигига мос равишда кучланишнинг икки даражаси тутиб турилади. Юклама сутка давомида ўзгарувчан бўлган ҳолларда *қарама-қарши ростлаш* амалга оширилади (12.1,в-расм). Юкломанинг ҳар бир қиймати мос

кучланиш ва кучланиш исрофи қийматларига эга бўлади. Шу сабабли юклама ўзгариши билан кучланиш ҳам ўзгаради. Бунда кучланишнинг оғиши рухсат этилганидан ортиб кетмаслиги учун уни юкламага боғлиқ равишда ростлаш лозим.



12.1-расм. Юклама графиклари. а- ўзгармас; б – икки даражали; в – қуп даражали.

Юклама нафақат сутка давомида, балки йил давомида ҳам ўзгаради. Масалан, йил давомида энг катта юклама кузги-қишки мавсум даврида, энг кичик юклама эса ёзги даврда бўлади. Қарама-қарши ростлаш кучланишни нафақат юкламанинг сутка давомида ўзгариши бўйича, балки сезон давомида ҳам ўзгариши бўйича ростлашдан иборатдир. У электр станциялари ва нимстанциялари шиналаридаги кучланиш даражасини энг катта юклама даврида оширилган ҳолатда, энг кичик юклама даврида эса камайтирилган ҳолатда тутиб туришни назарда тутади.

12.2. Кучланишни қарама-қарши ростлаш

Кучланишни қарама-қарши ростлаш билан тўлароқ танишиш учун трансформаторнинг иккита элемент - трансформатор қаршилиги ва идеал трансформатор кўринишида тасвирланган алмаштириш схемасидан фойдаланамиз (12.2-расм). 12.2-расмда Қуйидаги белгиланишлар қабул қилинган: U_1 - таъминлаш маркази шинасидаги кучланиш; $U_{2ю}$ - туман нимстанциясининг бирламчи шинасидаги (ЮК)даги кучланиш;

$U_{2к}$ - туман нимстанцияси иккиламчи кучланиш шинаси (ҚК)даги кучланиш; U_3 - исьтемомолчилардаги кучланиш.

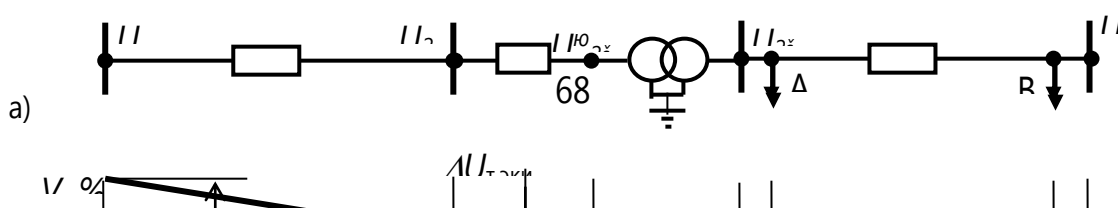
Туман нимстанцияси ЮК шинасидаги кучланиш

$$U_{2ю} = U_1 - \Delta U_{12}$$

ЮК ва ҚК шиналаридаги кучланишлар трансформатордаги кучланиш исрофи ΔU_m га фарқ қилади ва бундан ташқари идеал трансформаторда кучланиш трансформациялаш коэффициентига мос равишда пасайтирилади. Бу пасайтирилиш трансформаторнинг ростловчи шахобчасини танлашда ҳисобга олиниши лозим.

12.2,б-расмда иккита ҳолат – энг кичик ва энг катта юклама ҳолатлари учун кучланишнинг ўзгариш графиклари тасвирланган. Бунда ордината ўқи бўйича кучланиш оғишининг номинал кучланишга нисбатан фоизлардаги қийматлари жойлаштирилган.

12.2,б-расмдан кўринадикки (штрих чизиклар), $n_m = 1$ бўлганда энг кичик юкламалар ҳолатида исьтемомолчилардаги кучланишлар рухсат этилганидан юқори, энг юқори юкламалар ҳолатида эса рухсат этилганидан паст (яъни кучланиш оғишлари рухсат этилганидан катта).



12.2-расм. Кучланишни қарама-қарши ростлаш:

а- алмаштириш схемаси; б- кучланишлар эпюраси.

Бунда ҚК тармоғига уланган қабул қилгичлар (масалан, А ва В нуқталарда) рухсат этилмаган шароитларда ишлайди. $U_{2қ}$ ни туман нимстанцияси трансформаторининг трансформациялаш коэффициенти n_m ни алмаштириш орқали ўзгартирамиз, яъни кучланишни ростлаймиз (12.2,б-расмдаги узлуксиз чизиқ).

Энг кичик юклама шароитларида $U_{2қ}$ имкони борича U_n га яқин қийматгача камайтиради. Бу ҳолатда n_m нинг шундай стандарт қиймати танланиши лозимки, бунда қуйидаги шарт бажарилсин:

$$U_{2қ, \text{экич}} \geq U_n \quad (12.1)$$

Энг кичик юкламалар ҳолатида $U_{2қ}$ ни 1,05-1,1 U_n га имкони борича яқинроқ қийматгача орттиради. Бу ҳолатда n_m нинг шундай стандарт қиймати танланиши лозимки, бунда қуйидаги шарт бажарилсин:

$$U_{2қ, \text{экат}} \geq (1,05 \div 1,1) U_n. \quad (12.2)$$

Шундай қилиб, таъминлаш марказидан узоқдаги В ва унга яқиндаги А нуқталардаги исьтемомчилардаги кучланишлар рухсат этилган чеграга киритилади. Энг катта ва энг кичик юклама ҳолатидаги бундай ростлашда кучланиш мос равишда оширилади ва пасайтиради. Шу сабабли бундай ростлашни қарама-қарши ростлаш деб аталади.

12.3. Электр станцияларда кучланишни ростлаш

Генераторлар кучланишларини уларнинг қўзғатиш токини ростлаш орқали ўзгартириш мумкин. Генератор актив қувватини ўзгартирмасдан туриб кучланишни фақат $\pm 0,05 U_{н.г}$ чегарада, яъни $0,95 U_{н.г}$ дан $1,05 U_{н.г}$ гача ўзгартириш мумкин.

$U_{н.э}=6$ кВ бўлганда генераторнинг номинал кучланиши $U_{н.э}=6,3$ кВ ва ростлаш диапазони 6-6,6 кВ бўлади. $U_{н.э}=10$ кВ бўлганда генераторнинг номинал кучланиши $U_{н.э}=10,5$ кВ ва ростлаш диапазони 10-11 кВ бўлади.

Генератор чиқишидаги кучланишнинг номиналдан $\pm 5\%$ дан кўп миқдорга оғиши унинг қувватини камайтиришни талаб этади. Кучланишни ростлашнинг бу диапазони мутлақо етарли эмас. Буни аниқроқ кўриб чиқамиз.

Трансформациялашнинг ҳар бир поғонасида кучланиш исрофи нисбий бирликда

$$\Delta U_{*m} \approx 0,1 S_{*m},$$

бу ерда $S_{*m} = S_m/S_n$ - трансформаторнинг нисбий бирликдаги қуввати.

Уч-тўрт трансформацияда тармоқдаги кучланиш исрофи (0,3-0,4) $S_{*т}$ бўлади. Агар $P_{*экат}=1$ ва $P_{*экич}=0,4$ деб қабул қилсак, унда энг катта ва энг кичик юклама ҳолатларида кучланиш мос равишда қуйидагиларни ташкил этади:

$$\sum \Delta U_{экат} \% \approx 30 \div 40\%, \quad \sum \Delta U_{экич} \% \approx 12 \div 16 \%$$

Бундан кўринадики, истеъмолчида кучланишнинг ўзгариш диапазони

$$\sum \Delta U_{экат} \% - \sum \Delta U_{экич} \% \approx 18 \div 24\%.$$

Шу сабабли генераторда кучланишни ростлаш диапазони 10% аниқ етарли эмас.

Электр станцияларининг генераторлари иккита сабабга кўра ростлашнинг фақат ёрдамчи воситасигина ҳисобланади: 1) генераторлар ёрдамида кучланишни ростлаш диапазони етарли эмас. 2) узоқ ва яқин масофада жойлашган истеъмолчиларга кучланишга бўлган талабни мостлаштириш қийин.

Яъғона ростлаш воситаси сифатида генераторлар фақат станция – тарқалмаган юклама кўринишидаги содда система ҳолатида қўлланилади. Бундай ҳолатда саноат корхоналари изоляцияланган шароитда ишловчи электр станцияларининг шиналарида кучланишни қарама-қарши ростлаш амалга оширилади. Генераторлар кўзғатиш токини ўзгартириш орқали максимал юклама соатларида кучланиш оширилади ва минимал юклама соатларида пасайтирилади.

Электр станцияларида ЮК чулғами номинал кучланиши $U_{ю.н}=110$ кВ бўлган ТДЦ/110 ва ЮК чулғами номинал кучланиши $U_{ю.н}=220$ кВ бўлган бир қисм ТДЦ/220 оширувчи трансформаторлар, генераторлар сингари, кучланишни ростлашнинг ёрдамчи воситалари саналади. Чунки улар ҳам $\pm 2 \times 2,5\% U_{ю.н}$ кучланишни ростлаш чегарасига эса ва улар ёрдамида узоқ ва яқинда жойлашган истеъмолчиларда кучланиш бўйича талабни мостлаштириш мумкин эмас. $U_{ю.н}=150, 330 - 750$ кВ бўлган ТЦ ва ТДЦ типдаги оширувчи трансформаторлар кучланишни ростлаш қурилмаларисиз ишлаб чиқарилади. Шу сабабли кучланишни ростлашнинг асосий воситаси бўлиб туман нимстанцияларининг трансформатор ва автотрансформаторлари ҳисобланади.

Синов саволлари

1. Кучланишни стабиллаш нима? У қандай ҳолларда қўлланади?
2. Кучланишни поғонали ростлаш нима? У қандай ҳолларда қўлланади?
3. Кучланишни қарама-қарши ростлаш нима? У қандай ҳолларда қўлланади?
4. Кучланишни генераторнинг кўзғатиш токини ўзгартириб ростлаш усулининг маъносини тушунтиринг.
5. Одатда истеъмолчиларда кучланишни ўзгариш диапозони тахминан қандай?
6. Кучланишни марказлашган ростлаш нима? У қандай ҳолларда қўлланилади?

7. Кучланишни маҳаллий ростлаш нима? У қандай ҳолларда қўлланилади?
8. Истеъмолчилардаги кучланиш даражаси тармоқдаги реактив қувват оқимига қандай боғлиқ?
9. Истеъмолчилардаги кучланиш даражаси қандай факторларга боғлиқ?
10. Истеъмолчилардаги кучланиш даражаси тармоқнинг реактив қувватига қандай боғлиқ?
11. Тармоқдаги кучланиш исрофи ва кучланиш пасайишининг ташкил этувчилари ўртасида қандай боғлиқликлар мавжуд?

12 – маъруза

Маруза режаси

1. Кучланишни ҚАУли трансформатор ёрдамида ростлаш.
2. Кучланишни ЮОРли трансформатор ёрдамида ростлаш.
3. ҚАУ ва ЮОР қурилмаларининг схемалари ва ишлаш принциплари.
4. Кучланишни линия ростлагич трансформаторлари ёрдамида ростлаш.

Таянч иборалар: Кучланишни ростлаш; кучланишни стабиллаш; кучланишни пағонали ростлаш; қўзғатиш токи; қўзғатишсиз алмаштаб улаш; юклама остида ростлаш; қаршиликни компенсациялаш; реактив қувватни компенсациялаш.

(Адабиётлар: 1-4, 6-9, 12-14).

13.1. Пасайтирувчи нимстанцияларда кучланишни ростлаш

Пасайтирувчи нимстанциялар трансформаторлари тузилиши бўйича икки турга бўлинади: а) ростловчи шохобчаларни қўзғатишсиз алмашлаб уловчи, яъни тармоқдан узиш орқали (қисқача, “ҚАУли трансформаторлар”); б) ростловчи шохобчаларни юклама остида ростловчи (қисқача, “ЮОРли трансформаторлар”). Одатда, ростловчи шохобчалар трансформаторнинг кичик ишчи ток оқувчи юкори чулғами томонида ясалади. Бунда алмашлаб улаш қурилмасининг иши енгиллашади.

12.2,а-расмда тасвирланган содда схемани кўриб ўтамиз.

Бунда нимстанция ЮК шинасидаги кучланиш электр станцияси генераторлари кучланиши U_1 дан ЭУЛ даги кучланиш исрофи қиймати ΔU_c га, нимстанция ҚК шинасидаги ЮКга келтирилган кучланиш $U_{2k}^{ю}$ эса яна трансформатор қаршилигидаги кучланиш исрофи ΔU_m га фарқ қилади:

$$U_{2ю} = U_1 - \Delta U_c, \quad U_{2k}^{ю} = U_{2ю} - \Delta U_m.$$

Нимстанциялар ҚК шиналаридаги кучланишнинг ҳақиқий қиймати қуйидагича топилади:

$$U_{2k} = \frac{U_{2k}^{ю}}{n_T} = U_{2k}^{ю} \frac{U_{k.н}}{U_{шох}}, \quad (13.1)$$

бу ерда $n_m = U_{шох} / U_{к.н}$ - трансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти; $U_{шох}$ - ЮК чулғам ростлаш шохобчасининг кучланиши; $U_{к.н}$ - ҚК чулғамининг номинал кучланиши.

Трансформациялаш коэффициентини ўзгартириб, нимстанциянинг ҚК томонидаги кучланиш $U_{2к}$ ни ўзгартириш мумкин. Нимстанцияларда барча кучланишни ростлаш воситалари айнан шу принципда ишлайди.

Қарама-қарши ростлаш шартлари (12.1) ва (12.2) бўйича

$$V_{экат}^{хох} \% = 5\%; \quad V_{экич}^{хох} \% = 0$$

бу ерда $V_{экат}^{хох} \%$ - энг катта юклама іҳолатида хоіхланган кучланиш оғишининг номинал кучланишга нисбатан фоизи; $V_{экич}^{хох} \%$ - шу сингари энг кичик юклама ҳолати учун.

Буларга мос равишда

$$U_{2к.экат}^{хох} = U_n + V_{экат}^{хох}; \quad U_{2к.экич}^{хох} = U_n + V_{экич}^{хох}.$$

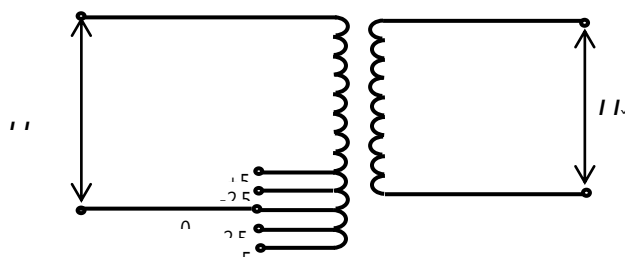
ҚК томонидаги кучланишнинг ҳақиқий қиймати (А.3) ифодадан топилади.

Тармоқни электрик ҳисоблаш натижасида энг катта юклама ҳолатида ҚК томонидаги кучланишнинг ЮК томонига келтирилган қиймати $U_{2к.экат}^{хох}$ энг кичик юклама ҳолатида ҚК томонидаги кучланишнинг ЮК томонига келтирилган қиймати $U_{2к.экич}^{хох}$ топилади. $U_{2к.экат}^{хох}$ ва $U_{2к.экич}^{хох}$ лар бўйича энг катта ва энг кичик юклама ҳолатлари учун трансформатор юқори чулғамида хоҳланувчи ростлаш шохобчаси аниқланади:

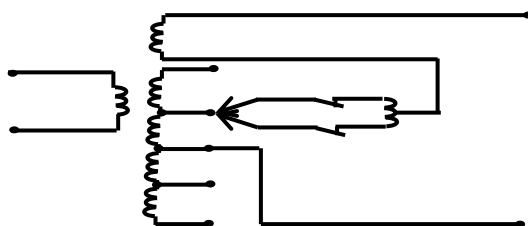
$$U_{шох.экат} = U_{2к.экат}^{ю} \cdot \frac{U_{к.н}}{U_{2к.экат}^{хох}}; \quad U_{шох.экич} = U_{2к.экич}^{ю} \cdot \frac{U_{к.н}}{U_{2к.экич}^{хох}} \quad (13.2)$$

(13.2) бўйича аниқланувчи хоҳланувчи шохобчалар (12.1) ва (12.2) шартлари бажарилувчи энг яқин стандарт қийматларга яхлитланади.

Юклама остида ростланмайдиган трансформаторлар (ҚАУли) ҳозирги даврда асосий ва тўртта кўшимча шохобчали қилиб ишлаб чиқарилади. Бундай трансформатор чулғамининг схемаси 13.1-расмда келтирилган. Асосий шохобча кучланиши трансформатор юқори чулғамининг номинал кучланишидир ($U_{ю.н}$). Пасайтирувчи трансформаторлар учун $U_{ю.н}$ ушбу трансформатор юқори чулғами уланадиган тармоқнинг номинал кучланиши $U_{т.н}$ га тенгдир. (Масалан, 6, 10, 20, 35 кВ ва ҳ.к). Асосий шохобчада трансформаторнинг трансформациялаш коэффициентини номинал деб юритилади. Тўртта ёрдамчи шохобчалардан фойдаланилганда трансформациялаш коэффициенти номиналдан +5; +2,5; -2,5 ва -5% фарқ қилади. Трансформаторнинг иккиламчи (схемада - қуйи) чулғами унга уланган тармоқнинг таъминлаш маркази ҳисобланади.



13.1-расм. ҚАУли трансформатор чулғамлари схемаси.



13.2-расм. ЮОРли трансформатор чулғамлари схемаси.

Шу сабабли трансформаторларда иккиламчи чулғамнинг номинал кучланиши тармоқнинг номинал кучланишига нисбатан каттадир. Бу фарқ кичик қувватли трансформаторлар учун 5% ва қолганлари учун 10% ни ташкил этади. Фараз қилайлик, асосий шохобчадан фойдаланилганда бирламчи шохобчага тармоқнинг номинал кучланишига тенг кучланиш бермоқда ва салт ишлаш ҳолатида ҚК томонидаги кучланиш $1,05U_{к.т}$. Бунда қўшимча кучланиш 5%. ҚАУли трансформатор шохобчасини ўзгартириб яхлитланган қийматлари куйидагича бўлган қўшимча кучланишни олиш мумкин:

Бирламчи чулғам шохобчаси, %:	+5	+2,5	0	-2,5	5
Салт ишлаш ҳолатида ҚК томонидаги кучланиш ($U_m/U_{н.т}$):	1	1,025	1,05	1,075	1,1
Қўшимча кучланиш, %:	0	2,5	+5	+7,5	+10

ҚАУли трансформаторнинг рoстлаш шохобчаларини алмашлаб улаш учун аввало уни тармоқдан ажратиш талаб этилади. Бундай алмашлаб улашлар кам – юкламаларни сезонли ўзгаришида амалга оширилади. Шу сабабли сутка давомидаги энг катта ва энг кичик юклама ҳолатларида (масалан, кундузи ва тунда) ҚАУли трансформатор битта рoстловчи шохобча ва шунга мос ягона трансформациялаш коэффициентини билан ишлайди. Бунда кучланишни қарама-қарши рoстлаш талабларини амалга ошириш, яъни (12.1) ва (12.2) шартларни бажариш мумкин эмас. Ҳақиқатдан ҳам (13.1) га мувофиқ

$$U_{2к.экат} = U_{2к.экат}^{ю} \cdot \frac{U_{к.н}}{U_{шох}}$$

Одатда $U_{2к.экат} < U_{2к.экич}$ шу сабабли $U_{2к.экат} < U_{2к.экич}$.

Бу қарама-қарши рoстлаш талаблари (12.1) ва (12.2) га зид келади. Кучланишни қарама-қарши рoстлашни фақат $U_{шох}$ ва трансформациялаш коэффициентини сутка давомида ўзгартириш, яъни энг катта юклама ҳолатидан энг кичик юклама ҳолатига ўтиш орқали амалга оширилади.

Ўрнатилган ЮОР қурилмали кучланишни юклама остида ростловчи трансформаторлар ҚАУли трансформаторлардан алмашлаб уловчи махсус қурилма ва шунингдек шохобчалар сонининг кўплиги, диапазонининг катталиги билан фарқ қилади. Масалан, ЮК чулғамини асосий шохобчаси кучланиши 115 кВ бўлган трансформатор ҳар бири 1,78% дан 18 та ростлаш даражали +16% ростлаш диапазониغا эга.

А.4-расмда ЮОРли трансформатор чулғамларининг схемаси тасвирланган. Бу трансформаторнинг ЮК чулғами икки қисмдан – ростланмайдиган *a* ва ростланадиган *b* қисмлардан ташкил топган. Ростланадиган қисмининг 1, 4 қўзғалмас контакларида бир қатор шохобчалар мавжуд. 1, 2 шохобчалар асосий чулғам ўрамлари билан бир хил уланган ўрамлар қисмига мос келади (токнинг йўналиши 13.2-расмда стрелкалар ёрдамида кўрсатилган). 1, 2 шохобчалар уланганда трансформаторнинг трансформациялаш коэффиценти ошади. 3, 4 шохобчалар асосий чулғам ўрамларига нисбатан қарама - қарши уланган ўрамлар қисмига мос келади. Уларнинг уланиши трансформациялаш коэффиценти камайтиради, чунки улар асосий чулғам ўрамлари бир қисмининг таъсирини компенсациялайди. Трансформатор ЮК чулғамининг асосий чиқиш жойи бўлиб 0 нуқта ҳисобланади.

Асосий чулғам ўрамлари билан бир йўналишда ва қарама - қарши таъсир этувчи ўрамлар сони бир хил бўлмаслиги мумкин. Чулғамнинг ростловчи қисмида қўзғалувчи *v* ва *z*, қўзғалмас К1 ва К2 контактлардан ҳамда *P* реакторлардан ташкил топган алмашлаб уловчи қурилма мавжуд. Реакторнинг ўртаси трансформатор чулғамининг ростланмайдиган *a* қисми билан туташган. Нормал шароитда ЮК чулғами токи реактор чулғами яримларига тенг бўлинади. Шу сабабли реакторда магнит оқими ва шунингдек кучланиш исрофи камдир.

Фараз қилайлик, қурилмани шохобча 2 дан шохобча 1 га алмашлаб улаш талаб этилади. Бунда контактор К1 узилади. Қўзғалувчан контакт *v* шохобча контакти 1 га ўтказилади ва К1 контакт қайта уланади. Шундай қилиб, чулғамнинг 1, 2 секциялари *P* реакторнинг чулғами орқали ёпиқ уланиб қолади. Бу вақтда реакторнинг индуктивлиги чулғамнинг 1, 2 секциясидаги кучланиш таъсирида ҳосил бўлувчи тенглаштирувчи токни чеклайди. Шундан сўнг контактор К2 узилади, қўзғалувчан контакт 2 шохобча контакти 1 га ўтказилади ва К2 контакт қайта уланади.

ЮОР ёрдамида трансформаторнинг шохобчасини ва трансформациялаш коэффиценти сутка давомида юклама остида ўзгартириш орқали қарама-қарши ростлаш талаби (12.1), (12.2) ни бажариш мумкин.

Линия ростлагич трансформаторлари (ЛРТ) ва кетма-кет ростловчи трансформаторлар кучланишни алоҳида ЭУЛда ёки ЭУЛ гуруҳларида ростлаш учун қўлланилади. Шундай қилиб, улар юклама остида ростлайдиган трансформаторлардан фойдаланилган мавжуд тармоқларни қайта қуришда қўлланилади. Бундай ҳолларда нимстанция шинасида кучланишни ростлаш учун ЛРТ ростланмайдиган трансформатор билан кетма-кет уланади. Чиқиб кетувчи ЭУЛларда кучланишни ростлаш учун ЛРТлари бевосита ЭУЛларига кетма-кет уланади.

ЛРТ ёрдамида кучланишни бўйлама, кўндаланг ва бўйлама-кўндаланг ростлаш мумкин.

Синов саволлари

1. Кучланишни трансформаторларнинг трансформациялаш коэффициентларини ўзгартириб ростлаш усули қандай афзалликларга эга?
2. Кучланишни бўйлама ва кўндаланг ростлаш нима билан характерланади?
3. Кучланишни трансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти ўзгартириб ростлаш усулининг маъносини тушунтиринг.
4. ҚАУ қурилмасининг принципиал схемасини келтиринг ва ишлаш принципини тушунтиринг.
5. ЮОР қурилмасининг принципиал схемасини келтиринг ва ишлаш принципини тушунтиринг.
6. Қандай ҳолларда ҚАУ ва ЮОР қурилмаларидан фойдаланилади?
7. Кучланишни ҚАУ қурилмаси ёрдамида ростлаш усулининг афзаллик ва камчиликлари.
8. Кучланишни ЮОР қурилмаси ёрдамида ростлаш усулининг афзаллик ва камчиликлари.
9. Икки чулғамли трансформаторнинг иккиламчи куйи томонида талаб этилувчи кучланишни таъминлаш учун лозим бўлган трансформациялаш коэффициенти қандай аниқланади?
10. Кучланишни линия ростлагич трансформаторларида ростлаш усулининг маъносини тушунтиринг.
11. Линия ростлагич трансформаторининг принципиал схемасини келтиринг ва ишлаш принципини тушунтиринг.

13 – маъруза

Маруза режаси

1. Кучланишни тармоқ қаршилигини ўзгартириб ростлаш.
2. Кучланишни ростлаш учун зарур бўлган бўйлама компенсацияловчи қурилма қаршилигини аниқлаш.

Таянч иборалар: Кучланишни ростлаш; кучланишни стабиллаш; кучланишни пағонали ростлаш; қўзғатиш токи; қўзғатишсиз алмаштаб улаш; юклама остида ростлаш; қаршилиқни компенсациялаш; реактив қувватни компенсациялаш.

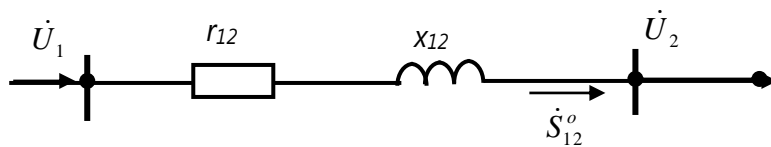
(Адабиётлар: 1-4, 6-9, 12-14).

14.1. Кучланишни тармоқ қаршилигини ўзгартириб ростлаш

Истеъмолчидаги кучланиш тармоқдаги кучланиш исрофи қийматига боғлиқдир. Кучланиш исрофи эса ўз навбатида тармоқ қаршилиги боғлиқ. Масалан, 14.1-расмда тасвирланган тармоқдаги кучланиш пасайишининг бўйлама ташкил этувчиси куйидагичадир:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12}^{(2)} + Q_{12}^{(2)} X_{12}}{U_2}. \quad (14.1)$$

Бу ерда $P_{12}^{(2)}, Q_{12}^{(2)}, U_2$ - ЭУЛ охирида қувват оқимлари ва кучланиш; r_{12}, x_{12} - ЭУЛнинг актив ва реактив қаршилиқлари.



14.1-расм. Кучланишни тармоқнинг параметрларини ўзгартириб ростлаш.

Тақсимловчи ва таъминловчи тармоқлар учун актив ва реактив қаршиликларнинг нисбатлари турлича бўлади. Тақсимловчи тармоқларда актив қаршилик реактив қаршиликка нисбатан катта, яъни $r_0 > x_0$ бўлади. (14.1) да суратнинг асосий ташкил этувчиси $P_{12}^{(2)}$ r_{12} бўлиб қолади. Тақсимловчи тармоқларда ЭУЛ ўтказгичининг кўндаланг кесими ўзгарганда r_0 ва унга мос равишда r_{12} , ΔU_{12} ва истеъмолчидаги кучланиш анчагина ўзгаради. Шу сабабли бундай тармоқларда ўтказгичнинг кўндаланг кесими рухсат этилган кучланиш исрофи бўйича аниқланади.

Таъминловчи электр тармоқларда аксинча $x_0 > r_0$ ва шу сабабли ΔU_{12} асосан ЭУЛ ўтказгичининг кўндаланг кесимига кам даражада боғлиқ бўлган реактив қаршилик билан белгиланади. Таъминловчи электр тармоқларда ЭУЛ ўтказгичини рухсат этилган кучланиш исрофи бўйича танлаш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ эмас. Реактив қаршиликни ўзгартириш учун ЭУЛ га конденсаторлар улаш лозим. ЭУЛда конденсаторлар улашдан олдинги кучланиш пасайишининг бўйлама ташкил этувчиси (14.1) бўйича аниқланади. Фараз қилайлик, ЭУЛнинг охирида кучланиш рухсат этилганидан паст:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} < U_{2\text{рух}}$$

ЭУЛга конденсаторларни шундай улаймизки, бунинг натижасида U_2 рухсат этилган $U_{2\text{рух}}$ гача ошсин.

Бунда юқоридаги ифодани қуйдагича ёзиш мумкин:

$$U_{2\text{рух}} = U_1 - P_{12}^{(2)} r_{12} + Q_{12}^{(2)} (x_{12} - x_k) / U_{2\text{рух}} \quad (14.2)$$

Бу ерда x_k -конденсаторнинг қаршилиги

Конденсаторларни ЭУЛда кетма-кет улаш бўйлама компенсациялаш деб юритилади. Бўйлама компенсацияловчи қурилма (БКК) ЭУЛда индуктив қаршилик ва кучланиш исрофини компенсациялаш имконини беради (14.2,а-расм).

Бундай ростлашнинг вектор диаграммаси 14.2,б-расмда тасвирланган. Ундан кўринадики,

$$U_2 = U_1 - \sqrt{3} I_{12} (r_{12} + jx_{12}),$$

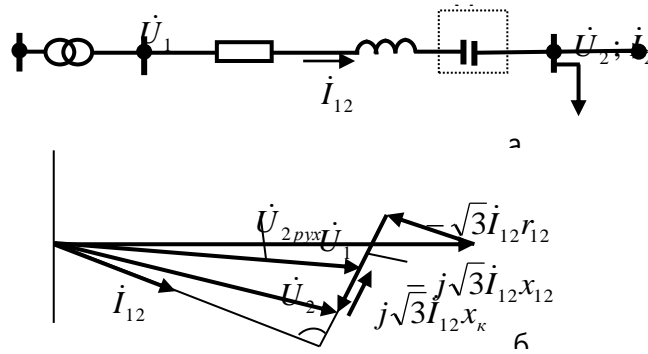
$$U_{2\text{рух}} = U_1 - \sqrt{3} I_{12} (r_{12} + jx_{12}) - \sqrt{3} I_k (-jx_k)$$

Бу ерда I_{12} -ЭУЛ токи.

$j\sqrt{3} I_{12} x_k$ қийматини манфий кучланиш ёки тармоққа киритилувчи қўшимча э.ю.к сифатида қараш мумкин

U_1 , $U_{2\text{рух}}$, r_{12} , x_{12} , $P_{12}^{(2)}$, $Q_{12}^{(2)}$ ни билган ҳолда (14.2) дан x_k ни топиш ҳамда лозим бўлган кетма-кет ва параллел уланувчи конденсаторларнинг сонини танлаш мумкин. Бунда конденсаторлардан кучланишлар U_k ва улардаги тоқлар I_k тенгдир:

$$U_k = \sqrt{3} I_{12} X_k \quad I_k = I_{12} = S_{12} / \sqrt{3} U_k.$$



Агар битта конденсаторнинг номинал кучланиш $U_{к.ном} < U_{к}/\sqrt{3}$, бўлса, у ҳолда бир нечта конденсатор ўрнатилади. Кетма-кет уланувчи конденсаторлар сони қуйдаги ифода бўйича топилади:

$$n = U_{к}/\sqrt{3} U_{к.ном}$$

Конденсаторнинг паспортида унинг қуввати $Q_{к}$ кўрсатилади. Бу қийматни билган ҳолда номинал токни аниқлаш мумкин:

$$I_{к.ном} = Q_{к}/U_{к.ном};$$

Агар $I_{к.ном} < I_{к}$ бўлса, m та конденсатор параллел ўрнатилади.

Бунда

$$m = I_{к}/I_{к.ном}.$$

БКҚ сиғим қаршилигини ЭУЛ индуктив қаршилигига нисбатининг фоизлардаги қиймати компенсациялаш фоизи деб аталади:

$$C = \frac{x_{к}}{x_{12}} \cdot 100.$$

Амалда ЭУЛ реактив қаршилигини қисман компенсациялаш қўлланилади ($C < 100\%$). Юкломани бевосита таъминлайдиган тақсимловчи тармоқларда тўла ёки ортиқча компенсациялаш ($C \geq 100$) одатда қўлланилмайди. Бу тармоқда ўта кучланишни вужудга келиш мумкинлиги билан боғлиқ.

БКҚни қўллаш тармоқда кучланиш ҳолатини яхшилаш имконини беради. Бироқ, кучланишнинг ортиши БКҚ орқали ўтувчи ток қиймати ва фазасига боғлиқдир. Шу сабабли БКҚ ёрдамида ростлаш имкониятлари чекланган. БКҚни ўта юкланган радиал ЭУЛларда кучланиш оғишини камайтириш учун қўллаш энг самаралидир.

Таъминловчи тармоқларда БКҚлар фойдаланишда мураккаб ва қимматдир, қиска туташув даврида уларни ўтакучланишдан ҳимоялаш учун махсус тадбирларни қўллаш лозимдир. БКҚ нафақат кучланишни ростлаш учун, балки ЭУЛнинг ўтказувчанлик қобилиятини ошириш учун ҳам қўлланилади.

14.2. Кучланишни реактив қувват оқимини ўзгартириб ростлаш

Тармоқда кучланиш пасайишининг бўйлама ташкил этувчиси ΔU_m қуйдаги ифодадан аниқланади (14.3,а-расм):

$$\Delta U_T = \frac{P_{ю} r_T + Q_{ю} x_T}{x_2}.$$

Бу ерда $P_{ю}$, $Q_{ю}$ - кувват оқимлари; r_m , x_m - тармоқнинг актив ва реактив қаршиликлари.

Юқоридаги ифодадан кўринадик, кучланиш пасайиши тармоқдаги актив ва реактив кувват оқимларига боғлиқ. ЭУЛ орқали оқувчи актив кувват истеъмолчи куввати билан белгиланади. Кучланишни ростлаш учун актив кувватни ўзгартириш мумкин эмас. Таъминловчи тармоқларда реактив қаршилик актив қаршиликка нисбатан катта бўлмаганлиги учун кувват оқимларини ўзгартириб ростлашда кучланиш пасайишига $Q_{юx_T}$ кўпайтма ҳал қилувчи таъсир кўрсатади.

Реактив кувват оқимларини компенсациялаш учун компенсацияловчи қурилмалар – конденсатор батареялари (КБ), синхрон компенсаторлар (СК), шунингдек реактив кувватни статик манбалари (РҚСМ) қўлланилади.

Компенсацияловчи қурилма сифатида синхрон компенсаторлардан фойдаланиш 14.3,а-расмда тасвирланган.

Компенсатор ўрнатишдан олдин ЭУЛ охиридаги кучланиш қуйидагича аниқланади:

$$U_2 = U_1 - \frac{P_{ю} r_T + Q_{ю} x_T}{U_2} . \quad (14.3)$$

Фараз қилайлик, U_2 рухсат этилганидан кичик. ЭУЛ охирига СК улангандан сўнг U_2 қуйидагича топилади:

$$U_2 = U_1 - \frac{P_{ю} r_T + (Q_{ю} - Q_{ск}) x_T}{U_2} . \quad (14.4)$$

СКнинг кучланишни рухсат этилган қийматини таъминлайдиган қувватини топамиз. Бунинг учун (14.4) да $U_2 = U_{2пyx}$ деб ҳисоблаймиз ва (14.4) дан (14.3)ни айирамиз. Натижада СК қувватини топиш учун ифодага эга бўламиз:

$$Q_{ск} = \frac{(U_{2пyx} - U_2)[U_{2пyx} U_2 - (P_{ю} r_T + Q_{ю} x_T)]}{U_2 x_T}$$

Агар $1/U_{2пyx} \approx 1/U_2$ деб қабул қилсак, у ҳолда бу ифода янада соддалашади:

$$Q_{ск} = \frac{U_{2пyx} - U_2}{x_T} \cdot U_{2пyx} \quad (14.5)$$

Амалий ҳисоблашларда $Q_{ск}$ (14.5) бўйича топилади.

Синхрон компенсаторлар ўта кўзғалиш ва кам кўзғалиш ҳолатларида ишлайди.

Ўта кўзғалганда улар $Q_{ск}^{y.k} = Q_{ск.ном}$ реактив кувватни ишлаб чиқаради ва кам кўзғалганда $Q_{ск}^{k.k} = 0,5 Q_{ск.ном}$ реактив кувватни истеъмол қилади. Реактив кувватнинг истеъмол қилиниши кучланиш исрофининг ортиши ва истеъмолчидаги кучланишни камайишига олиб келади. 14.3,б-расмда ўта кўзғалган ҳолат учун вектор диаграммалар тасвирланган.

СКни улашгача

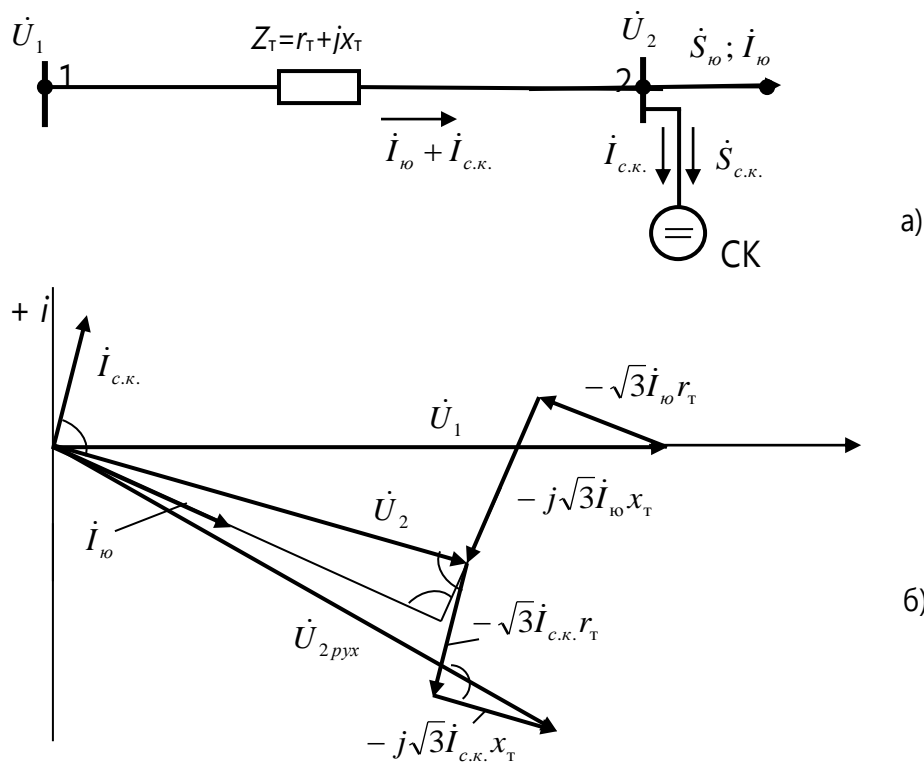
$$\begin{aligned} U_2 &= U_1 - \sqrt{3} I_{ю} z_m; \\ U_2 &= U_1 - \sqrt{3} I_{ю} r_m - j \sqrt{3} I_{ю} x_m . \end{aligned}$$

СКни улагандан сўнг

$$U_{2пyx} = U_1 - \sqrt{3} (I_{ю} + I_{ск}) z_m;$$

$$U_{2\text{пyx}} = U_1 - \sqrt{3}I_{\text{ю}}r_m - j\sqrt{3}I_{\text{ю}}x_m - \sqrt{3}I_{\text{СК}}r_m - j\sqrt{3}I_{\text{СК}}x_m.$$

СКнинг ўта қўзғалган ҳолатида тармоқда оқувчи $I_{\text{СК}}$ токи U_2 ни 90° га ортда қолдиради. Вектор диаграммадан кўринадик (14.3,б-расм), бу ҳолатда кучланиш модули U_2 дан $U_{2\text{пyx}}$ гача ортади. Кам қўзғалиш ҳолатида СКнинг токи ва қуввати ўз йўналишини тескари томонга алмаштиради. Тармоқда оқувчи $I_{\text{СК}}$ ток U_2 кучланишдан 90° ортда қолади. Бу ҳолатда кучланиш модули U_2 дан $U_{2\text{пyx}}$ гача камаяди.



14.3-расм. СКнинг иш ҳолатлари:

а - СКнинг уланиши; б - СКнинг ўта қўзғалган ҳолати учун вектор диаграммаси.

Синов саволлари

1. Кучланишни тармоқ қаршилигини ўзгартириб ростлаш усулининг маъносини тушунтиринг.
2. Тармоқнинг реактив қаршилигини ўзгариши ундаги кучланишга қандай таъсир этади?
3. Радиал тармоқнинг охирида талаб этилувчи кучланишни таъминлаш учун унга уланувчи БКҚнинг қаршилиги қандай аниқланади?
4. Электр тармоқда кучланишни реактив қаршилиқни компенсациялаб ростлашда ток ва кучланишнинг вектор диаграммаларини қуринг.
5. Кучланишни реактив қувватни ўзгартириб ростлаш усулининг маъносини тушунтиринг.
6. Радиал тармоқнинг охирида талаб этилувчи кучланишни таъминлаш учун унга уланувчи реактив қувват компенсаторининг қуввати қандай аниқланади?
7. Электр тармоқда кучланишни реактив қувватни компенсациялаб ростлашда ток ва кучланишнинг вектор диаграммаларини қуринг.

8. Нима сабабдан радиал тармоққа БКҚ улаш натижасида унинг охиридаги кучланиш ортади?
9. Нима сабабдан реактив қувватни компенсаторда ишлаб чиқариш натижасида радиал тармоқнинг охирида кучланиш ортади?
10. Реактив қувватни компенсациялаш қандай қурилмалар ёрдамида амалга оширилиши мумкин?

14 – маъруза

Маруза режаси

1. Электр тармоқни лойиҳалаштиришда ечилиши лозим бўлган масалалар таркиби.
2. Электр тармоқни лойиҳалаш усуллари
3. Асосий техник иқтисодий курсаткичлар.
4. Автоматик лойиҳалаш системалари.

Таянч иборалар: Лойиҳалаш; тармоқни ривожлантириш; капитал маблағ; қўшимча харажат; тан нарх; ишончлилик; оптимал вариант; номинал кучланиш; оптимал кучланиш; кесим юзаси; иқтисодий кесим юзаси; истисодий интервал; рухсат этилган кучланиш исрофи.

(Адабиётлар: 1-4, 6-9, 12-14).

Энергетика системаларининг электр тармоқларида техник иқтисодий ҳисоблашлар

15.1. Энергетика системалари ва электр тармоқларини лойиҳалашнинг вазифалари ва усуллари.

Энергетика системаларини лойиҳалашнинг вазифаси уларнинг ривожланишини аниқловчи, истеъмолчиларни талаб этилувчи сифатидаги электр ва иссиқлик энергиялари билан ишончли даражада энг кичик харажатларда таъминловчи ечимларини ишлаб чиқиш ва техник-иқтисодий асослашдан иборатдир.

Энергетика системалари ва электр тармоқларини лойиҳалаш *босқичсиз лойиҳалаш ишларини* бажариш билан бошланади. Бу ишларни бажариш натижасида лойиҳалашнинг иқтисодий самарадорлиги ва мақсадга мувофиқлиги, катта нархли қурилиш, қайта қуриш ва электр тармоқ объектларини кенгайтиришни аниқлаш учун *асословчи материаллар* ишлаб чиқилади.

Электр тармоқлар ривожланишини лойиҳалаш “Энергетика системаси электр тармоғининг ривожланиш схемаси” деб юритилувчи мустақил иш ёки энергетика системаси ривожланиш схемасининг ташкилий қисми сифатида бажарилиши мумкин. Электр тармоқларини лойиҳалаштиришда турли вазифаларни бажарувчи ва турли кучланишлардаги тармоқларни ривожлантириш умумлаштирилади. Лойиҳалашнинг қуйидаги тахминий ташкилий қисмлардан иборат бўлган босқичларида таркиби ва ҳажми бўйича турлича масалалар ечилади:

қўрилаётган энергетика системасининг мавжуд тармоғини таҳлил қилиш;

истеъмолчиларнинг электр юктамаларини аниқлаш ва алоҳида нимсистемалар ва энерготугунлар учун актив қувват балансини тузиш, янги пасайтирувчи нимстанциялар қуришни асослаш;

электр станцияларининг иш ҳолатларини ҳисоблаш (агар кўрилаётган тармоққа электр станцияси уланган бўлса) ва лойиҳалаштирилаётган электр тармоқнинг юкланишини аниқлаш;

электр тармоқнинг турли иш ҳолатларини ҳисоблаш ва тармоқ схемаси тузилишини асослаш;

реактив қувват балансини тузиш ва тармоқда кучланишни ростлаш шартларини аниқлаш, компенсацияловчи қурилмаларнинг типлари, қувватлари ва жойлаштирилиш пунктларини аниқлаш;

лойиҳаланувчи тармоқнинг қисқа туташув (ҚТ) тоқларини ҳисоблаш, коммутацион аппаратларнинг узиш имкониятларига талабларни аниқлаш, ҚТ қувватларини чеклаш бўйича таклифларни ишлаб чиқиш;

сиғим тоқларини компенсациялаш учун қўлланилувчи ёй сўндирувчи реакторларни танлаш ва сонларини, қувватларини ҳамда ўрнатилиш жойларини асослаш (одатда, 35 кВ ва ундан паст тармоқлар учун амалга оширилади);

электр тармоқни белгиланган ҳажмда ривожланишининг келтирилган параметрлари, натурал ва суммавий кўрсаткичлари, ишга туширилиш кетма-кетлигини аниқлаш.

Автоматлаштирилган лойиҳалаш системаларини (АЛС) қўллаш энергетика системалари ва тармоқларини лойиҳалашда муҳим аҳамиятга эга. Электр тармоқни лойиҳалашда асосий аниқланувчи параметрлар – номинал кучланишлар, ЭУЛ ўтказгичларининг кўндаланг кесими, ЭУЛнинг сони, уларнинг узатиш қобилияти, трансформаторларнинг сони ва қуввати дискретдир. Қидирилаётган маълумотларнинг сони жуда кўп ва шу сабабли масалани математик кўринишда тасвирлаш жуда мураккаб. Электр тармоқни лойиҳалашни лойиҳаловчисиз амалга ошириш мумкин эмас. ЭСни лойиҳалашда АЛС лойиҳаловчи учун маслаҳатчи сифатида хизмат қилади ва у инсон томонидан тўлиқ ҳимоялашни кўзда тутди.

15.2. Техник- иқтисодий кўрсаткичлар

Энг муҳим техник-иқтисодий кўрсаткич – бу капитал маблағлар, яъни электр тармоғи, станциялари ва энергетик объектларни қуриш учун сарф бўлувчи харажатлардир. Электр тармоқ учун

$$K = K_{\text{ЭУЛ}} + K_{\text{нс}} \quad (15.1)$$

Бу ерда $K_{\text{ЭУЛ}}$ - ЭУЛларни қуриш учун капитал маблағ; $K_{\text{нс}}$ - нимстанцияларни қуриш учун капитал маблағ.

ЭУЛларни қуриш учун капитал маблағлар $K_{\text{ЭУЛ}}$ ўрганиш ишлари ва трассаларни тайёрлаш, таянчлар, ўтказгичлар, изоляторлар ва шу каби жиҳозларни олиш, уларни ташиш, монтаж қилиш ва бошқа ишлар учун харажатлардан ташкил топган. Нимстанцияларни қуриш учун капитал маблағлар $K_{\text{нс}}$ территорияни тайёрлаш, трансформатор, узгич ва шу каби жиҳозларни олиш, монтаж қилиш ва бошқа ишлар учун харажатлардан ташкил топган.

Капитал маблағлар алоҳида жиҳозлар нархларининг умумлаштирилган қийматлари ёки сметалар бўйича ҳисобланиши мумкин.

Иккинчи муҳим техник-иқтисодий кўрсаткич бўлиб бир йил давомида энергетик жиҳозлар ва тармоқдан фойдаланиш учун лозим бўлган харажатлари (қўшимча харажатлар) ҳисобланади:

$$I = I_{\text{эҗ}} + I_{\text{нс}} + I_{\Delta w} = \frac{\alpha_{a.\text{эҗ}} + \alpha_{T.\text{эҗ}} + \alpha_{x.\text{эҗ}}}{100} \cdot K_{\text{эҗ}} + \frac{\alpha_{a.\text{нс}} + \alpha_{T.\text{нс}} + \alpha_{x.\text{нс}}}{100} \cdot K_{\text{нс}} + I_{\Delta w}. \quad (15.2)$$

Бу ерда $I_{\text{ЭУЛ}}$, $I_{\text{нс}}$ - ЭУЛ ва нимстанциялар учун бир йил давомида фойдаланиш харажатлари; $I_{\Delta w}$ - бир йил давомида исроф бўлувчи электр энергия нархи; $\alpha_{a.\text{ЭУЛ}}$, $\alpha_{m.\text{ЭУЛ}}$, $\alpha_{x.\text{ЭУЛ}}$ - ЭУЛ учун амортизация, жорий таъмир ва хизмат кўрсатиш йиллик чегирмаларининг нисбий бирликдаги қийматлари, 1/йил; $\alpha_{a.\text{нс}}$, $\alpha_{m.\text{нс}}$, $\alpha_{x.\text{нс}}$ - нимстанция учун амортизация, жорий таъмир ва хизмат кўрсатиш йиллик чегирмаларининг нисбий бирликдаги қийматлари, 1/йил.

α_a , α_m , α_x ларнинг қийматлари қўлланмаларда келтирилган.

Агар ЭУЛ ва нимстанциялар учун амортизация, таъмир ва хизмат кўрсатишга сарф бўлувчи фойдаланиш харажатларини бирлаштирсак, у ҳолда электр тармоқ учун фойдаланиш харажатлари ифодасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$I = I_a + I_m + I_x + I_{\Delta w} \quad (15.3)$$

Бу ерда, I_a - амортизацияга чегирмалар; I_m - тармоқда жорий таъмирни амалга ошириш учун харажатлар; I_x - тармоққа хизмат кўрсатишга чегирмалар; $I_{\Delta w}$ - исроф бўлувчи электр энергия нархи.

Амортизация чегирмалари капитал таъмирни амалга ошириш учун зарур бўлган харажатлар ва ишдан чиққан ёки эскирган жиҳозларни алмаштириш учун тўпланувчи маблағлардан ташкил топади. Жиҳознинг хизмат кўрсатиш даври қанча қисқа бўлса, амортизация чегирмаси шунчалик кўп бўлади. Жорий таъмир чегирмалари жиҳозни ишлайдиган ҳолатда тутиб туриш учун фойдаланилади. Жорий таъмир мобайнида изоляторлар алмаштирилади, таянч ва нимстанция жиҳозларининг сиртлари бўялади, катта бўлмаган бузилишлар тузатилади. Ишдан чиқишнинг олдини олиш учун барча жиҳозлар текширилиб ва даврий тарзда синовдан ўтказилиб турилади. Бу тадбирлар ҳам жорий таъмир чегирмалари ҳисобидан молияланади. Хизмат кўрсатиш чегирмалари бевосита ходимларнинг маоши, транспорт ва аълоқа воситалари, ходимларнинг яшаш уйлари ва ҳ.к. учун сарф қилинади.

Амортизация ва жорий таъмир қўшимча харажатлари қуйидагича ҳисобланади:

$$I_a = \alpha_a K, \quad (15.4)$$

$$I_m = \alpha_m K, \quad (15.5)$$

бу ерда α_a - нисбий бирликдаги амортизация чегирмалари, 1/йил;

α_m - нисбий бирликдаги жорий таъмир чегирмалари, 1/йил.

Бир йил давомида исроф бўлувчи электр энергиянинг нархи қуйидагича ҳисобланади:

$$I_{\Delta w} = \beta \Delta W, \quad (15.6)$$

бу ерда ΔW - электр энергия исрофи, кВт.соат; β - исроф бўлувчи 1 кВт.соат электр энергиянинг нархи.

Техник-иқтисодий кўрсаткичларга, шунингдек, электр энергияни узатишнинг тан нархи ҳам киради ва у қуйидагича аниқланади:

$$C=I/W, \quad (15.7)$$

бу ерда I - электр тармоқдан фойдаланиш харажатлари; W - бир йил давомида истеъмолчи тармоқдан олган электр энергия.

Синов саволлари

1. Электр системаси ва тармоқларини лойиҳалашнинг вазифалари нималардан иборат?
2. Босқичсиз лойиҳалаш нима? Унда қандай масалалар ҳал этилади?
3. Автоматик лойиҳалаш системаси нима? Унинг афзалликлари нимада?
4. Электр тармоқларини лойиҳалаш қандай масалаларни ечишни назарда тутди?
5. Электр тармоқларни лойиҳалашда фойдаланилувчи асосий иқтисодий кўрсаткичларга нималар киради?
6. Капитал маблағ нима? У қандай аниқланади?
7. Йиллик фойдаланишдаги қўшимча харажатлар нима? У қандай аниқланади?
8. Электр тармоқлардаги энергия исрофи қандай аниқланади? Иқтисодийлик энергия исрофига қандай боғланган?
9. Электр энергиянинг тан нархи нима? У қандай аниқланади?
10. Йил давомида истеъмолчиларга тармоқ орқали узатилувчи энергия қандай аниқланади?

15 – маъруза

Маруза режаси

1. Электр тармоқ вариантларини капитал маблағ ва қўшимча харажат бўйича солиштириш.
2. Электр тармоқ вариантларини келтирилган харажатлар бўйича солиштириш.
3. Вариантларни солиштиришда ишончилилик даражасини эътиборга олиш.
4. Электр тармоқни лойиҳалаштиришда номинал кучланишни танлаш.

Таянч иборалар: Лойиҳалаш; тармоқни ривожлантириш; капитал маблағ; қўшимча харажат; тан нарх; ишончилилик; оптимал вариант; номинал кучланиш; оптимал кучланиш; кесим юзаси; иқтисодий кесим юзаси; истисодий интервал; рухсат этилган кучланиш исрофи.

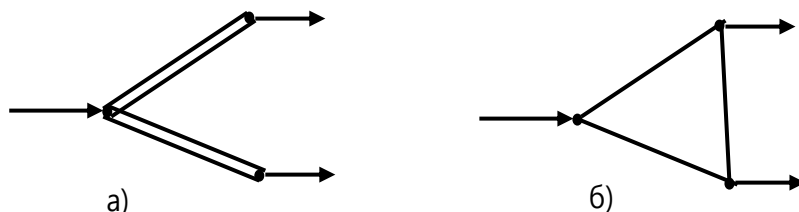
(Адабиётлар: 1-4, 6-9, 12-14).

16.1. Вариантларни техник- иқтисодий жиҳатдан солиштириш

Техник иқтисодий жиҳатдан фақат техник талаблар бўйича рухсат этилган, яъни истеъмолчилари талаб этилган сифатдаги ва миқдордаги электр энергияни берилган ишончилиликда оладиган вариантлар солиштирилади.

Техник-иқтисодий жиҳатдан солиштиришнинг биринчи этапида техник талабларни қаноатлантирувчи вариантлар танланади, иккинчи этапида эса техник-иқтисодий кўрсаткичлар бўйича уларнинг энг оптимали танланади. Фараз қилайлик,

16.1-расмда тасвирланган вариантларни солиштириш талаб этилади. Энг содда йўл – бу вариантлар учун капитал маблағ ва қўшимча харажатларни аниқлаш ва сўнгра уларни солиштириш. Агар $K_1 > K_2$ ва $I_1 > I_2$ бўлса, у ҳолда иккинчи вариант танланади. Тез-тез вариантларни солиштириш учун қийинроқ бўлган $K_1 > K_2$, $I_1 < I_2$ (ёки тескари) ҳолатлар учраб туради.



16.1-расм. Тармоқ схемасининг вариантлари:

а – радиал; б – ёпик

Тармоқ схемаси вариантларини солиштириш *капитал маблағларнинг нисбий иқтисодий самарадорлигини* ҳисоблаш асосида амалга оширилади. Энг афзал вариантни аниқлашнинг иқтисодий мезони бўлиб қуйидаги формула бўйича топиловчи *келтирилган харажатлар* минумими ҳисобланади:

$$Z = p_n K + I, \quad (16.1)$$

бу ерда K - капитал маблағлар; I - йиллик фойдаланишдаги харажатлар. I қўрилаётган вақт давомида ўзгармас деб қаралади; p_n - капитал маблағлар нисбий самарадорлигининг норматив коэффициенти, $p_n = 0,12$ 1/йил.

Келтирилган харажатлар энг кичик бўлган вариант энг афзал, яъни иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ вариант ҳисобланади. Бу вариант учун қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\min_i Z_i = \min_i (p_n K_i + I_i), \quad (16.2)$$

бу ерда i - вариант номери.

Агар қурилиш бир неча йил давом этса ва йиллик фойдаланиш харажатлари ҳар йил учун турлича бўлса, у ҳолда биринчи йилга келтирилган харажатлар қуйидагича аниқланади:

$$Z = \sum_{t=1}^T \frac{p_n K_t + \delta I_t}{(1 + p_{n,k})^{t-1}}, \quad (16.3)$$

бу ерда T - тармоқни қуриш даври бўлиб, бу даврдан сўнг капитал маблағ ишлатилмайди, фойдаланишдаги харажатлар эса йиллар бўйича ўзгармайди ва I_t га тенг бўлади; K_t , U_t - ҳисобланаётган даврнинг t -чи йили учун капитал маблағлар ва йиллик фойдаланишдаги харажатлар; $p_{n,k} = 0,08$ - ҳар хил даврдаги харажатларни келтириш нормативи; $\delta U_t = U_t - U_{t-1}$ - t -чи йил учун фойдаланишдаги харажатларнинг $(t-1)$ - чи йилдагига нисбатан ўзгариши.

Агар солиштирилаётган вариантлар электр билан таъминлашда ишончлилик даражаси бўйича катта фарқ қилса, келтирилган харажатлар таркибига электр энергияни етказиб беролмасликдан қўриладиган зарар киритилиши зарур.

Кичик электр тармоқлари ёки алоҳида объектларни солиштирганда келтирилган харажатлар орасидаги фарқ 5% дан кичик бўлганда улар иқтисодий жиҳатдан тенг деб ҳисобланади. Бунда албатта солиштирилаётган вариантлар учун бир хил бўлган

элементлар ҳисобга олинмаслиги лозим. Иқтисодий жиҳатдан тенг бўлган вариантлар орасидан бирини танлаш уларнинг иқтисодий эквивалент сифатида тасвирлаб ва келтирилган харажатларга киритиб бўлмайдиган хоссаларини муҳандислик жиҳатидан баҳолаш асосида амалга оширилади. Бунда тармоқнинг тараққиёт истиқболлари, фойдаланишдаги қулайлик, материалларнинг тақчиллиги, қўлланилаётган жиҳозларнинг ялпилиги ва бошқа факторлар ҳисобга олинади.

16.2 Электр тармоқ вариантини ишончлилик даражасини ҳисобга олиб танлаш

Электр тармоқ ривожланишининг солиштирилувчи барча вариантлари истеъмолчиларга бир хил даражада электр энергия етказиб берилишни таъминлаши керак. Ҳар бир вариантда белгиланган вазифаларни фойдаланиш кўрсаткичларини норматив ҳужжатларда келтирилган даражада сақланишини кўзда тутувчи ишончлиликни таъминлаш лозим. Электр билан таъминлашда ишончлиликка қўйиладиган талаблар “Электр қурилмаларининг ўрнатилиш қоидалари” (ЭҚЎҚ) бўйича электр қабул қилгичларнинг тоифаларига мувофиқ белгиланади. ЭҚЎҚга мувофиқ барча электр қабул қилгичлар талаб этилувчи ишончлилик даражаси бўйича уч тоифага бўлинади.

I тоифага электр билан таъминлашнинг бузилиши кишилар ҳаёти учун хавф, халқ хўжалигига катта зарар кўрилишига, ёй сўндирувчи асосий жиҳозларнинг ишдан чиқишига, маҳсулотни ялпи брак бўлишига, мураккаб технологик жараёнларнинг издан чиқишига, коммунал хўжаликнинг ўта муҳим элементларини фаолият кўрсатишини бузилишига олиб келадиган электр қабул қилгичлар киради. Бундай электр қабул қилгичлар электр энергия билан ўзаро резервланган иккита мустақил манъбадан таъминланиши шарт. Бундай мустақил манъбалар бўлиб, жумладан, битта нимстанциянинг иккита манъбадан таъминланувчи иккита шиналар системаси ёки секцияси ҳисобланиши мумкин. I тоифа истеъмолчиларини электр билан таъминлашдаги узилиш резерв таъминотни автоматик киритиш вақти давомида рухсат этилади.

II тоифа электр қабул қилгичларга узилиб қолиши ялпи маҳсулот ишлаб чиқаришнинг сусайишига, ишчилар, механизмлар ва саноат транспортларини ишсиз туриб қолишига, шаҳар ва қишлоқлар аҳолисининг нормал фаолиятининг бузилишига олиб келадиган электр қабул қилгичлар киради. Бундай электр қабул қилгичларни иккита ўзаро резервланувчи мустақил манъбалардан таъминлаш тавсия этилади. Бунда электр билан таъминланишдаги узилиш резерв манъбани навбатчи персонал ёки кўчма бригада томонидан улашга кетгунча вақт давомида рухсат этилади. II тоифа электр қабул қилгичларни битта электр узатиш йўли, шунингдек битта трансформатор орқали, агар улар ишдан чиққан тақдирда уни икки соатдан ортиқ бўлмаган вақт давомида бартараф этиш имкони мавжуд бўлганда, рухсат этилади.

III тоифа электр қабул қилгичларига қолган барча электр қабул қилгичлар киради. Бундай электр қабул қилгичларни битта манъбадан электр билан таъминлаш узилиш юз берганда уни бартараф этиш, яъни ишдан чиққан элементни таъмирлаш ёки алмаштириш учун лозим бўлган вақт бир суткадан ошмаслик шарти билан амалга оширилиши мумкин.

I тоифа истеъмолчилари учун электр билан таъминлашдаги узилиш кўриладиган зарар иқтисодий эквивалент сифатида ифодалаш мумкин бўлмаган асоратлар билан боғлиқдир. I ва II тоифа истеъмолчиларини таъминловчи электр тармоқ схемасининг ишончлилик даражасини баҳоловчи критерий сифатида ишончлиликнинг қуйидаги техник кўрсаткичлари қабул қилинган: ишдан чиқиш оқими параметри (йиллик ўртача ишдан чиқишлар они) ω , иш.ч./йил; электр билан таъминлашнинг қайта тикланиш ўртача вақти

T_m , йил/иш.ч.; йил давомида ишдан чиқмаслик эҳтимоллиги p , нисб. бирл.

Ишончлилик назариясида қуйидаги тушунчалар фойдаланилади:

ишлаш қобилияти – системанинг белгиланган функцияни талаб этилган режим параметрлари таъминланган ҳолда бажара олиш қобилияти;

ишдан чиқиш – иш қобилиятининг бузилиши; ишдан чиқмаслик – системанинг ишлаш қобилиятини белгиланган вақт оралиғида мажбурий узилишларсиз сақлаб қолиш хоссаси.

II тоифа истемолчиларида электр билан таъминлашдаги узилиш кўриладиган зарар иқтисодий эквивалент кўринишда ифодаланиши мумкин бўлган асоратларга олиб келади. Бунда электр билан таъминлашдаги узилишдан кутиладиган йиллик ўртача халк хўжалик зарари Z (минг сўм/йил) келтирилган харажат ифодасига киритилади:

$$Z = p_n K + I + U \quad (16.4)$$

Авария (мажбурий) натижасида электр билан таъминлашнинг бузилишидан кўриладиган йиллик ва ўртача зарар қуйдагича топилади:

$$V_m = \omega T_m P_{экат} \varepsilon_{ю} V_{ом} , \quad (16.5)$$

Бу ерда $P_{экат}$ - нормал ҳолатдаги энг катта умумий юклама, кВт; $\varepsilon_{ю}$ - истеъмолчи юкласининг чегаравий коэффициенти; $V_{ом}$ - электр билан таъминлашнинг мажбурий узилишидан кўриладиган ўртача йиллик солиштирма зарар, минг сум/(кВт.йил).

ω ва T_m нинг қийматлари қўлланмалардан олинади.

$\varepsilon_{ю}$ - олинган ишдан чиқишда узилиб қоладиган юкламани нормал ҳолатдаги умумий энг катта юкласига нисбатига тенг. Электр билан таъминлаш тўлиқ узилганда $\varepsilon_{ю}=1$, тўлиқ резервланган тақдирда ишдан чиқиш юз берса, юклама талаб этувчи қувватни олаверади ва бунда $\varepsilon_{ю}=0$.

$V_{ом}$ юкламанинг таркиби ва $\varepsilon_{ю}$ га боғлиқ равишда типик боғланишлардан аниқланади.

16.3. Номинал кучланишни танлаш

Электр тармоқнинг номинал кучланиши унинг техник-иқтисодий кўрсаткичларига кучли таъсир этади. Масалан, номинал кучланиш ошса, қувват ва электр энергия исрофи, яъни фойдаланишдаги харажатлар камаяди, ўтказгичларнинг юғонликлари камаяди, ЭУЛ орқали узатиловчи чегаравий қувватлар ортади, тармоқнинг келажакдаги тараққиёти енгиллашади, бироқ, тармоқни қуриш учун капитал маблағ ортади. Кичик номинал кучланишдаги тармоқ аксинча – кичик капитал харажатларни талаб этади, бироқ, қувват ва электр энергия исрофининг ортиши фойдаланишдаги сарфларни ортишига ва бундан ташқари узатиш қобилиятининг камайшига олиб келади. Бундан лойиҳалаштиришда номинал кучланишни тўғри танлашнинг муҳимлиги келиб чиқади.

Иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ номинал кучланиш қуйдаги қатор факторларга боғлиқдир: юклама қуввати, уларнинг таъминлаш марказларидан узоклиги, уларнинг бир-бирига нисбатан жойлашуви, тармоқланган конфигурацияси, кучланишни ростлаш усуллари ва бошқалар. Номинал кучланиш $U_{ном}$ нинг тахминий қийматини узатилувчи қувват ва у узатиладиган масофа бўйича аниқлаш мумкин. Номинал кучланишни қуйдаги усуллар бўйича тахминий баҳолаш мумкин: а) типик боғланишлар бўйича; б) эмпирик ифодалар бўйича; в) жадвал бўйича. Типик боғланишлар ва жадваллар қўлланмаларда келтирилган.

Номинал кучланишни узатилувчи қувват P (МВт) ва ЭУЛ узунлиги L (км) маълум бўлганда Стилл формуласи бўйича топиш мумкин:

$$U_{ном} = 4,34 \sqrt{L + 16P} \quad (16.6)$$

Бу формула узунлиги 250 км гача ва узатилувчи қувват 60 МВт дан ошмаган ЭУЛ лар учун қўлланилиши мумкин.

Узатилувчи қувватлар катта бўлган узунлиги 1000 км гача бўлган ЭУЛ лар учун А.М.Заллеский формуласидан фойдаланиш мумкин:

$$U_{ном} = \sqrt{P(100 + 15\sqrt{L})} \quad (16.7)$$

Г.А.Илларионов томонидан бу мақсадларда фойдаланилувчи қуйдаги формула таклиф этилган:

$$U_{ном} = \frac{1000}{\sqrt{500/L + 2500/P}} \quad (16.8)$$

(16.6), (16.7) формулаларидан фаркли равишда (16.8) формуласи 35 кВ дан 1150 кВ гача бўлган барча номинал кучланишлар шкаласи учун қониқарли натижани беради.

Лойиҳалаштирилаётган электр тармоқ ёки унинг алоҳида участкалари турли номинал кучланишларда бўлиши мумкин. Халқасимон электр тармоқлар участкалари учун, одатда номинал кучланишни бир хил қилишга ҳаракат қилинади.

График, жадвал ёки формулалардан бири бўйича топилган кучланиш энг яқин номинал кучланишига яхлитланади. $U_{ном}$ нинг қиймати аниқлангандан сўнг ҳар бир конкрет тармоқ учун чекланган миқдордаги ҳар хил номинал кучланишли вариантлар мўлжалланади ва сўнгра улар техник-иқтисодий жиҳатдан солиштирилади. Бу вариантлар учун келтирилган харажатларни солиштириш натижасида бутун тармоқ ёки унинг алоҳида участкаларини номинал кучланиши танланади. Агар келтирилган харажатлар орасидаги фарқ 5% дан кичик бўлса $U_{ном}$ катта бўлган вариант танланган.

Синов саволлари

1. Нима мақсадда электр тармоқлари иқтисодий жиҳатдан солиштирилади?
2. Келтирилган ҳисобий харажатлар нима? Улар қандай аниқланади?
3. Капитал маблағ нисбий эффе́ктивлигининг норматив коэффи́циенти нима? У қандай аниқланади?
4. Агар электр тармоғининг қурилиши бир вақтда якунланиб, ишга туширилса, у иқтисодий жиҳатдан қандай солиштирилади?
5. Агар лойиҳа бўйича электр тармоқнинг қурилиб, ишга туширилиш жараёни босқичма-босқич амалга оширилса, у иқтисодий жиҳатдан қандай солиштирилади?

6. Электр тармоқларини лойиҳалашда истеъмолчиларнинг муҳимлик даражаси қандай ҳисобга олинади?
7. Муҳимлик бўйича бўйича электр истеъмолчилари қандай тоифаларга бўлинади? Турли тоифадаги электр истеъмолчилари нима билан характерланади?
8. Истеъмолчини электр билан таъминлашнинг бузилиши натижасида кўрилувчи зарар қандай аниқланиши мумкин?
9. Электр тармоқларни лойиҳалашда номинал кучланиш қандай аниқланади?
10. Номинал кучланишни танлаш учун фойдаланилувчи империк формулаларнинг маъносини тушунтиринг.

16 – маъруза

Маруза режаси

1. Ўтказгичларнинг кесим юзаларини токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш.
2. Ўтказгичларнинг кесим юзаларини иқтисодий интерваллар усули бўйича танлаш.
3. Ўтказгичларнинг кесим юзаларини рухсат этилган кучланиш исрофи бўйича танлаш.

Таянч иборалар: Лойиҳалаш; тармоқни ривожлантириш; капитал маблағ; кўшимча харажат; тан нарх; ишончлилиқ; оптимал вариант; номинал кучланиш; оптимал кучланиш; кесим юзаси; иқтисодий кесим юзаси; истисодий интервал; рухсат этилган кучланиш исрофи.

(Адабиётлар: 1-4, 6-9, 12-14).

17.1. Ўтказгичлар ва кабелларнинг кўндаланг кесим юзаларини токнинг иқтисодий зичлиги ва иқтисодий интерваллар бўйича танлаш

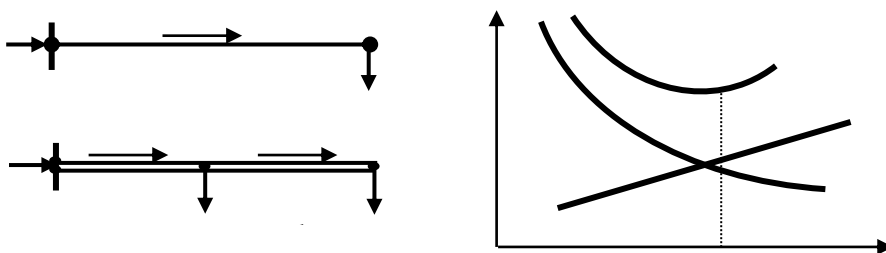
Кесим юзаларини токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш. 17.1-расмда тасвирланган ЭУЛ ўтказгичининг оптимал кесим аъзосини танлашни кўриб ўтамиз.

Кесим юзаси ЭУЛнинг муҳим параметридир. ЭУЛ ўтказгичларининг кесим юзаларини ортиши билан уни қуришдаги харажатлар ва улардан чегирмалар ортади. Бир вақтда электр энергия исрофи ва унинг йиллик нархи камаяди.

Келтирилган харажатлар функцияси

$$Z(F) = p_n K + I \tag{17.1}$$

нинг минималига $F_{ик}$ тўғри келади.



17.1-расм. Келтирилган харажатларни ЭУЛ ўтказгичлари кесим юзасига боғлиқлиги: а - бир занжирли ЭУЛ; б - икки занжирли ЭУЛ; в - келтирилган харажатнинг ташкил этувчилари.

ЭУЛнинг нархи унинг узунлигига боғлиқ:

$$K = \kappa_0 L. \quad (17.2)$$

Бу ерда L - ЭУЛнинг узунлиги, км; κ_0 - солиштирма капитал маблағ;

$$K_0 = a + vF, \quad (17.3)$$

бу ерда a - ЭУЛ нинг 1 км узунлиги учун кесим юзасига боғлиқ бўлмаган капитал маблағ (йўлларни куриш, трассаларни тайёрлаш; ботқоқликларни куритиш ва ҳ.к.); vF - солиштирма капитал маблағнинг ўтказгич кесим юзасига пропорционал бўлган қисми (металл, таянч, арматура ва ҳ.к. нархи).

(17.1) даги I нинг кесим юзасига боғланишини таҳлил қиламиз.

Хизмат кўрсатиш қўшимча харажатлари амалда ўтказгичларнинг кесим юзасига боғлиқ эмас. Электр энергия нархи эса кесим юзасига боғлиқдир:

$$I_{\Delta W} = \beta \Delta W = \beta \Delta P_{\text{экат}} \tau = \beta 3 I_{\text{экат}}^2 r_{\text{л}} \tau = 3 \beta I_{\text{экат}}^2 \rho L \tau / F, \quad (17.4)$$

бу ерда $I_{\text{экат}}$ - ЭУЛнинг энг катта ишчи токи; ρ - ўтказгич материалларининг солиштирма қаршилиги; β - бирлик электр энергия исрофининг нархи; τ - энг катта исрофлар вақти.

Амортизация ва жорий таъмир учун фойдаланишдаги харажатлар кесим юзасига боғлиқ бўлиб, қуйидагича аниқланади:

$$I_a + I_m = \alpha_3 K = \alpha_3 (a + vF) L, \quad (17.5)$$

бу ерда α_3 - амортизация ва жорий таъмир учун йиллик чегирма.

(Б.20) ва (Б.21) ни (Б.17) га қўйсак, қуйидагига эга бўламиз:

$$3(F) = (a + vF)(p_n + \alpha_3) L + \beta 3 I_{\text{экат}}^2 \rho L \tau / F = 3_1 + 3_2. \quad (17.6)$$

$3(F)$ ни F бўйича дифференциаллаб ва ҳосилани нулга тенглаб, харажатлар функциясининг минимум шартини топамиз (Б.1,6-расм).

$$\partial 3 / \partial F = (p_n + \alpha_3) v L - \beta 3 I_{\text{экат}}^2 \rho L \tau / F^2 = 0 \quad (17.7)$$

Бундан

$$F_{ик} = I_{\text{экат}} \sqrt{3 \beta \rho \tau / [v(P_n + \alpha_3)]} \quad (17.8)$$

Токнинг иқтисодий зичлиги – ЭУЛда оқувчи энг катта токнинг иқтисодий зичликка нисбати:

$$j_{ик} = I_{\text{экат}} / F_{ик} \quad (17.9)$$

(Б.24), (Б.25) дан келиб чиқадики,

$$j_{ик} = \sqrt{v(P_n + \alpha_3) / 3 \beta \rho \tau} \quad (17.10)$$

Бу ерда (17.10) фақатгина $j_{ик}$ нинг маъносини тушуниш учун келтирилган бўлиб, у $j_{ик}$ аниелаш учун фойдаланилмайди.

ЭҚЎҚга мувофиқ $j_{ик}$ ўтказгичнинг тури ва максимал юкламадан фойдаланиш вақти $T_{\text{экат}}$ га боғлиқ равишда танланади.

Амалда ЭУЛ кесим юзасини танлаш учун аввало жадвалдан $j_{ик}$ топилади, сўнгра иқтисодий кесим юзаси ҳисобланади.

$$F_{ик} = I_{\text{экат}} / j_{ик} \quad (17.11)$$

(Б.27) дан аниқланган $F_{ик}$ стандарт кесим юзасигача яхлитланади.

Таҳлил шуни кўрсатадики, кесим юзасининг $F_{ик}$ дан оғиш келтирилган харажатларни сезиларли ўзгаришига олиб келмайди, чунки $3 = f(F)$ боғланиш аниқ ифодаланган минимумга эга эмас. (17.11) даги $I_{\text{экат}}$ - нормал ҳолат токи. $j_{ик}$ ни топишда

авариядан кейинги ҳолат токи ҳисобга олинмайди. Чунки бундай ҳолатлар қисқа вақт давомида амал қилади.

$j_{иқ}$ нинг қўлланилиш соҳаси. Кўп йиллар давомида токнинг иқтисодий зичлиги 1 кВ дан юқори кабелли ва 35-500 кВ ҳаводаги ЭУЛнинг кесим юзасини танлашда қўлланилди. Ҳозирги даврда токнинг иқтисодий зичлиги бўйича $U_n > 1$ кВ бўлган кабелли ва 6-10 кВ ҳаводаги ЭУЛ кесим юзалари танланади.

Токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танланган кесим юзалари иссиқлик, рухсат этилган кучланиш исрофи $\Delta U_{рух}$ ва механик мустаҳкамлик бўйича текшириб кўрилади. Агар $j_{иқ}$ бўйича танланган ўтказгичнинг кесим юзаси бошқа шартлар бўйича талаб этилган кесим юзасидан кичик бўлса, бу шартлар билан белгиланган энг катта кесим юзасини танлаш лозим.

Куйидаги ҳолларда кесим юзасини токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш мумкин эмас: 1 кВ гача кучланишли ва энг катта юклама вақти 4000-5000 соат бўлган саноат корхоналари электр тармоқлари; 1000 В гача кучланишли алоҳида электр қабул қилгичларга чикувчи шохобчалар, саноат корхоналари, яшаш ва жамият биноларининг ёритиш тармоқлари; вақтинчалик ва шунингдек 3-5 йил муддатга хизмат қиладиган электр қурилмалар тармоқлари. Сўнгги йилларда 35 кВ ва ундан юқори номинал кучланишли ҳаводаги ЭУЛнинг кесим юзалари токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танланмайди. Амалда 35-750 кВ кучланишли ҳаводаги ЭУЛнинг кесим юзаси ток ва қувватнинг иқтисодий интерваллари бўйича танланади.

1 кВ ва ундан юқори кучланишдаги кабелли ЭУЛда токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танланган кесим юзалари иссиқлик, рухсат этилган кучланиш, кучланишнинг оғиши ва қисқа туташув тоқларида термик турғунлик бўйича текширилади.

$j_{иқ}$ бўйича кабелли ЭУЛнинг кесим юзаларини танлашда фақат (17.8) даги каби $I_{экат}$ дан эмас, балки ЭУЛдан фойдаланиш жараёнида юклама ўзгаришини ҳисобга олувчи ҳисобий ток юкламасидан, шунингдек энг катта юкламадан фойдаланишдаги соатлар сонидан ҳам фойдаланиш тавсия этилади. Ҳисобий ток юкламаси, шунингдек 35-750 кВ кучланишли ҳаводаги ЭУЛ кесим юзасини иқтисодий интерваллар бўйича танлашда ҳам фойдаланилади.

Ҳаводаги ЭУЛ кесим юзаларини иқтисодий интерваллар бўйича танлаш. Кесим юзасини токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш қирқинчи йиллардан бошлаб фойдаланилиб, ўз вақтида прогрессив ҳисобланган, чунки у нафақат ЭУЛ қуришдаги капитал маблағни, балки электр энергия исрофини ҳам ҳисобга олиш имконини беради. Ушбу афзалликларга қарамасдан кесим юзасини токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш маълум хатоликларга олиб келади. Биринчидан, $j_{иқ}$ учун (17.10) ифода капитал маблағнинг ЭУЛ узунлигига туғри чизиқли бошланишини кўзда тутаяди. Туғри чизиқли боғланиш унификацияланган таянчлардан фойдаланувчи ЭУЛларни ялпи қуришга ўтиш билан бузилади. Саноат ҳар бири бир неча хил стандарт ўтказгичларни осишга мўлжалланган чекланган миқдорда унификацияланган типдаги таянчларни ишлаб чиқаради. Бунга мос равишда бир хил типдаги унификацияланган таянчларда ўтказгич кесим юзасини ўзгариши билан капитал маблағ ўзгариши кўп материал ва монтажни талаб этувчи навбтдаги таянч типига ўтишидагига нисбатан анча камдир. Иккинчидан, $j_{иқ}$ учун ифодани ҳосил қилишда келтирилган харажатлар ифодаси (17.6) да кесим юзаси узлуксиз деб ҳисобланган. Амалда эса кесим юзаси дискрет равишда ўзгаради ва шу

сабабли уни (17.7) шартдан топиш мумкин эмас. Учинчидан, (17.6) ифодада энг катта ток $I_{экат}$ ўзгармас деб ҳисобга олинган. Амалда бундай эмас. Ҳар хил ЭУЛлар учун $I_{экат}$ ҳар хилдир ва (17.6) да $I_{экат}$ ни ўзгарувчан деб ҳисоблаш лозим. Бундай ҳолда иқтисодий кесим юзаси нафақат $З$ нинг F бўйича ҳосиласини нулга тенглик шарти (17.7) дан, балки $З$ нинг энг катта ток бўйича ҳосиласининг ҳам нулга тенглик шарти (17.7) дан топилиши лозим.

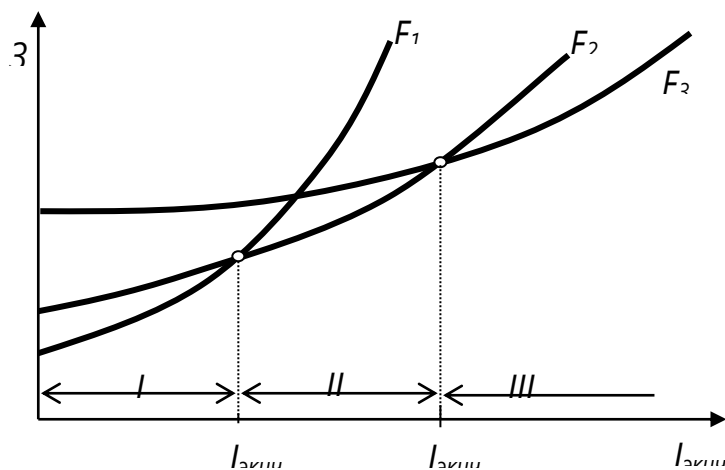
Юқорида кўрсатилган камчиликлардан бартараф бўлган кесим юзасини танлаш усули «Иқтисодий интерваллар усули» номини олган.

Ўтказгич кесим юзасини танлаш учун ток юкламаларининг иқтисодий интерваллари қуйдагича аниқланади. 35-750 кВ ли ҳаводаги ЭУЛ нинг турли хил стандарт юзали ўтказгичлари учун келтирилган харажатларнинг ЭУЛ токи $I_{экат}$ га боғланишлари курилади. Ҳар бир кесим юзаси учун келтирилган харажатлар (Б.22) бўйича аниқланади. (17.6) ни қуйдагича ёзиш мумкин:

$$З = (p_n + \alpha_э)K + 3I_{экат}^2 r_l \tau \beta \quad (17.12)$$

17.2-расмда ҳисобланган харажатларнинг боғланишлари F_1 , F_2 ва F_3 кесим юзалари учун кўрсатилган. Бунда $F_3 > F_2 > F_1$.

F_1 ва F_2 эгри чизикларнинг кесишиш нуқтаси юзалар F_1 ва F_2 бўлган вариантларда келтирилган харажатлар тенг бўладиган $I_{экат1}$ энг катта токни аниқлайди. Агар ЭУЛ токи $I_{экат1}$ дан кичик бўлса, у ҳолда энг кичик харажатлар F_1 кесим юзасига тўғри келади, яъни айнан шу кесим юзани танлаш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқдир. Агар ток $I_{экат1}$ ва $I_{экат2}$ оралиғида бўлса, иккинчи кесим юза F_2 , $I_{экат2}$ дан катта бўлса учинчи кесим юза F_3 иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ бўлади.



17.2-расм. Иқтисодий интервалларни куриш.

Токнинг иқтисодий интервалларидан фойдаланилганда ЭУЛнинг энг катта токи тушунчасини аниқлаштириш керак. Ўтказгичларнинг юзаларини токнинг қуйдаги формула бўйича аниқланувчи ҳисобий юкласи бўйича танлаш лозим.

$$I_y = I_{экат} \alpha_i \alpha_m, \quad (17.13)$$

бу ерда $I_{экат}$ - фойдаланишнинг бешинчи йилида ЭУЛнинг нормал ҳолатдаги токи. У таъминловчи ва тақсимловчи тармоқ ЭУЛлари учун электр системасининг максимал юкламали ҳолатини ҳисоблаш натижасида аниқланади; α_i - ЭУЛ йиллар давомида фойдаланишда юклама ўзгаришини ҳисобга олувчи коэффициент; α_m - унинг максимал

юкламадан фойдаланиш вақти $T_{э.кат}$ ва унинг энергетика системаси максимумиғи тўғри келиши K_m ни ҳисобга олувчи коэффициент.

110-220 кВ ЭУЛлар учун α_i нинг қиймати 1,05 га тенг қилиб, бундан юқори кучланишдаги ЭУЛ учун бу коэффициент қиймати эса жадвалдан олинади.

35-750 кВ ЭУЛларининг кесим юзалари учун токнинг иқтисодий интерваллари қўлланмаларда жадвал кўринишида келтирилган бу жадваллар барча стандарт кесим юзалари ва ҳар хил регионлар учун тузилган.

17.2. Тақсимловчи тармоқларда ЭУЛнинг кесим юзасини рухсат этилган кучланиш исрофи бўйича аниқлашнинг характерли хусусиятлари

Тақсимловчи электр тармоқларида рухсат этилган кучланиш исрофини деб унинг шундай қийматига айтиладики, кучланишни ростлаш натижасида электр қабул қилгичдаги кучланиш оғиши ДавСт да белгиланган техник рухсат этилган қийматлардан ошиб кетмайди. Тақсимловчи электр тармоқда рухсат этилган кучланиш исрофи доимо энг катта кучланиш исрофидан кичик бўлмаслиги, яъни қуйидаги шарт бажарилиши лозим:

$$\Delta U_{э.кат} \leq \Delta U_{рух} \quad (17.14)$$

Таъминлаш манъбаси кучланиши тахминан ўзгармасдир. Агар $\Delta U_{э.кат} \leq \Delta U_{рух}$ бўлса, у ҳолда чекка тугундаги кучланиш қиймати рухсат этилмайдиган даражада бўлади. 0,38-20 кВ тақсимловчи электр тармоқларда ЭУЛ кесим юзаси (17.14) нинг бажариш шартидан келиб чиқиб танланади. Агар лойиҳалаштиришда ЭУЛ ўтказгичининг кесим юзаси F ни оширсак, актив ва реактив қаршилиқлар ҳамда бунга мос равишда, энг катта кучланиш исрофи камаяди, чунки

$$\Delta U = (Pr + Qx) / U_n \quad (17.15)$$

Ўтказгичларнинг солиштирма актив қаршилиги кесим юзасига тесқари пропорционал равишда ўзгаради, реактив қаршилиги эса, кесим юзасига заиф боғланган. Таъминловчи электр тармоқларда F нинг ўзгариши билан x_0 кам ўзгаради ва $x_0 > r_0$. Бундай тармоқларда U ни ростлаш имкониятлари кўп ва ΔU ни камайтириш учун F ни ўзгартириш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ эмас. Шу сабабли F ни танлашда (17.14) ҳисобга олинмайди. Тақсимловчи электр тармоқларда $r_0 > x_0$. Кесим юзаси ортганда r_0 ва бунга мос равишда кучланиш исрофи жадал камаяди. Бундай тармоқларда кучланишни ростлаш имкониятлари кўп эмас ва шу сабабли F ни танлашда (17.14) шarti ҳисобга олинади.

0,38-20 кВ тақсимловчи электр тармоқларида кесим юзаларини танлашнинг характерли хусусиятлари F ни танлашда иқтисодийлик, рухсат этувчи кучланишлар ва ўтказгични қизиши шартларини ҳисобга олиш лозимлиги билан белгиланади. 1 кВ гача бўлган тармоқларда (17.1 параграфда кўрсатилган ҳолатлардан ташқари) ва 6-20 кВ тармоқларда иқтисодийлик ($j_{ук}$ бўйича), рухсат этилган кучланиш $\Delta U_{рух}$ ва иссиқлик шартлари бўйича аниқланади.

Шуни белгилаш лозимки, кесим юзасини турли шартлар бўйича аниқлашда бир хил натижани берувчи бир неча алгоритмлардан фойдаланиш мумкин. Биринчи алгоритм ўтказгич кесим юзасини аввало битта энг асосий шарт, масалан $j_{ук}$ бўйича, танлаш ва

сўнгра уни бошқа шартлар , масалан иссиқлик ва ҳ.к. бўйича, текширишни назарда тутати. Иккинчи алгоритм эса стандарт кесим юзасини, аввало, ҳар бир шарт бўйича аниқлаш ва сўнгра улардан энг каттасини танлашни назарда тутати. Одатда, нисбатан соддароқ бўлган биринчи алгоритм қўлланилади.

ЭУЛ кесим юзасини рухсат этилган кучланиш исрофи бўйича танлаш тармоқ фақат битта участкага эга бўлганда етарлича соддадир. Бундай ҳолда (17.15) бўйича аниқланувчи рухсат этилган кучланиш ўтказгич кесим юзасини белгилайди. Тармоқ бир нечта участкалардан ташкил топган ҳолат учун кесим юзаларини тўғридан-тўғри ΔU_{pyx} бўйича танлаш мумкин эмас. Бундай ҳолларда тармоқ учун F ни танлашда (17.14) дан ташқари билвосита иқтисодий шартларни ифодаловчи қўшимча шартлар ҳам қўйилиши лозим. Бу шарт , масалан давомида бир нечта юкламалар бўлган ЭУЛ учун бир хил кесим юзасини танлашнинг мақсадга мувофиқлиги, қатор ҳолларда бутун ЭУЛ бўйича металл сарфи ёки қувват исрофининг минимумлиги бўлиши мумкин. Кучланишни танлашнинг барча учала кўриб чиқилган усуллари рухсат этилган кучланиш исрофи билан белгиланади. Улардан ҳар бири (17.14) ва тақсимловчи тармоқларда кесим юзасини танлашда ушбу усулни қўлланиш соҳасини белгиловчи яна бир шартни қаноатлантиради.

Ҳар бир шарт бажарилган ҳолда кесим юзасини рухсат этилган кучланиш исрофи бўйича танлашни таҳлил қиламиз.

Кесим юзасини ЭУЛнинг барча участкаларида бир хил бўлиши шarti бўйича танлаш ($F_{kj} = \text{const} = F$). Бу шарт шаҳар электр тармоқларида ўтказгич ва кабелларнинг кесим юзаларини танлашда қўлланилади. Ўтказгичлар кесим юзаларининг тенглиги электр тармоқ ёки унинг участкаларини қуриш ва монтаж қилиш учун энг қулай шароитни вужудга келтиради. Бундай тизим бир-бирига яқин жойлашган кўп миқдордаги юкламаларга эга бўлган ЭУЛлар учун алоҳида афзалликларга эга.

ЭУЛ тузилиши ва ўтказгичларининг марқалари аниқланган (кесим юзасидан ташқари). k -чи тугун қуввати S_k , тугунлар ораларидаги масофа l_{kj} , рухсат этилган кучланиш исрофи ΔU_{pyx} маълум.

ЭУЛда энг катта кучланиш исрофи куйидагича топилади:

$$\Delta U_{\text{э.кат}} = \sum_{\substack{k=1 \\ j=2}}^m \frac{P_{kj} r_{kj} + Q_{kj} x_{kj}}{U_n} = \frac{\sum_{\substack{k=1 \\ j=2}}^m P_{kj} r_{kj}}{U_n} + \frac{\sum_{\substack{k=1 \\ j=2}}^m Q_{kj} x_{kj}}{U_n}, \quad (17.16)$$

бу ерда k -ЭУЛ участкасининг бошланиши; j -ЭУЛ участкасининг охири; r_{ki} , x_{ki} -ЭУЛ участкасининг гаршиликлари; P_{kj} , Q_{kj} - ЭУЛ участкасидаги актив ва реактив қувват оқимлари.

ЭУЛда рухсат этилган кучланишни иккита ташкил этувчи кўринишида ифодалаймиз:

$$\Delta U_{\text{pyx}} = \Delta U_{\text{pyx.a}} + \Delta U_{\text{pyx.p.}} \quad (17.17)$$

бу ерда $\Delta U_{\text{pyx.a}}$ - (Б.32) даги биринчи ташкил этувчиси бўлиб, у гўё актив қаршилиқдаги рухсат этилган кучланиш исрофи; $\Delta U_{\text{pyx.p.}}$ - (17.16) даги иккинчи ташкил этувчи, яъни реактив қаршилиқдаги рухсат этилган кучланиш исрофи.

Фараз қилайлик, энг катта кучланиш исрофи рухсат этилган кучланиш исрофига тенг:

$$\Delta U_{\text{рух}} = \Delta U_{\text{рух.а}} + \Delta U_{\text{рух.р}} = \frac{\sum_{\kappa=1}^m P_{\kappa j} r_{\kappa j}}{U_n} + \frac{\sum_{\kappa=1}^m Q_{\kappa j} x_{\kappa j}}{U_n}; \quad (17.18)$$

бундан

$$\Delta U_{\text{рух.а}} = \frac{\sum_{\kappa=1}^m P_{\kappa j} r_{\kappa j}}{U_n}; \quad \Delta U_{\text{рух.р}} = \frac{\sum_{\kappa=1}^m Q_{\kappa j} X_{\kappa j}}{U_n}; \quad (17.18a)$$

Кесим юзаси ўзгариши билан солиштира реактив қаршилик x_0 кам даражада ўзгаради (Б.3,г-расм) Шу сабабли тақсимловчи тармоқлар учун, ЭУЛ участкаларида кесим юзаси бир хил бўлганда, кесим юзасини танлаш куйидаги тартибда амалга оширилади:

а) x_0 учун қиймат қабул қилинади, масалан ҳаводаги ЭУЛ учун $x_0=0,4$ Ом/км, 6-10 кВ ва 1 кВ гача кабелли ЭУЛ учун эса мос равишда 0,09 ва 0,06 Ом/км;

б) (Б.34а) дан $\Delta U_{\text{рух.р}} = \frac{\sum_{\kappa=1}^m Q_{\kappa j} x_0 l_{\kappa j}}{U_n}$; ҳисобланади;

в) (Б.33) дан $\Delta U_{\text{рух.а}} = \Delta U_{\text{рух}} - \Delta U_{\text{рух.р}}$.

г) кесим юзаси F аниқланади.

ЭУЛ актив қаршилигидаги рухсат этилган кучланиш исрофи:

$$\Delta U_{\text{рух.а}} = \frac{\sum_{\kappa=1}^m P_{\kappa j} r_0 l_{\kappa j}}{U_n} .$$

Бу формулада $r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1}{\gamma F}$;

бу ерда ρ - ўтказгичнинг ҳисобий солиштира қаршилиги; γ - ўтказгичнинг ҳисобий солиштира ўтказувчанлиги.

Сўнгги иккита ифодадан

$$\Delta U_{\text{рух.а}} = \frac{\sum_{\kappa=1}^m P_{\kappa j} l_{\kappa j}}{\gamma F U_n} = \frac{1}{\gamma F} \sum_{\kappa=1}^m \sqrt{3} I_{\kappa j} l_{\kappa j} \cos \varphi_{\kappa j} \quad (17.19)$$

(17.19) дан кесим юзасини куйидагича аниқлаш мумкин:

$$F = \frac{\sum_{\kappa=1}^m \sqrt{3} I_{\kappa j} l_{\kappa j} \cos \varphi_{\kappa j}}{\gamma \Delta U_{\text{рух.а}}} . \quad (17.20)$$

Топилган кесим юзаси F энг яқин стандарт кесим юзасига яхлитланади ва сўнгра у учун (17.14) шартининг бажарилиши текширилади. Агар бу шарт бажарилмаса, у ҳолда кесим юзасини ошириш лозим.

Кесим юзасини қувват исрофини минимумлик шарти бўйича танлаш. Шуни кўрсатиш мумкинки, қувват исрофининг минимумлиги ток зичлигининг ўзгармаслик ҳолатида тўғри келади, яъни бунда ЭУЛнинг барча участкаларида ток зичлиги бир хил бўлади:

$$j_{\Delta U} = \frac{I_{kj}}{F_{kj}} = const;$$

бу ерда $j_{\Delta U}$ - рухсат этилган кучланиш исрофи бўйича танланувчи ток зичлиги. Бу кўшимча шарт саноат корхоналарининг электр таъминоти системаси тармоқларида кесим юзаларини танлашда фойдаланилади. Бундай тармоқларда ЭУЛ нисбатан қисқа ва юкламалар нисбатан катта, яъни металл сарфи кам, электр энергия исрофи эса кўп. Саноат тармоқларида қувват ва электр энергия исрофини камайтириш алоҳида аҳамиятга эга.

Ушбу ҳолатда фарқ шундан иборатки, участкаларда кесим юзалари F_{kj} ҳар хил, бироқ ток зичлиги $j_{\Delta U}$ бир хил.

Таксимловчи электр тармоқлари ЭУЛнинг барча участкаларида ток зичлиги бир хил бўлганда ҳисоб қуйидаги тартибда олиб борилади:

а) $x_0=0,4$ Ом/км қабул қилинади;

б) (17.18а) ва (17.17) ифодалар бўйича $\Delta U_{\text{pyx.p}}$ ва $\Delta U_{\text{pyx.a}}$ ҳисобланади.

в) рухсат этилган кучланиш бўйича токнинг зичлиги $j_{\Delta U}$ топилади ва сўнгра ЭУЛнинг барча участкалари учун кесим юзаси аниқланади. (17.19) ифодадан токнинг зичлиги рухсат этилган кучланиш бўйича қуйидагича аниқланади:

$$j_{\Delta U} = \frac{\Delta U_{\text{pyx.a}} \gamma}{\sqrt{3} \sum_{\substack{k=1 \\ j=2}}^m I_{kj} \cos \varphi_{kj}}$$

Топилган ток зичлиги бўйича ҳисобий кесим юзаси осон аниқланади:

$$F_{kj} = \frac{I_{kj}}{j_{\Delta U}} .$$

Ҳисобланган кесим юзаси энг яқин стандартга яхлитланади. ЭУЛ участкаларининг актив ва реактив қаршиликлари r_{kj} , x_{kj} лар аниқланади. (17.15) бўйича энг катта кучланиш исрофи ҳисобланади ва у (17.14) шарт бўйича текшириб кўрилади. Агар бу шарт бажарилмаса, кесим юзаси оширилади.

Кесим юзасини ЭУЛни қуриш учун ўтказувчи материал сарфининг минимумлик шарти бўйича танлаш. Бу кўшимча шарт металл иқтисоди электр энергия иқтисодига нисбатан муҳимроқ бўлган кам юкланган ҳолларда, хусусан, қишлоқ электр тармоқларини лойиҳалашда фойдаланилади. n -та юкламага эга бўлган ҳолатда охириги ($n-1$)- участка ЭУЛнинг кесим юзаси қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$F_{(n-1)n} = \frac{\rho \sqrt{P_{(n-1)n}}}{\Delta U_{\text{pyx.a}} U_n} \sum_{\substack{k=1 \\ l=2}}^n l_{kj} \sqrt{P_{kj}} ;$$

бу ерда $F_{(n-1)n}$, $P_{(n-1)n}$ - охирги $(n-1)n$ - участканинг кесим юзаси ва ундаги қувват оқими; P_{kj} , l_{kj} - kj участканинг қувват оқими ва узунлиги; ρ - ўтказгичнинг ҳисобий солиштирма юкламаси.

Қолган участкаларнинг кесим юзалари қуйидаги муносабатлар асосида топилиши мумкин:

$$\frac{F_{12}^2}{P_{12}} = \frac{F_{23}^2}{P_{23}} = \dots = \frac{F_{(n-2)(n-1)}^2}{P_{(n-2)(n-1)}} = \frac{F_{(n-1)n}^2}{P_{(n-1)n}} .$$

Танлаш жараёнининг навбатдаги иши, юқорида кўрилган ҳолатлардагидек, топилган кесим юзаларини энг яқин стандартларига яхлитлаш, уларни (Б.30) шарт бўйича текшириш ва бу шарт бажарилмаган тақдирда танланган кесим юзасини оширишни назарда тутати.

Синов саволлари

1. Электр тармоқларнинг иқтисодий кўрсаткичлари ЭУЛ ўтказгичларининг кесим юзасига қандай боғлиқ?
2. Токнинг иқтисодий зичлиги нима? У қандай аниқланади?
3. ўтказгичларнинг кесим юзаси токнинг иқтисодий зичлиги бўйича қандай танланади?
4. ўтказгичларни токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш усулининг қўлланилиш соҳаси қандай?
5. ўтказгичларни токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш усулининг афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?
6. ўтказгичларни иқтисодий интерваллар усулида танлашнинг маъносини тушунтиринг.
7. Иқтисодий интерваллар усулининг қўлланиш соҳаси қандай?
8. Иқтисодий интерваллар усулининг афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?
9. ўтказгичларни кучланиш исрофининг рухсат этилган қиймати бўйича танлаш усулининг маъносини тушунтиринг. Бу усул қандай тармоқларда қўлланилади?
10. ўтказгичларни ЭУЛнинг барча участкаларида кесим юзаларини бир хил бўлиши шarti бўйича танлаш усулининг маъносини тушунтиринг. Бу усул қандай тармоқларда қўлланилади?
11. ўтказгичларни ЭУЛда қувват исрофининг минимал бўлиш шarti бўйича танлаш усулининг маъносини тушунтиринг. Бу усул қандай тармоқларда қўлланилади?
12. ўтказгичларни фойдаланилувчи матераилнинг минимал бўлиш шarti бўйича танлаш усулининг маъносини тушунтиринг. Бу усул қандай тармоқларда қўлланилади?

17 – маъруза

Маруза режаси

1. Электр узатиш линияларида қувват ва йиллик энергия исрофини юклама графиги бўйича ҳисоблаш.
2. Электр узатиш линияларида қувват ва йиллик энергия исрофини максимал юклама ва максимал қувватдан фойдаланиш вақти бўйича ҳисоблаш.
3. Трансформаторларда қувват ва йиллик энергия исрофини юклама графиги бўйича ҳисоблаш.

4. Трансформаторларда қувват ва йиллик энергия исрофини максимал юклама ва максимал қувватдан фойдаланиш вақти бўйича ҳисоблаш.

5. Электр тармоқларда қувват ва энергия исрофини камайтириш тадбирлари.

Таянч иборалар: Энергия исрофи; максимал юклама; юклама графиги; максимал қувватдан фойдаланиш вақти; максимал исроф вақти.

(Адабиётлар: 1-4, 6-9, 12-14).

Қувват ва энергия исрофларини ҳисоблаш ҳамда уларни камайтириш тадбирлари.

18.1. 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 қурилаётган вақт жараёнида унинг ўзгаришига боғлиқ. Ўзгармас юклама билан ишлаб, ΔP актив қувват исрофига эга бўлган ЭУЛда t вақт давомида исроф бўлувчи энергия қуйидагича аниқланади:

$$\Delta W = \Delta P t . \quad (18.1)$$

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 тутади. 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.

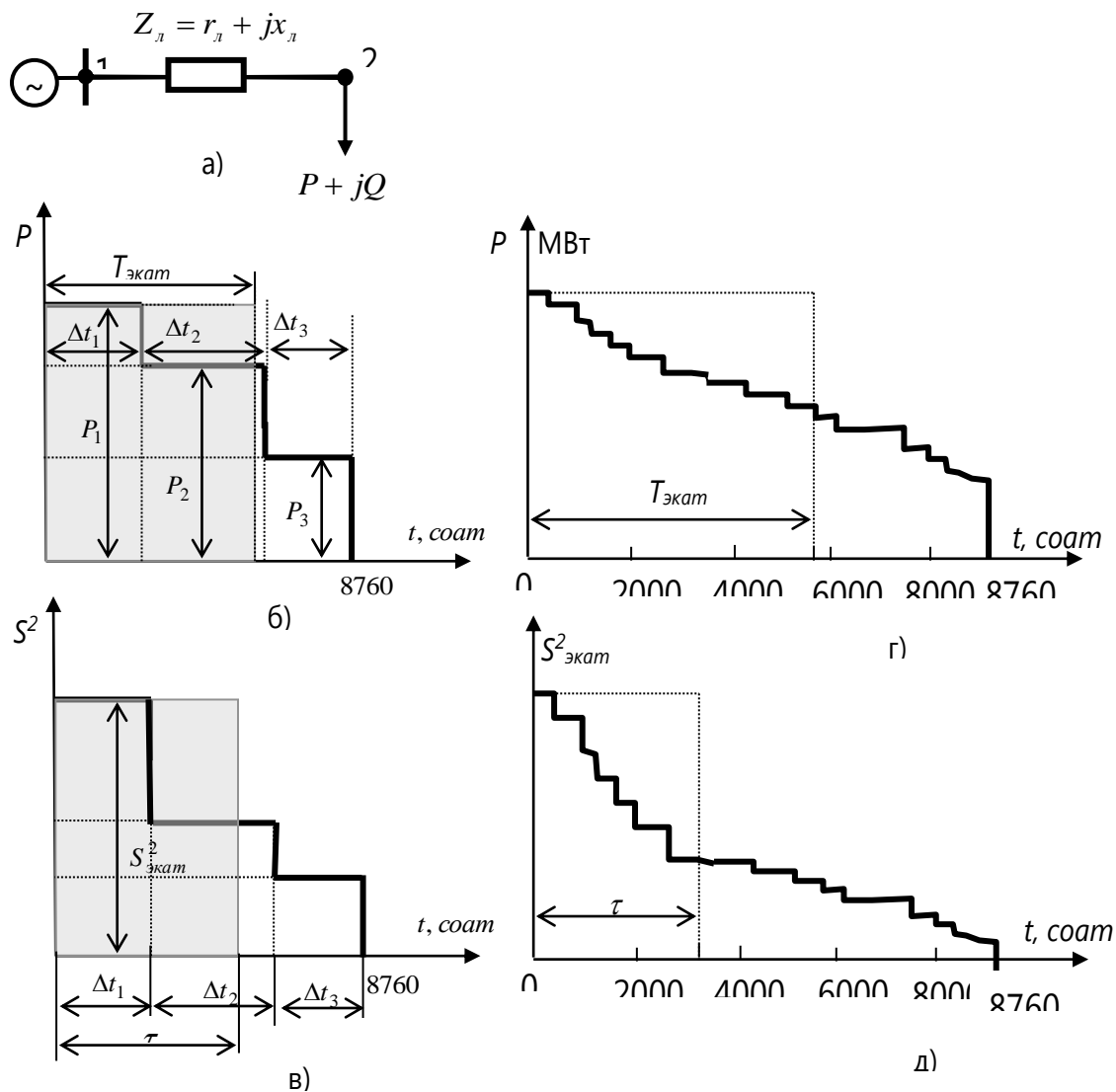
Йиллик юклама графиги бўйича йиллик энергия исрофини аниқлаш мумкин. Бунинг учун ҳар бир ҳолат учун қувват ва энергия исрофлари аниқланади. Сўнгра, бу исрофлар қўшилади ва йиллик электр энергия исрофи аниқланади.

Мисол тариқасида уч пағонали юклама графигини (18.1,б-расм) оламиз. Юклама P_1 бўлган ҳолат учун 18.1,а-расмдаги ЭУЛда қувват исрофи куйидагича ҳисобланади:

$$\Delta P_1 = \frac{S_1^2}{U_1^2} r_n \quad (18.2)$$

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

$$\Delta W_1 = \Delta P_1 \Delta t_1 \quad (18.3)$$



18.1-расм. Электр энергия исрофини юклама графиги ва максимал исрофлар вақти бўйича топиш: а – ЭУЛнинг алмаштириш схемаси; б,г – уч пағонали ва кўп пағонали юклама графикалари; в,д – уч пағонали ва кўп пағонали S^2 графикалари

Қолган ҳолатлар учун ҳам электр энергия исрофи шу тартибда топилади. Юклама P_2 бўлган ҳолат учун

$$\Delta P_2 = \frac{S_2^2}{U_2^2} r_n \quad (18.4)$$

$$\Delta W_2 = \Delta P_2 \Delta t_2 \quad (18.5)$$

юклама P_3 бўлган ҳолат учун

$$\Delta P_3 = \frac{S_3^2}{U_3^2} r_{\lambda} . \quad (18.6)$$

$$\Delta W_3 = \Delta P_3 \Delta t_3 . \quad (18.7)$$

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:

$$\Delta P_i = \frac{S_i^2}{U_i^2} r_{\lambda}, \quad i = 1, \dots, N, \quad (18.8)$$

$$\Delta W = \sum_{i=1}^N \Delta P_i \Delta t_i . \quad (18.9)$$

Бу ерда Δt_i -юклама графигининг i -пағонаси давомийлиги.

Δt_i вақт давомида трансформаторда қувват ва энергия исрофлари қуйидагича ҳисобланади:

$$\Delta P = \Delta P_{\kappa} \left(\frac{S_{2i}}{S_{\text{н.о.м}}} \right)^2 + \Delta P_c ; \quad (18.10)$$

$$\Delta W = \left[\Delta P_{\kappa} \left(\frac{S_{2i}}{S_{\text{н.о.м}}} \right)^2 + \Delta P_c \right] \Delta t_i . \quad (18.11)$$

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

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

$$\Delta P_i = \frac{1}{\kappa} \Delta P_{\kappa} \left(\frac{S_{2i}}{S_{\text{н.о.м}}} \right)^2 + \kappa \Delta P_c ; \quad (18.12)$$

$$\Delta W = \left[\Delta P_{\kappa} \left(\frac{S_{2i}}{S_{\text{н.о.м}}} \right)^2 + \Delta P_c \right] \Delta t_i . \quad (18.13)$$

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

Исрофларни аниқлашнинг энг содда усулларидан бири *энг катта исрофлар вақти бўйича* топишдир. Барча ҳолатлар ичидан қувват исрофи энг катта бўлган ҳолат аниқланади. Бу ҳолатни ҳисоблаб, бу ҳолат учун қувват исрофи $\Delta P_{\text{э.кат}}$ топилади. Йил давомида энергия исрофини бу қувват исрофини энг катта исрофлар вақти τ га кўпайтириб топилади:

$$\Delta W = \Delta P_{\text{э.кат}} \tau . \quad (18.14)$$

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,

$$\Delta W = \Delta P_1 \Delta t_1 + \Delta P_2 \Delta t_2 + \dots + \Delta P_N \Delta t_N = \Delta P_{\text{экат}} \tau, \quad (18.15)$$

бу ерда N - юклама графыиги пағоналари сони.

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

Истеъмолчи томонидан қабул қилинган энергия:

$$\Delta W = \Delta P_1 \Delta t_1 + \Delta P_2 \Delta t_2 + \dots + \Delta P_N \Delta t_N = \sum_{i=1}^N \Delta P_i \Delta t_i = \Delta P_{\text{экат}} \tau, \quad (18.16)$$

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

Энг катта юклама вақти $T_{\text{экат}}$ 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

$$T_{\text{экат}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \Delta t_i}{P_{\text{экат}}}. \quad (18.17)$$

$S^2 = f(t)$ графикни курамиз (18.1,в-расм). Фараз қилайлик, юклама графигининг i -пағонасида қувват исрофининг тахминий қиймати номинал кучланиш бўйича топилади, яъни (18.8) нинг ўрнига қуйидаги ифодадан фойдаланамиз:

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

Агар $r_l / U_{\text{ном}}^2 = \text{const}$ эканлигини эътиборга олсак, Δt_i вақт давомида исроф бўлувчи энергия маълум масштабда $S_i^2 \Delta t_i$ га тенг, яъни томонлари Δt_i ва S_i^2 га тенг бўлган тўғри тўртбурчакнинг юзига тенг (18.1,в-расм).

Электр энергия исрофи маълум масштабда 18.1,в,д- расмдаги графикларда тасвирланган фигуралар билан чегараланган юзаларга тенг.

τ учун юқорида келтирилган таърифга мувофиқ

$$S_{\text{экат}}^2 \tau = \sum_{i=1}^N S_i^2 \Delta t_i. \quad (18.18)$$

Пик қуринишидаги графиклар учун τ нинг қиймати қуйидаги империк формуладан топилади:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\text{экат}}}{10000}\right)^2 \cdot 8760. \quad (18.19)$$

(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:

$$\tau = 2T_{\text{кат}} - T + \frac{T - T_{\text{экат}}}{1 + \frac{T_{\text{экат}}}{T} - \frac{2P_{\text{экич}}}{P_{\text{экат}}}} \left(1 - \frac{P_{\text{экич}}}{P_{\text{экат}}}\right)^2. \quad (18.19a)$$

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

18.2. Электр энергия исрофини камайтириш тадбирларини классификациялаш

Ҳозирги шароитда электр тармоқларда энергия исрофини камайтириш ёқилғини тежашнинг муҳим манбаларидан бири ҳисобланади.

Электр энергия исрофини таҳлил қилганда умумий исрофни куйидаги турларга бўлиш лозим:

энергетика системасида *электр энергия исрофининг ҳисобий миқдори* – барча электр станциялардан тармоққа берилган ва барча истемолчилар томонидан қайд этилиб, пули тўланган электр энергия миқдорлари орасидаги фарқ;

исрофнинг ҳисобий ва техник миқдори – маълум ҳолат параметрлари ва тармоқ элементларининг ҳисоб параметрлари бўйича аниқланиб, у ўтказгичларни қизиши ва электромагнит майдоннинг ҳосил бўлишига сарф бўлувчи исрофдир;

тижорат исрофлари – у ҳисобий ва техник исрофлар орасидаги фарқ сифатида аниқланиб, у қайд этиш тизимининг такомиллашмаганлиги, счетчиклар кўрсатишини олишнинг бир вақтда эмаслиги ва ноаниқлиги, фойдаланилувчи қайд этиш асбобларининг хатоликлари, қайд этилмаган истемолчиларнинг мавжудлиги; ўғирлашлар ва ҳ.к. лар билан белгиланади.

Ҳозирги даврда мавжуд электр энергия исрофини камайтириш тадбирларини уч гурпуга бўлинади: ташкилий, техник ва электр энергияни ҳисобий ва техник қайд этиш тизимини такомиллаштириш тадбирлари.

Ташкилий тадбирларни қўллаш амалда ҳеч қандай қўшимча маблағни талаб этмайди. *Техник тадбирлар* қўшимча капитал маблағларни талаб этади.

Электр энергияни техник ва ҳисобий қайд этиш тизимининг такомиллашуви исрофларни камайтириш тадбирларни танлаш бўйича ҳисоблашларни янада аниқ маълумотлар билан таъминлаш имконини беради.

Синов саволлари

1. Электр тармоқларда энергия исрофлари нима мақсадларда ҳисобланади?
2. ЭУЛда кувват исрофи қандай ҳисобланади?
3. ЭУЛда йиллик энергия исрофи юклама графиги бўйича қандай ҳисобланади?
4. ЭУЛда йиллик энергия исрофи максимал юклама ва максимал юкламадан фойдаланиш вақти бўйича қандай ҳисобланади?
5. Максимал юкламадан фойдаланиш вақти нима? У юклама графиги бўйича қандай аниқланади?
6. Максимал исрофлар вақти нима? У юклама графиги бўйича қандай аниқланади?
7. Трансформаторда кувват исрофи қандай ҳисобланади?
8. Трансформаторда йиллик энергия исрофи юклама графиги бўйича қандай ҳисобланади?

9. Трансформаторда йиллик энергия исрофи максимал юклама ва максимал юкламадан фойдаланиш вақти бўйича қандай аниқланади?
10. Электр тармоқда энергия исрофи қандай турларга (ташқил этувчиларга) бўлинади?
11. Электр тармоқда энергия исрофини камайтиришнинг қандай тадбирлари мавжуд? Бу тадбирларнинг маъноси нимадан иборат?

3.1. Асосий адабиётлар

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М. Энергоатомиздат, 1989, 592 с.
2. Электрические системы. Электрические сети: Учебное пособие для вузов/Под ред. А.В.Веникова и В.А.Строева. – М.: Высшая школа. 1998. – 512 с.
3. Блок В.М. Электрические сети и системы. - М.: Высшая школа, 1986, 430 с.
4. Электрические сети и системы/ Под ред. Г.И.Денисенко. - Киев, Вища школа, 1986. – 452 с.
5. Фазылов Х.Ф., Насыров Т.Х. Установившиеся режимы электроэнергетических систем и их оптимизация. – Т.: Молия, 1999.
6. Электрические системы в примерах и иллюстрациях: Учебное пособие для ВУЗов/Под ред. В.А.Строева. - М.: Высшая школа, 1999. – 352 с.
7. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей: Учебное пособие для студентов электроэнергетических специальностей вузов./Под ред. В.М.Блок. – М.: Высшая школа, 1990 – 383 с.
8. Поспелов Г.Е., Федин В.Т. Электрические системы и сети. Проектирование: Учеб.пособие для вузов. – 2-е изд. – Мн.: Выш.шк., 1988. – 308 с.
9. Справочник по проектированию электроэнергетических систем./Под ред. С.С.Рокотяна и И.М.Шапиро. – м.: Энергия, 1985. – 350 с.
10. “Электр тармоқлари ва системалари” фанидан лаборатория ишларини бажариш бўйича методик қўлланма. - Тошкент.: ТошПИ. 1991, 4б.(Т.Ш.Гойибов, А.М.Мирзабоев)
11. Методическое указание к лабораторным работам по курсу “Электрические сети и системы”. - Ташкент, ТашПИ, 1989, 40 с.

3.2. Қўшимча адабиётлар

12. Электрические системы. /Электрические сети/Под ред. В.А.Веникова - М.: Высшая школа, 1981. - 439 с.
13. Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем. - Л.: Энергия, 1987, 391 с.
14. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях: Учебное пособие для ВУЗов/Ю.Н.Астахов, В.А.Веников, В.В.Ежков и др. - М.: Энергоатомиздат, 1983.

