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.

Ситдиков Р.А. –
Тошкент давлат техника университетининг «Электр энергетикаси» кафедраси доценти, т.ф.н.

Мундарижа

1-маъруза **...……..……...5**

К1. Кириш. К2. Белгилашлар системаси ва ҳисоблашлар учун ишлати ладиган 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 иҳатдан солиштириш. 16.2.Электр тармоқ вариантини ишончлилик 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 қилингапн 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 қўювчи 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 Áåëãèлашëàð ñèñòåìàñè âà èñîáëàøëàð ó÷óí èøëàòèëàäèãàí àñîñèé èôîäàëàð

¡çãàðóâ÷àí òîê ýëåêòð òàðìîęëàðè ó÷ ôàçàëè çàíæèðëàðäàí èáîðàò. Íîðìàë èø □ îëàòèäà ñèììåòðèê òàðìîęëàðäà ôàçà òîêëàðè âà êó÷ëàíèøëàðè ñèììåòðèê âà ñíóñîèäàë äåá qàðàëäàè. Øó ñàáàáëè □ àììà □ èñîá âà òà□ ëèëëàðíè ôęàò áèð ôàçà ó÷óí òóçèëãàí àëìàøòèðèø ñõåìacèäà êÿðèá ÷èqèø ìóìêèí. Èñòåúìîë÷è òàðìîęqà þëäóç óñóëèäà óëàíãàí. Фараз қилапйлик, $Z_þ$ $Z_ë$ - òàðìîęäàãè þêламаíèíã âà ëèíèÿíèíã áèð ôàçàñèãà òÿ□ ðè êåëóâ÷è êîìïëåêñqàðøèëèêëàð бўлсин. Òàðìîęíèíã □ àð áèð ôàçàñèäàI áåëãèëàíãàí òîê îqàäè. Áó òîê þêламаíèíã ôàçà òîêè $I_þ$ ãà òåíã. Òóãóííèíã ôàçàñèäàãè êîìïëåêñ êó÷ëàíèøíè $U_ô$ âà ôàçàëàðàðî êó÷ëàíèøíè U äåá áåëãèëàéìèç. Ìàúëóìêè, ñèììåòðèê □ îëàòäà þqîðèäàãè êó÷ëàíèøëàð îðàñèäà qóéèäàãè÷à áî□ ëàíèø ìàâæóä:

$U = \sqrt{3}\, U_ô$;

ўçãàðóâ÷àí òîê ýëåêòð çàíæèðëàðèãà îèä àéðèì ìàúëóìîëàðíè ýñëàòèá ўòàìèç. Êîìïëåêñ êàòòàëèêëàð àëãåáðàèê âà символик êÿðèíèøäà áÿëèøè ìóìêèí:

$$\dot{U} = U' + jU'' = U * e^{j\varphi_U}; \qquad (K.1)$$

$$\dot{I} = I' + jI'' = I * e^{j\varphi_I}; \qquad (K.2)$$

$$\dot{S} = P + jQ = S * e^{j\varphi}. \qquad (K.3)$$

Áó åðäà:

U', I', $Ð$ - êàòòàëèêëàðíèíã àêòèâ qèñìè; U'', I'', Q - êàòòàëèêëàðíèíã ðåàêòèâ qèñìè;

U, I, S – катталикларнинг ìîäóëëàðи ; φ_U, φ_I, φ - ìîñ □ îëàà êó÷ëàíèø, òîê âà

qóââàòëàðíèíã àêòèâ âà ðåàêòèâ qèñìëàðè îðàñèäàãè áóð÷àêëàð.

Ó÷ ôàçà ó÷óí òÿëà qóââàò: $\dot{S} = 3S_ф = 3\dot{U}_ф \hat{I}_ф$;

$$\dot{S} = \sqrt{3}\dot{U}\hat{I} = P + jQ \qquad (K.4)$$

Áó åðäà $\hat{I}$ - òîêíèíã qўøìà êîìïëåêñ ñîíè; $Ð$, Q - ó÷ ôàçàíèíã àêòèâ âà ðåàêòèâ qóââàòëàðè.

Àãàð, êîìïëåêñ êó÷ëàíèø U âà ток I îðàñèäàãè áóð÷àê φ ãà òåíã áÿëñà, ó îëäà (К.4) äàí $P = \sqrt{3}UI\cos\varphi$; $Q = \sqrt{3}UI\sin\varphi$ êåëèá ÷èқàäè.

Òóãóíäàãè òîê:

$$\dot{I} = \frac{\hat{S}}{\sqrt{3}\hat{U}} = \frac{P - jQ}{\sqrt{3}(U' - jU'')};$$

âà óøáó òîê ìîäóëèнинг êâàäðàòè қóéäàãèãà òåíã:

$$I^2 = \frac{S^2}{3U^2}.$$

Тармоқда исроф бўлувчи қувват қуйидагича ифодаланади:

$$\Delta S = 3I^2 Z = \frac{S^2}{U^2} Z = \frac{S^2}{U^2} r + j\frac{S^2}{U^2} x = \Delta P + j\Delta Q,$$

áó åðäà $Z = r + jx$ ýëåìåíòнинг тўла қàðøèëèãè; r âà x - элементнинг àêòèâ âà ðåàêòèâ қàðøèëèклари. Қàðøèëèккà ìîñ ўòêàçóâ÷àíèêê:

$$Y = \frac{1}{Z} = g + jb; \qquad g = \frac{r}{r^2 + x^2}, \qquad b = -\frac{x}{r^2 + x^2}.$$

Индуктив õàðàêòåðдаги òîê кó÷ëàíèøäàí φ - áóð÷àêêà îðқàäà êåëàäè, øóíèíã ó÷óí óíèíã ðåàêòèâ қèñìè ìèíóñ èøîðà áèëàí îëèíàäè, шунингдек, ñиõ èì õàðàêòåðдаги òîê êó÷ëàíèøäàí îëäèíда êåëãàíè ó÷óí ðåàêòèâ қèñìè ïëþñ èøîðà áèëàí îëèíàäè.

1.1 Электр узатиш линияларининг алмаштириш схемалари ва ҳисоб параметрлари

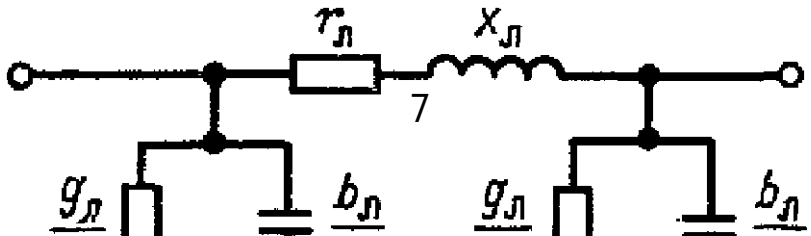
Нисбатан катта бўлмаган узунликдаги электр узатиш линиялари парамерларининг тақсимлангинлгини эътиборга олмаслик ва уларни бутун узунлик бўйича бир хилда тақсимланган деб қараш мумкин.

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 $r_л, x_л$ - электр узатиш линиясининг актив ва реактив қаршиликлари ва $g_л, b_л$ - электр узатиш линиясининг актив ва сиғим ўтказувчанликлари.

Актив қаршилик қуйидаги формула бўйича топилади:

$$r_л = r_0 l, \tag{1.1}$$

бу ерда r_0 - солиштима актив қаршилик, Ом/км (ўтказгичнинг ҳарорати +20^{0}С 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 туфайли юза эффекти ҳодисаси эътиборга олинмайди. r_0 нинг қиймати пўлаталюминий ва бошқа рангли металлдан тайёрланган ўтказгичлар учун кўндаланг кесим юзаларига боғлиқ равишда жадвалдан аниқланади. ўтказгичнинг ҳарорати 20^0С дан фарқ қилганда мос формулалар бўйича топилади.

Реактив қаршилик қуйидаги тартибда топилади:

$$x_л = x_0 l, \tag{1.2}$$

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:

$$x_0 = 0{,}144 \lg(D_{ур} / r_{ут}) + 0{,}0157, \tag{1.3}$$

бу ерда $r_{ут}$ - ўтказгичнинг радиуси; $D_{ур}$ - фаза ўтказгичлари оралиғидаги ўрта геометрик масофа:

$$D_{ур} = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}}, \tag{1.4}$$

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 парчаланади. Бундай ҳолларда (7.14) формуласидаги $r_{ут}$ ўрнига қуйидаги формула бўйича топилувчи $r_{эк}$ фойдаланилади:

$$r_{эк} = \sqrt[n_ф]{r_{ут} a_{ур}^{n_ф - 1}}, \tag{1.5}$$

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

Парчаланган ўтказгичли электр узатиш линиялари (ЭУЛ) учун (1.3) формуладаги сўнгги ташкил этувчи $0.0157 / n_ф$ кўринишда бўлади. Шунингдек, бундай ЭУЛлари учун солиштирма актив қаршилик қуйидагича топилади:

$r_0 = r_{0ут} / n_ф$,

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

Пўлаталюминий ўтказгичлар учун x_0 кесим юзасига боғлик 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 токлар туфайли юз берувчи исрофлар ва тожланиш исрофлари.

Изоляторлардаги дайди токлар киймати 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 оралиқда тутиш учун тожланиш бўйича рухсат этилувчи энг кичик кесим юзаси белгиланган. Унга мувофиқ энг кичик кесим юзаси 110 кВ учун 70 мм^2, 150 кВ учун 120 мм^2, 220 кВ учун 240 мм^2.

220 кВ гача кучланишдаги тармоқларни ҳисоблашда актив ўтказувчанлик эътиборга олинмайди.

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

$$b_л = b_0 l, \tag{1.6}$$

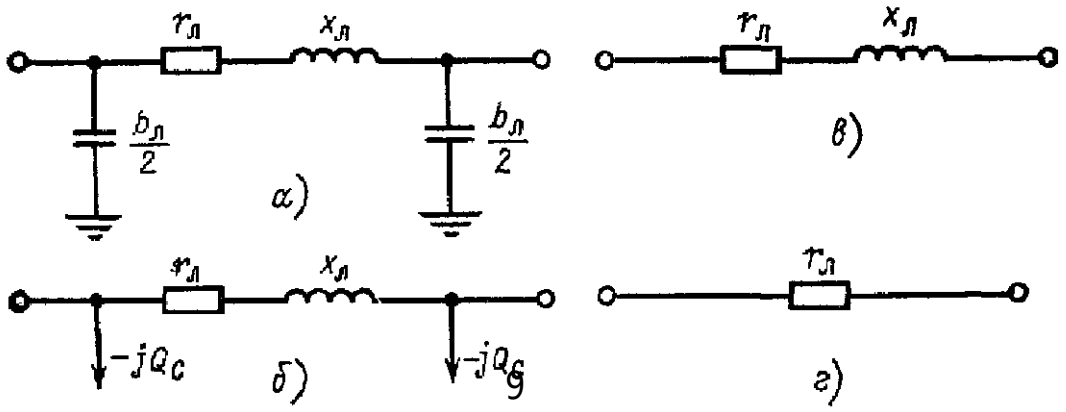
бу ерда b_0 - солиштирма сиғим ўтказувчанлик бўлиб, жадвалдан аниқланиши ёки қуйидаги формула бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$b_0 = \frac{7{,}58}{\lg \frac{D_{ур}}{r_{ут}}} \cdot 10^{-6}. \tag{1.7}$$

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:

$$Q_c = 3I_c U_ф = 3U_ф^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot b_0 l = \frac{1}{2} U^2 b_л, \tag{1.8}$$

бу ерда $U_ф$ ва U - фаза ва фазалараро кучланишлар, кВ; $I_с$ - ерга томон оқувчи сиғим токи, $I_с = U_ф b_л / 2$.



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 кўринадики, 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). $g_л$ 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. Тақсимловчи электр тармоқларнинг ЭУЛ алмаштириш схемаси қандай кўринишда тасвирланади?
9. Таъминловчи электр тармоқларнинг ЭУЛ алмаштириш схемаси қандай кўринишда тасвирланади?
10. ¡та 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 парамерлари.

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.

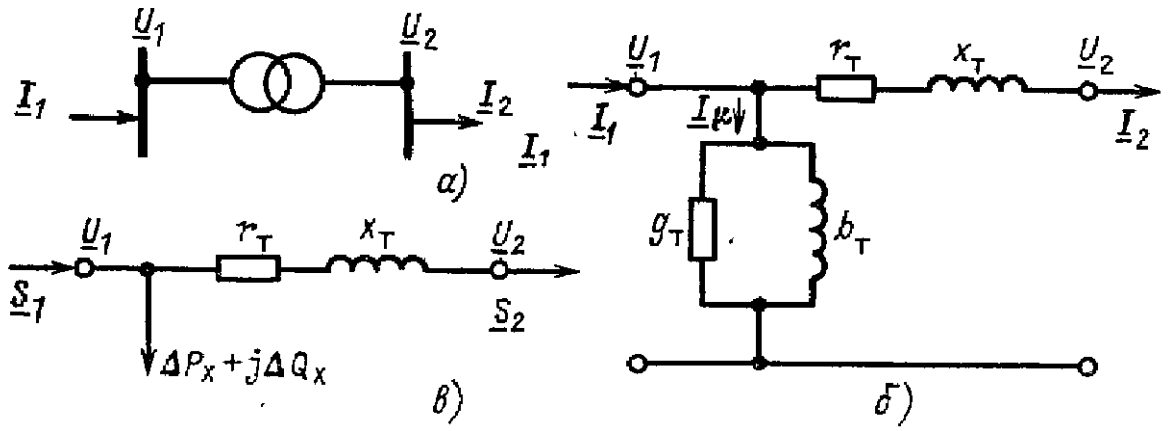
Таянч сўзлар: Чулғам; ўзак; каталог параметри; номинал параметр; тип қуввати; ўтиш қуввати, уланиш схемаси.

(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 $r_т, x_т$ 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 қурсатилади.



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) $g_т$, $b_т$ 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: $S_н$- 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, $I_н$ дан %; ΔP_k- қисқа туташув исрофи, кВт; u_k%- қисқа туташув кучланиши, $U_н$ 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:

$$g_т = \Delta P_c / U_н^2, \tag{2.1}$$

$$b_т = \Delta Q_c / U_н^2, \tag{2.2}$$

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

$$\Delta Q_c = 3I_c^{''}U_{ф.н} \approx 3I_x U_{ф.н} = 3 \cdot \frac{I_c\%I_,}{100} \cdot U_{ф.н} = \frac{I_c\%S_н}{100} . \tag{2.3}$$

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

$$\Delta P_k = 3I_н^2 r_т = \frac{S_н^2}{U_н^2} r_т, \qquad (2.4)$$

ва

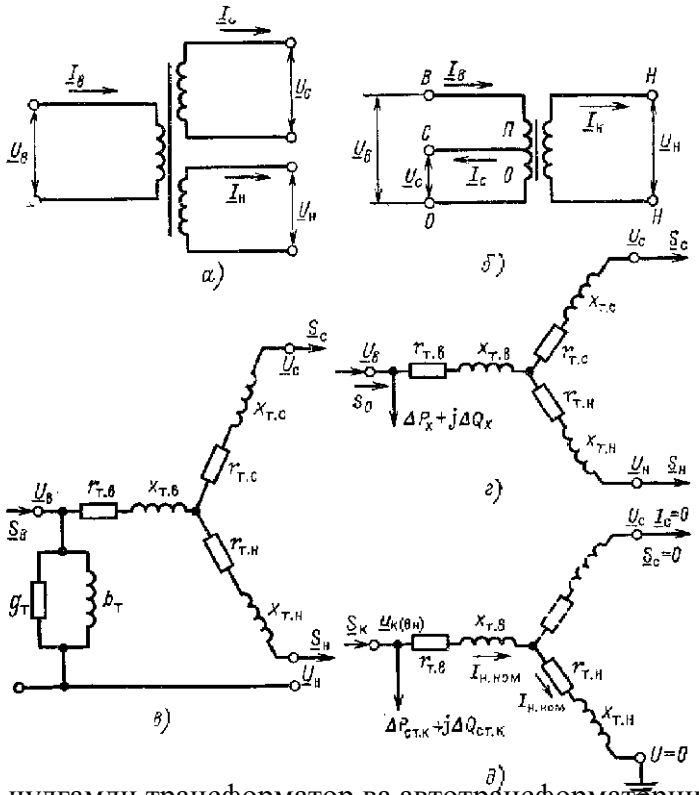
$$r_т = \frac{\Delta P_k U_н^2}{S_н^2}, \qquad (2.5)$$

Замонавий катта қувватли трансформаторларда $r_т << x_т$ ва $u_k \approx u''_k$. Қисқа туташув тажрибасидан

$$u_k = \frac{u_k \% U_н}{100} \approx \sqrt{3} I_н x_т.$$

ва

$$x_т = \frac{u_k \% U_н^2}{100 S_н}. \qquad (2.6)$$



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

Уч чулғамли трансформаторлар ва автотрансформаторлар. Кўп ҳолларда нимстанцияда учта номинал кучланиш – юқори $U_в$, ўрта $U_с$ ва қуйи

$U_н$ кучланишлар талаб этилади. Бунинг учун иккита икки чулғамли трансформаторлардан фойдаланиш мумкин. Бироқ икита 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 туташиш схемаси 2.2,б-расмда тасвирланган. Қуйи чулғам қолган иккала чулғамлар билан магнитик боғланишда, кетма-кет ва умумий чулғамлар эса бир-бири билан ўзаро электрик ва магнитик боғланишда бўлади (2.2,б-расмдаги П ва О). Кетма-кет чулғам бўйлаб $I_в$, умумий чулғам бўйлаб эса $I_в - I_c$ ток оқади.

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

$$S_н = \sqrt{3} U_{в.н} I_{в.н}. \qquad (2.7)$$

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):

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

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

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

$$S_{н.н} = \alpha_{н.н} S_н, \qquad (2.9)$$

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

$U_н > 220$ кВ бўлган ҳолат учун уч чулғамли трансформатор ва автотрансформаторнинг алмаштириш схемаси 2.2,в-расмда, $U_н \le 220$ 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 ҳиосбланади. Уч чулғамли трансформатор ва автотрансформаторлар учун қисқа туташув исрофлари ва кучланишларининг учала чулғамлар жуфтликлари учун, яъни $\Delta P_{k(в\text{-}н)}, \Delta P_{k(в\text{-}с)}$ $\Delta P_{k(с\text{-}н)}$ ва $u_{k(в\text{-}н)}\%, u_{k(в\text{-}с)}\%$ $u_{k(с\text{-}н)}\%$ кўринишида берилади. Ҳар бир ΔP_k ва $u_k\%$ мумкин бўлган учта тажрибанинг бирига таалуқлидир. Масалан, $\Delta P_{k(в\text{-}н)}$ ва $u_{k(в\text{-}н)}$ ларнинг қийматлари қуйи чулғам қисқа туташтирилган, ўрта чулғам салт ҳолда бўлган юқори чулғамга қуйи чулғам орқали номинал ток оқишини таъминловчи $u_{k(в\text{-}н)}$ 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 қаршиликлар мавжуд. Уларни биргаликда ечиш асосида қаришиликлар учун ифодага эга бўламиз:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$u_{k.\text{с}}\% = 0{,}5(u_{k.(\text{в-с})}\% + u_{k.(\text{с-н})}\% - u_{k.(\text{в-н})}\%), \quad (2.20)$$

$$u_{k.\text{н}}\% = 0{,}5(u_{k.(\text{в-н})}\% + u_{k.(\text{с-н})}\% - u_{k.(\text{в-н})}\%). \quad (2.21)$$

$u_{k.\text{в}}\%, u_{k.\text{с}}\%, u_{k.\text{н}}\%$ ларнинг топилган қийматларидан фойдаланиб, қуйидаги формулалар бўйича алоҳида чулғамларнинг реактив қаршиликлари аниқланади:

$$x_{\text{т.}в} = \frac{u_{кв}\% \cdot U_{н}^2}{100 S_{н}}, \quad (2.22)$$

$$x_{\text{т.с}} = \frac{u_{k.\text{с}}\% \cdot U_{\text{н}}^2}{100 S_{\text{н}}}, \quad (2.23)$$

$$x_{\text{т.}н} = \frac{u_{k.н}\% \cdot U_{\text{н}}^2}{100 S_{\text{н}}},. \quad (2.24)$$

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. Тақсимловчи электр тармоқларида икки чулғамли трансформаторнинг алмаштириш схемаси одатда қандай кўринишда тасвирланади?

6. ¦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. ¦та юқори кучланишли электр тармоқларида икки чулғамли трансформаторларнинг алмаштириш схемаси одатда қандай кўринишда тасвирланади?
12. Автотрансформатор уч чулғамли трансфолрматорга 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: очиқ 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).

Ýëåêòð óçàòèø éўëëàðè, î÷èқ âà ñîäàà ëїèқ òàðìîқëàð хîëàòëàðèíè □èñîáëàø

3.1. Ýëåêòð ñèñòåìàëàðíèíã ñõåìàëàðè. Áàðқàðîð □îëàòíèíã

÷èçèқëè âà ночизиқли (эгри ÷èçèқли) òåíãëàìàëàðè

Ýëåêòð ñèñòåìàñèíèíã ñõåìàëàðè âà óëàðíèíã ýëåìåíòëàðè. Ýëåêòð ñèñòåìаси – бу ýëåêòð ýíåðãåÿíè èøëàá ÷èқàðèø, òàқñèìëàø âà èñòåúìîë қèëèø ó÷óí ìÿëæàëëàíãàí ýëåêòð çàíæèðèäèð. Ýëåêòð çàíæèðè ва унинг қèñìëàðèíè óëàíèø êåòìà - êåòëèãèíè êÿðñàòóâ÷è ҳамда унинг àñîñèé õóñóñèÿòëàðèíè àêñ ýòòèðóâ÷è ÷èçìà øàêëèäà áåðëèäèãàí òàñâèð ýëåêòð çàíæèðèíèíã àëìàøòèðèø ñõåìè äåéëèäè. Ýëåêòð çàíæèð âà óíãà ìîñ àëìàøòèðèø ñõåìаси øохîá÷àëàð, òóãóíëàð âà óìóìèé □îëäà êîíòóðëàðäàí èáîðàò áÿëäè.

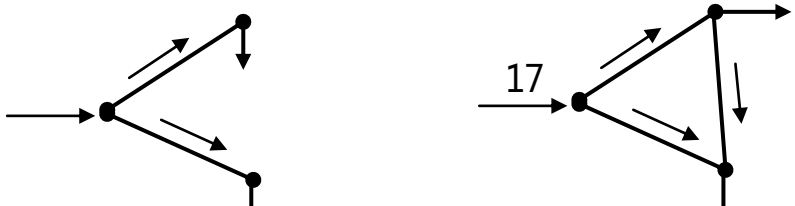
Øохîá÷à äåá ýëåêòð çàíæèðèíèíã ýëåìåíòëàðè êåòìà - êåò óëàíãàí âà áèð õèë òîê оқувчи қисмига айтилади.

Èêêè ¸êè óíäàí îðòèқ øà□îá÷àëàðíè áèðëàøòèðäèãàí íóқòàãà òóãóí äåéëèäè.

Êîíòóð äåá áèð íå÷òà øохîá÷àëàð áÿéëàá ÿòäèãàí □àð қàíäàé ¸ïèқ éÿëãà àéòèëäè.

Àãàð ýëåêòð çàíæèðèíèíã ñõåìасèäà êîíòóðëàð áÿëìàñà, ó î÷èқ çàíæèð (òàðìîқ) äåéëèäè.

Ýëåêòð çàíæèðëàð íàçàðèÿñèäà òóãóíëàð âà êîíòóðëàð éÿқîòèëäèãàí âà éÿқîòèëìàéäèãàí áÿëèøè ìóìêèí. Éÿқîòèëäèãàí òóãóíëàð âà êîíòóðëàð ôàқàò èêêèòà øохîá÷àíè áèðëàøòèðäèè. Áóíäàé éÿқîòèëäèãàí òóãóí âà êîíòóðëàðíè êåòìà - êåò âà ïàðàëëåë óëàø қîëäàëàðè ¸ðäàìèäà ñõåìаäàí éÿқîòèø ìóìêèí. Íî÷èçè□èé òîê ìàíáàëàðè áóíãà êèðìàéäè. Êåëãóñèäà ôàқàò éÿқîòèëìàéäèãàí òóãóí âà êîíòóðëàðäàí ôîéäàëàíàìèç. Î÷èқ òàðìîқäà □àð қàíäàé þêëàìà ôàқàò áèð òîìîíäàí òàúìèíëàíäè (3.1- ðàñì), ÿúíè □àð қàíäàé òóãóíäãè èñòåúìîë÷è қóââàòíè ôàқàò áèð òîìîíäàí îëäè. Äåìàê èñòàëãàí øохîá÷à óçèëñà, øó øохîá÷àäàí қóââàò èñòåúìîë қèëóâ÷è □àììà þêëàìàëàðíèíã òàúìèíëàíèøè óçèëäè.



а) б)

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

Àãàð ñõåìaäà êàìèäà áèòòà êîíòóð ìàâæóä áÿëñà, ó ¸ïèк äåéèëàäè. Ëïèк òàðîíкäà èêêè ¸êè óíäàí îðòèк øoxîá÷àëàð îðкàëè òàúìèíëàíàäèãàí êàìèäà áèòòà òóãóí áÿëàäè, øóíèíã ó÷óí øoxîá÷àëàðäàí áèðèíèíã óçèëèøè áîøкà øoxîá÷àëàðíèíã èñòåúìîë÷èäàí óçèëèøèãà îëèá êåëìàéäè.

Ýëåêòð ñõåìaíèíã ýëåìåíòëàðè àêòèâ âà ïàññèâ ýëåìåíòëàðãà áÿëèíàäè. Ïàññèâ ýëåìåíòëàð ôàкàò ýëåêòð òîêè ÿòèøè ó÷óí éÿë □ îñëëкèëàäè âà óëàð ÿç íàâáàòèäà èêêèãà - áÿéëàìà âà êÿíäàëàíã ïàññèâ ýëåìåíòëàðãà áÿëèíàäè.

Êÿíäàëàíã ïàññèâ ýëåìåíòëàð - áó ñõåìíèíã òóãóíëàðè âà õîëèñ, ÿúíè ïîòåíöèàëè íîëãà òåíã áÿëãàí òóãóí îðàëè□ èãà кÿéèëãàí øoxîá÷à. Áÿéëàìà ïàññèâ ýëåìåíòëàð - áó ïîòåíöèàëè íîëãà òåíã áÿëãàí òóãóíäàí (õîëèñ òóãóíäàí) òàøкàðè □ àììà òóãóíëàðíè áèðëàøòèðóâ÷è øoxîá÷àëàð, ÿúíè áÿéëàìà øoxîá÷àëàð õîëèñ òóãóíãà óëàíìàãàí. Áÿéëàìà øoxîá÷àëàð ÝУЙ âà òðàíñôîðìàòîð ÷óë□ àìëàðèíèíã àêòèâ âà èíäóêòèâ кàðøèëèêëàðè, áÿéëàìà êîìïåíñàöèÿëîâ÷è кóðèëìàëàð ñè□ èìëàðè êàáèëàðíèÿç è÷èãà îëäàè. Àéðèì □ îëëàðäà òðàíñôîðìàòîðíèíã ïÿëàò ÿçàãèäàãè èñðîôëàð □ àì àëìàøòèðèø ñõåìacèäà êÿíäàëàíã ýëåìåíò êÿðèíèøèäà òàñâèðëàíäàè. ÝÞÊ âà òîê ìàíáàëàðè àëìàøòèðèø ñõåìacèíèíã àêòèâ ýëåìåíòëàðè □ èñîáëàíäàè. Áó ýëåìåíòëàð çàíæèðãà óëàíãàí íóкòàëàðäà êó÷ëàíèø âà òîêíè áîøкà ïàðàìåòðëàðäàí ìóñòàкèë àíèкëàéäè. Ýëåêòð ñèñòåìaëàðíèíã □ îëàòëàðèíè □ èñîáëàøäà ÝÞÊ ìàíáàëàðèäàí êàì ôîéäàëàíèëàäè. Øó ñàáàáëè áóíäàí êåéèí àñîñàí òîê ìàíáàëàðè □ àкèäà ãàï áîðàäè.

Ýëåêòð ñèñòåìëàðè □ îëàòëàðèíè □ èñîáëàøäà òîê ìàíáàëàðè ýëåêòð ñòàíöèÿ ãåíåðàòîðëàðè âà èñòåúìîë÷èëàð þêëàìàëàðèãà ìîñ тóøàäè. Ìàíà øó àêòèâ ýëåìåíòëàðäà қóââàò èøëàá ÷èқàðèëàäè âà èñòåúìîë қèëèíàäè.

Áàðқàðîðëàøãàí □ îëàòíèíã òåíãëàìàëàðè Òàðêèáèãà ôàқàò ÷èçèқëè ïàññèâ ýëåìåíòëàð âà ìîäóëè □ àìäà ôàçàñè ўçãàðìàñ ýëåêòð òîê ìàíáàëàðè êèðàäèãàí ýëåêòð çàíæèðíèíã áàðқàðîðëàøãàí □ îëàòè ÷èçèқëè àëãåáðàèê òåíãëàìàëàð áèëàí èôîäàëàíàäè. Óøáó òåíãëàìàëàð áàðқàðîðëàøãàí □ îëàòíèíã ÷èçèқëè òåíãëàìàëàðè äåéèëàäè âà óíãà ìîñ çàíæèðëàð ÷èçèқëè ýëåêòð çàíæèðëàð äåéèëàäè. Áóíàé çàíæèðëàð ýëåêòð ñèñòåìасиíèíã áèòòà òóãóíëàí òàøқàðè □ àììà òóãóíëàðëàà ãåíåðàòîð âà èñòåúìîë÷èëàðíèíã ìîäóëè □ àìäà ôàçàñè áўéè÷à ўçãàðìàñ òîêëàðè áåðèëãàíäàãè □ îëàòíè □ èñîáëàøäà èøëàòèëàäè. Îäàòäà ýëåêòð ñèñòåìаëàðиíèíã □ îëàòèíè □ èñîáëàøäà ïàññèâ ýëåìåíòëàðíèíã íî÷èçè□ èéëèãè ýúòèáîðãà îëèíàéäè. Áó ìàúíîäà àëìàøòèðèø ñõåìасèíèíã áўéëàìà қèñìè äîèìî ÷èçèқëèäèð. Øó áèëàí áèð âàқòäà îäàòäà ýëåêòð ñèñòåìасиíèíã áàðқàðîðëàøãàí □ îëàòèíè □ èñîáëàøäà òîê ìàíáàëàðèíèíã íî÷èçè□ èé òàâñèôëàðè (õàðàêòåðèñòèêàëàðè) ýúòèáîðãà îëèíàäè. Òîê ìàíáàëàðèíèíã íî÷èçè□ èéëèãè òóãóíëàðäà èñòåúìîë÷èíèã ¸ки ўçãàðìàñ қóââàòëè ãåíåðàòîðíèíã þêëàìàëàðè áåðèëãàí □ îëàòãà ¸êè қóââàòíèíã êó÷ëàíèøãà áî□ ëèқëèãèíè áåëãèëàéäèãàí - þêëàìàíèíã ñòàòèê òàâñèôè áåðèëãàí □ îðëàòãà ўð□ ðè êåëàäè. Íî÷èçè□ èé òîê ìàíáàëàðèãà ýãà áўëãàí ýëåêòð ñèñòåìасиíèíã áàðқàðîðëàøãàí □ îëàòè íî÷èçè□ èé àëãåáðàèê òåíãëàìàëàð - áàðқàðîðëàøãàí □ îëàòíèíã íî÷èçè□ èé òåíãëàìàëàðè ¸ðäàìèäà èôîäàëàíàäè.

3.2. ÝÓÏ íèíã □ îëàòèíè юклама токи áåðèëãàíäà □èñîáëàø.

ЭУЛ охирида *U₂* кучланиш áåðèëãàí ҳолат.

Ìàúëóì ìèęäîðëàð (3.2à - ðàñì): U_2 - 2-òóãóííèíã êó÷ëàíèøè, I_2 - þêламаíèíã òîêè, $Z_{12}= r_{12}+ jx_{12}$, b_{12}- ÝÓÝíèíã áÿéëàìa qàðøèëèãè âà ñè□ ìèéÿòêàçóâ÷àíëèãè.

Àíèęëàíóâ÷è ìèęäîðëàð: U_1, I_1 -ÝÓÝ áîøèäàãè êó÷ëàíèø âà òîê, I_{12} – ЭУЛ нинг бўйлама қисмидаги ток, ΔS_{12} – ЭУЛдаги қувват исрофи.

Бундай ҳолàòíè □ èñîáëàøda íîìàúëóì ўçãàðóâ÷èëàðíèнг qèéìàòëàðè ÝÓÝíèíã îõèðèäàí áîøèãà qàðàá êåòìà-êåò равишда аíèęëàíади. Òîê âà êó÷ëàíèøíè àíèęëàøäà Îì âà Êèðãîôíèíã áèðèí÷è qîíóíëàðèдàí ôîéäàëàíèлàäè.

□ èñîáíè ôàçà êó÷ëàíèøè $U_ф$ âà òîêè I áÿéè÷à îëèá áîðàìèç. ÝÓÝ îõèðèäàãè ñè□ ìèé òîê, Îìęîóíèãà áèíîàí (3.2б –расм)

$$I_{c2} =jU_{2ф}b_{12}/2 \qquad (3.1)$$

ÝÓÝнинг áÿéëàìa qèñìèäàãè òîê, Êèðãîôíèíã áèðèí÷è qîíóíè áÿéè÷à

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

Ом қонуни бўйича ЭУЛ бошланишидаги кучланиш

$$U_{1ф}=U_{2ф}+ I_{12}Z_{12} \qquad (3.3)$$

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

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

Учта фазадаги қувват исрофлари

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

Tîê âà êó÷ëàíèøëàðíèíã âåêòîð äèàãðàììàñè (3.2,â - ðàñì) (3.1)-(3.4) èôîäàëàðãà ìóâîôèq òóçèëàäè. Àâàëî, äèàãðàììaäà ìàúëóì $U_{2ф}$ âà I_2 êÿðñàòèëàäè. $U_{2ф}$ □àqèqèé ўq áÿéè÷à éÿíàëãàí äåá qàáóë qèëàìèç. Ñè□ìèé òîê I_{c2} êó÷ëàíèø $U_{2ф}$ äàí 90^0 èëãàðè ўòãàí. Ñõåìaíèíã áÿéëàìa qèñìèäàãè òîê I_{12} I_2âà I_{c2}ëàðíèíã âåêòîð éè□èíäèñèãà òåíã.

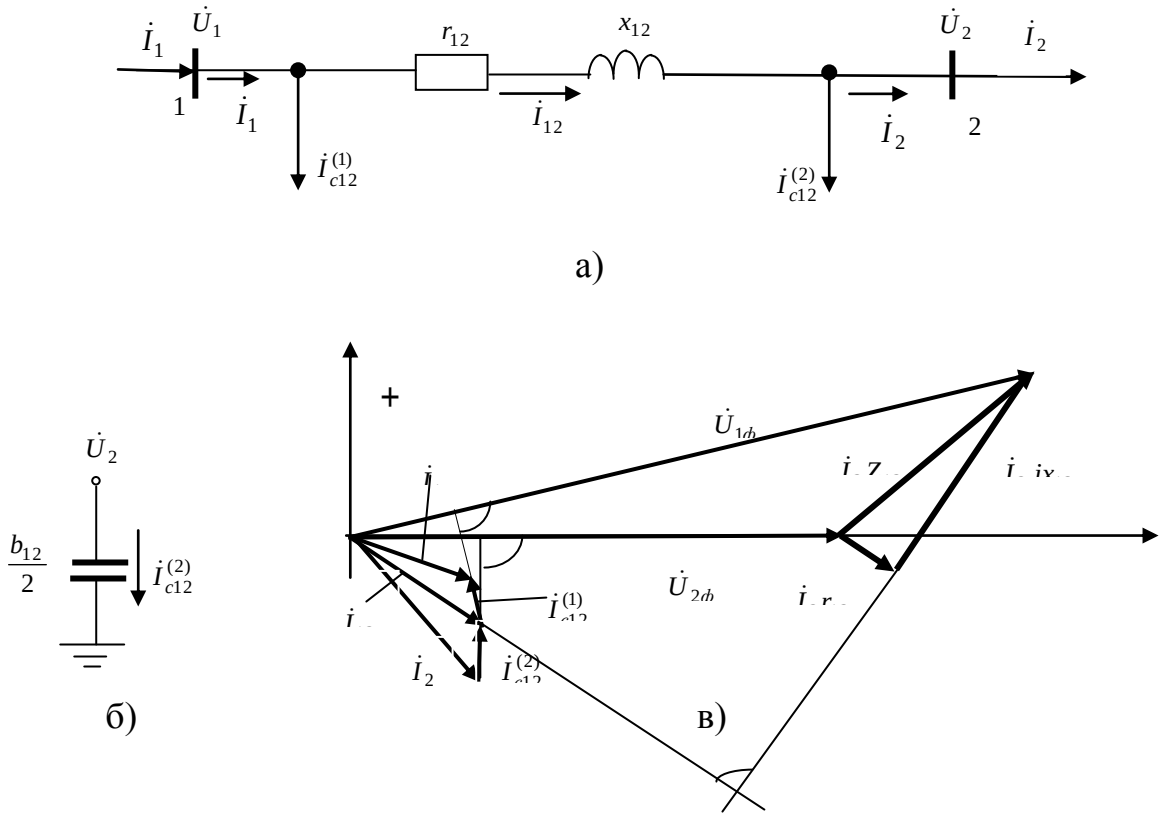
Óíäàí êåéèí (3.3) нинг ўíã òîìîíèäàãè èêêè qўøèëóâ÷èëàðнè àëî□èäà qуðàìèç.

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

бу ерда $I_{12}r_{12}$ âåêòîð I_{12}га ïàðàëëåë âà $jI_{12}x_{12}$ âåêòîðäàí 90^0 ортда қолади. $U_{1ф}$

кучланиш қўшилувчи $U_{2ф}$, $I_{12}r_{12}$ ва $jI_{12}x_{12}$ векторларнинг бошини ва охирини

туташтиради. Ток I_{c1} $U_{1ф}$ дан 90^0 илгари ва (3.4) бўйича òîïèëàäè.



3.2-расм. Электр узатиш линияси ҳолатини ҳисоблаш.
а – алмаштириш схемаси; б – сиғим токини аниқлаш; в – юкламали ЭУЛ кучланиш ва токлари вектор диаграммаси.

ÝÓÝíèíã îõèðèãà þêлама óëàíãàí áўëñà, áó íóқòàдà êó÷ëàíèø ìîäóëè áîøàãàè êó÷ëàíèø ìîäóëèãà íèñáàòàí êè÷èê áўëàäè: $U_{2ô} < U_{1ô}$ (3.2в-расм). Ñàëò èøëàø □ îëàòäà $I_2=0$ ва ÝÓÝ áўéè÷à ôàқàò ñè□ ìèé òîê ҳàäè $I_{12}= I_{c2}$ âà áó □ îëäà $U_{2ô}< U_{1ô}$.

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 чизиқли кўринишда бўлади?
4. Қандай ҳолларда электр тармоқнинг барқарор ҳолати тенгламаси ночизиқли кўринишда бўлади?
5. Электр тармоқнинг барқарор ҳолати қандай мақсадларда ҳисобланади?
6. Қандай тармоқлар очиқ 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 очиқ 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, $\dot{I}_{12}$ токни ҳам топиш талаб этилади.

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

Узатиш линиясининг охиридаги заряд (сиғим) қуввати

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

Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича узатиш линияси бўйлама қисмининг охиридаги қувват

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

Узатиш линиясидаги қувват исрофи

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

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

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

Ом қонунига мувофиқ узатиш линияси бошланишидаги кучланиш:

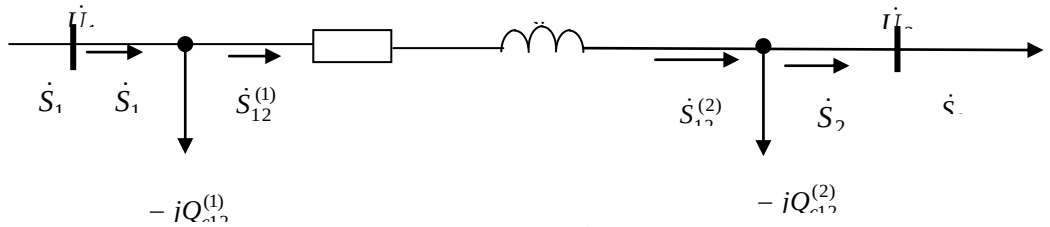
$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \sqrt{3}\dot{I}_{12} Z_{12} = \dot{U}_2 + \frac{\hat{\dot{S}}_{12}^{(2)}}{\hat{\dot{U}}_2} Z_{12}. \qquad (4.5)$$

Узатиш линиясининг бошланишидаги заряд қуввати

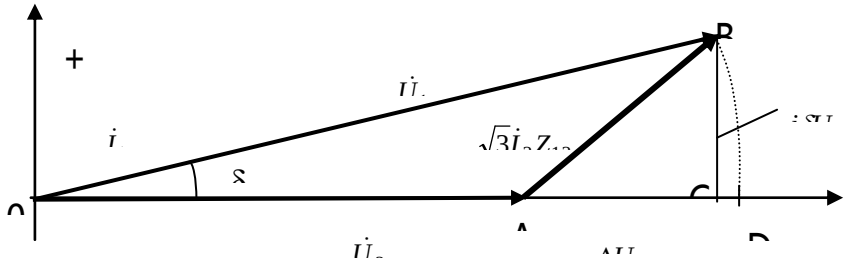
$$Q_{c12}^{(1)} = \frac{1}{2} U_1^2 jb_{12}. \qquad (4.6)$$

Узатиш линиясининг бошланишидаги қувват

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



а)



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 кучланишарни топиш мумкин эмас. 2 тугун учун эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

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

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

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

1-этап. Фараз қилайлик,

$$\dot{U}_2 = U_н, \qquad (4.9)$$

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

$$Q_{c12}^{(2)} = \frac{1}{2}U_н^2 jb_{12}; \qquad (4.10)$$

$$\dot{S}_{12}^{(2)} = \dot{S}_2 - jQ_{c12}^{(2)}; \qquad (4.11)$$

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

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

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:

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

(4.10) ва (4.11) формулаларда $\dot{U}_2$ нинг ўрнига $U_н$ 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 кийматларини топиш учун 1 ва 2-этапларни кетма-кет равишда такролаш мумкин. Бундай ҳисоблашни ЭҲМда 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) катталикдир, яъни 4.1,б-расмда $\vec{AB}$

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

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 мувҳум 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

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

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, $U_н < 110$ 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. $U_н$ ≤35кв áўëãàí î÷èқ òàқñèìëîâ÷è ýëåêòð òàðìîқëàðíè □èñîáëàøäàãè ðóõñàò этишлар

Áó ïàðàãðàôäà □àâî âà êàáåëли ЭУЛга эга бўлган òàқñèìëîâ÷è òàðìîқëàð кўðèá ÷èқèëàäè. Тақсимловчи электр тармоқларнинг ҳâîдаги ЭУЛлари îäàòäà 35 êВãà÷à êó÷ëàíèøëè áўëàäè. (Îõèðãè ïàéòëàðäà $U_н$=110êâ âà □àòòî 220êâ áўëãàí □àâîдаги ЭУЛлари òàқñèìëîâ÷è òàðìîқëàðда ïàéàî áўëäè). Òàқñèìëîâ÷è òàðìîқëàðäàãè кàáåëли ЭУЛëàðäà àñîñàí $U_н$=10 êВ ãà÷à, àéðèì □îëëàðäà ýñà 20, 35 êВ гача áўëàäè. Òàқñèìëîâ÷è òàðìîқëàð îäàòäà î÷èқ áўëàäè ¸êè î÷èқ □îëàòäà èøëàéäè. Áó òàðìîқëàð қóéèäàãè турëàðãà áўëèíäè:

- øà□ àð òàðìîқëàðè;
- қèøëîқ õўæàëèê òàðìîқëàðè;
- ñàíîàò òàðìîқëàðè.

Уëàðäà æóäà êàòòà ìèқäîðäà þêëàíèø ìàâæóä, óìóìèé óçóíëèãè âà óëàðäàãè ýëåêòð ýíåðãèÿñè èñðîôè æóäà êàòòàäèð. Áóíäàí òàøқàðè óëàðíèíã қóðèëèøèãà êÿï ìèқäîðäà ìåòàëë ñàðôëàíäè. $U_н$≤35êâ áўëãàí òàқñèìëîâ÷è òàðìîқëàðíè □ èñîáëàøäàги ðóõñàò этишлар қóéèäàãè÷à:

1) ЭУЛíèíã ñè□ èì ęóâàòè □ èñîáãà îëèíàéäè. Óíèíã ęèéìàòè (4.6) èôîäàäàí àíèęëàíàäè. Íîìèíäë êó÷ëàíèøè 110 êВ áўëãàí ЭУЛíèíã ñè□ èì ęóâàòи Q_{c110}= 3 ÌÂÀÐ ãà òåíã(4.2,à-ðàñì) .

$U_н$=6÷35 êВ áўëãàí ЭУЛëàð Uí=110êâ áўëãàí ëèíèўëàðäàí ęèñęàðîę áўëäè. 35êâ êó÷ëàíèøëè ЭУЛ учун (4.2,б-расм) Q_{c35} Q_{c110} га нисбатан 100-90 марта кичик бўлади:

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

Q_c íèíã ęèéìàòè ýúòèáîðãà îëèíàãàíäàãè ЭУЛнèíã ýêâèâàëåíò àëìàøòèðèø ñõåìàñè 4.2,â-ðàñìäà êåëòèðèëãàí. Áó ЭУЛнинг òўðò ęóòáëè сифатидаги òåíãëàìàñè ęóéèäàãè÷à áўëäàè:

$$U_1 = U_2 + \sqrt{3} * I_2 * Z_Л; \qquad U_1 = A * U_2 + B * I_2;$$

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

Áó åðäà U_1-ЭУЛ áîøëàíèøèäàãè êó÷ëàíèø, U_2-ЭУЛ îõèðèäàãè êó÷ëàíèø, I_1, I_2-ëèíèÿ áîøèäàãè âà ëèíèÿ_îõèðèäàãè òîêëàð, $Z_Л$-ЭУЛ ęàðøèëèãè $A, Â, Ñ, D$-òàęñèìîâ÷è òàðîîę ЭУЛñè ó÷óí òўðò ęóòáëëèê äîèìéëàðè. Þęîðèäàãè □îëàò ó÷óí: $A=1;\ Â=\sqrt{3}*Z_Л;\ Ñ=0;\ D=1;$

2) Êàáåëи ЭУЛíèíã ðåàêòèâ ęàðøèëèãè (õ) □èñîáãà îëèíàéäè.

ЭУЛíèíã èíäóêòèâ ęàðøèëèãè øó ЭУЛ ўòêàçãè÷ëàðèäàí òîê îęèá ўòãàíäà □îñèë áўëäèãàí ўçãàðóâ÷àí ìàãíèò ìàéäîíè áèëàí áåëãèëàíäè. Ўòêàçãè÷íèíã ñèìàðè áèð-áèðèãà ўęèí æîéëàøãàíëèãè âà øó ñèìàðäà ìàãíèò îęèì êàìëèãè ñàáàáëè êàáåëü ЭУЛíèíã ðåàêòèâ ęàðøèëèãè êè÷èê áўëäàè.

Êàáåëи ЭУЛíèíã ýêâèâàëåíò àëìàøòèðèø ñõåìàñè 4.2,ã-ðàñìäà êўðñàòèëãàí. Áó åðäà $r_ê$ -êàáåëи ЭУЛíèíã àêòèâ ęàðøèëèãè.

3) Òðàíñôîðìàòîðíèíã ïўëàò ўçàãèäàãè ęóâàò èñðîôè □èñîáãà îëèíàéäè. Òðàíñôîðìàòîðíèíã ýêâèâàëåíò àëìàøòèðèø ñõåìàñè 4.2,ä-ðàñìäà êўðñàòèëãàí. Áóíäà Z_T -òðàíñôîðìàòîð ęàðøèëèãè, U_p -

òðàíñôîðìàòîðíèíã þкîðè êó÷ëàíèøëè øèíàñèäàãè êó÷ëàíèø, U_n-òðàíñôîðìàòîðíèíã ïàñò êó÷ëàíèøëè øèíàñèäàãè êó÷ëàíèø.

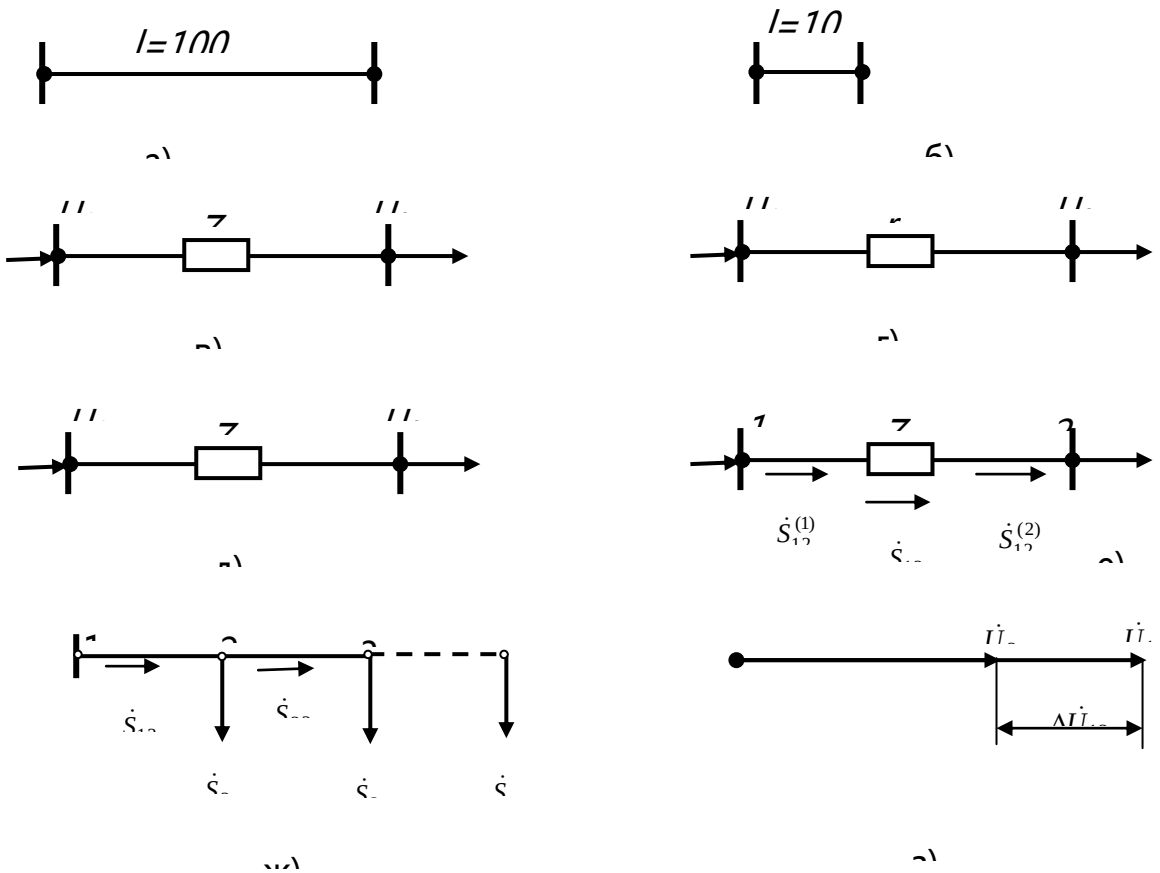
Áàð÷à òàðìîкëàðäà òðàíñôîðìàòîðíèíã ïўëàò ўçàãèäàãè кóââàò èñðîôè ôàкàòàãèíà àêòèâ кóââàò èñðîôè *ΔÐ* âà ýíåðãèў èñðîôè *ΔÀ* íè àíèкëàøäà □èñîáàà îëèíàäè.

4) Ó÷àñòêàëàðäàãè кóââàò îкèëàðèíè □èñîáëàøäà кóââàò èñðîôè □èñîáàà îëèíàéäè. (4.2,å-ðàñì). Áóíäà $S^{(o)}_{12}=S^{(б)}_{12}=S_{12}$;

Áó èôîäàà: $S^{(б)}_{12}$- ЭУЛ áîøланишèäàãè òўëà кóââàò; $S^{(o)}_{12}$- ЭУЛ оõèðèäàãè òўëà кóââàò. ЭУЛíèíã áîøëàí□è÷ ó÷àñòêàñèäàãè кóââàò (4.2,æ-ðàñì) кóéèäàãè иôîääàí àíèкëàíäè:

$$S_{12}=\sum_{K}^{n} S_K;$$

Áó åðäà *ê* - þêëàìàíèíã òàðòèá íîìåðè, *n* -þêëàìàлар сîнè.



4.2-расм. Тақсимловчи 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) Кó÷ëàíèø òóøóâèíèíã êÿíäàëàíã òàøêèë ýòóâ÷èñèíè δU ýúòèáîðãà оёèíìàéäè, ÿúíè òàðìîқíèíã àéðèì òóãóíëàðè îðàñèäà êó÷ëàíèøíèíã фаза бўйича силжиши ҳисобга олинмайди. Кучланишлар вектор диаграммаси 3.9,з-расмда келтирилган. Ҳисоблашларда кучланиш òóøóâèíèíã ôàқàòãèíà áўéëàìà òàøêèë ýòóâ÷èñè □èñîáãà îëèíàäè, áó ýñà êó÷ëàíèø исрофèãà òåíã:

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

6) Êó÷ëàíèø исрофèíè □èñîáëàø òàðìîқдаги êó÷ëàíèøнèíã □àқèқèé қèéìàòè áўéè÷à ýìàñ, áàëêè $U_н$ -áўéè÷à ìàäãà îøèðèëàäè:

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

Áó ðäà $Ð_{12}$- ëèíèÿ àêòèâ қóâàòè, Q_{12} -ëèíèÿ ðåàêòèâ қóâàòè, r_{12}- ëèíèÿ àêòèâ қàðøèëèãè, x_{12}- ëèíèÿ ðåàêòèâ қàðøèëèãè.

4.4. Òàқñèëîâ÷è ýëåêòð òàðìîқëàðäà êó÷ëàíèø исрофèíèíã ýíã êàòòà қèéìàòèíè àíèқëàø

4.3-ðàñìäà êåëòèðèëãàí òàқñèëîâ÷è ýëåêòð òàðìîқíèíã àëìàøòèðèø ñõåìàñèíè êÿðèá ÷èқàìèç.

Áó ñõåìàíè □èñîáëàøäà òóãóíëàðäàãè қóâàòò $S_к$, ЭУЛ áîøланишèäàãè êó÷ëàíèø U_1 âà ЭУЛ ó÷àñòêàëàðèäàãè қàðøèëèêëàð Z_{kj} áåðèëãàí. Áóíäà: $ê$-ЭУЛ ó÷àñòêàñè áîøèäàãè òóãóí íîìåðè, j-ó÷àñòêà îõèðèäàãè òóãóí íîìåðè.

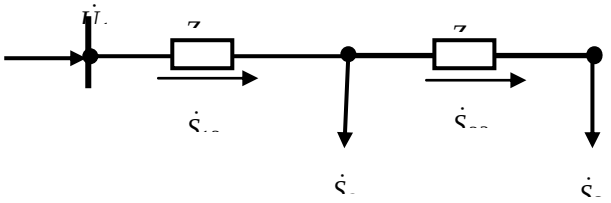
Òóãóíëàðäàãè êó÷ëàíèø âà ЭУЛ ó÷àñòêàëàðèäàãè қóâàòò îқèìíè (S_{kj}) àíèқëàниøи êåðàê. S_{kj} қóâàòò Êèðõãîôíèíã áèðèí÷è қîíóíè áўéè÷à àíèқëàíäè:

$$S_{23}=S_3; \qquad S_{12}=S_2+S_3; \tag{4.17}$$

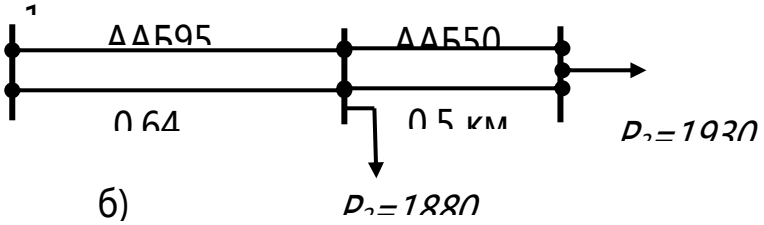
Áóíäà ЭУЛ ó÷àñòêàëàðèäàãè àêòèâ âà ðåàêòèâ қóâàòëàð қóéèäàãè÷à áўëäè:

$$P_{23}=P_3; \qquad P_{12}=P_2+P_3; \tag{4.18}$$

$$Q_{23}=Q_3\,; \qquad Q_{12}=Q_2+Q_3; \tag{4.19}$$



а)



б)

4.3-ðàñì. Òàқñèëîâ÷è òàðìîқ.

à-àëìàøòèðèø ñõåìàñè; á-êàáåëли электр узатиш линияси.

Òàúìèíëîâ÷è ìàíáà êó÷ëàíèøè âà ýíã êàì êó÷ëàíèøëè òóãóí êó÷ëàíèøëàðè îðàñèäàãè ôàðқ êó÷ëàíèø исрофиíèíã ýíã êàòòà қèéìàòè äåéèëääè. 4.3-ðàñìääãè òàðìîқ ó÷óí $\Delta U_{э.кат} = U_1 - U_3$.

Óìóìèé хîëäà êó÷ëàíèø исрофèíèíã ýíã êàòòà қèéìàòè қóéèääãè÷à àíèқëàíäè:

$$\Delta U_{э.кат}=\sum \Delta U_{êj}; \tag{4.20}$$

Áó èôîääда $\Delta U_{êj}$-ЭУЛ ó÷àñòêàñèääãè êó÷ëàíèø исрофè; m – ЭУЛääãè ó÷àñòêàëàð ñîíè; Шунингдек бу катталик қóéèääãè÷à èñîáëàíèøè ìàì ìóìêèí:

$$\Delta U_{ý.êam}=\sum(Ð_{êj}r_{êj}+Q_{êj}x_{êj})/U_i; \tag{4.21}$$

Áó åðäà: r_{kj} -ЭУЛ ó÷àñòêàñèнинг àêòèâ қàðøèëèги, $x_{êj}$- ЭУЛ ó÷àñòêàсининг ðåàêòèâ қàðøèëèãè, $Ð_{êj}$, $Q_{êj}$-ЭУЛ ó÷àñòêàëàðèääãè àêòèâ âà ðåàêòèâ қóââàò оқимлари.

Àãàð ЭУЛääãè қóââàò îқèìëàðèíè þêëàìà қóââàòëàðè îðқàëè èôîääëàñàê, (3.61) èôîääíè ñîääàðîқ êÿðèíèøäà ¸çèø ìóìêèí áÿëääè, ÿúíè 3.10,à-ðàñìääãè ñõåìà ó÷óí қóéèääãè÷à ¸çèø ìóìêèí:

$$\Delta U_{ý.êam}=\frac{P_{12}r_{12}+Q_{12}x_{12}}{U_н}+\frac{P_{23}r_{23}+Q_{23}x_{23}}{U_н}; \tag{4.22}$$

Áó èôîäàíè (4.17)-(4.19)-ëàðíè □èñîáàà îëèá âà ęóéèäàãè áåëãèëàøëàðíè êèðèòèá, áîøęà øàêëäà ¸çèø ìóìêèí:

$$r_2 = r_{12}; \tag{4.23}$$

$$r_3 = r_{12} + r_{23}; \tag{4.24}$$

$$x_2 = x_{12}; \tag{4.25}$$

$$x_3 = x_{12} + x_{23}; \tag{4.26}$$

(4.18)-(4.19)-èôîäàëàðíè (4.22)-ãà ęÿÿìèç:

$$\Delta U_{э.кат} = \frac{(P_2 + P_3)r_2 + (Q_2 + Q_3)x_2}{U_н} + \frac{P_3(r_3 - r_2) + Q_3(x_3 - x_2)}{U_н}$$

ëêè

$$\Delta U_{ý.êam} = \frac{P_2 r_2 + Q_2 x_2}{U_н} + \frac{P_3 r_3 + Q_3 x_3}{U_н} = \frac{\sum_{к=2}^{n}(P_к r_к + Q_к x_к)}{U_н}$$

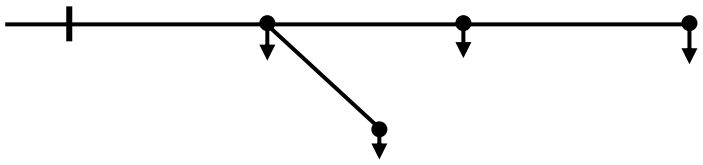
Áó åðäà: P_k, Q_k - k-í÷è òóãóíäàãè þêëàìà ęóâàòè; $r_ê, x_ê$ - 1 âà $ê$ - òóãóíëàð îðàëè□ èäàãè àêòèâ âà ðåàêòâęàðøèëèêëàð, n - òóãóíëàð ñîíè.

Àãàð, ÿòêàçãè÷íèíã êÿíäàëàíã êåñèì þçàñè $F_{êj}$ ЭУЛíèíã □àìà ó÷àñòêàëàðèäà áèð õèë áÿëñà, ó □îëàà:

$$\Delta U_{ý.êam} = \frac{1}{U_к}\left(r_0 \sum_{к=2}^{n} P_к L_к + x_0 \sum_{к=2}^{n} Q_к L_к\right); \tag{4.29}$$

Áóíäà $L_ê$ - 1 âà $ê$ - òóãóíëàð îðàëè□ èäàãè ìàñîôà.

Áèð íå÷òà øoxîá÷äàáí èáîðàò áÿëãàí òàðìîęäà êó÷ëàíèø исрофиíèíã ýíã êàòòà ęèéìàòè ęàíäàé àíèęëàíèøèíè êÿðèá ÷èęàìèç (4.4-ðàñì).



4.4-расм. Тармоқланган очиқ электр тармоқ.

Áóíèíã ó÷óí ΔU_{13}, ΔU_{15} -êó÷ëàíèø исрофëàðèíè àíèęëàéèç:

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

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

Àãàð $\Delta U_{24} + \Delta U_{45} > \Delta U_{23}$, áÿëñà, ó □îëàà ΔU_{15} êó÷ëàíèø éÿęîëèøèíèíã ýíã êàòòà ęèéìàòè áÿëàäè.

Ìèñîë-4.1. Êàáåëи ЭУЛдан иборат бўлган 10 êВ êó÷ëàíèøëè ýëåêòð òàðìîõ è áåðèëãàí (4.3,á-ðàñì). Þêëàìàíèíã қóââàò êîýôôèöèåíòè ñîs□=0,96. Òàðìîқäàãè êó÷ëàíèø исрофиíèíã ýíã êàòòà қèéìàòèíè àíèқëàø талаб этилади. Қўлланмаäàí êàáåëи ЭУЛлар ó÷óí ñîëèøòèðìà êàòòàëèêëàðíè òîïàìèç:

ААБ95: *r = 0.326 Ом/км; x_0 = 0.083 Ом/км*,

ААБ50: *r = 0.62 Ом/км; x_0 =0,09 Ом/км*,

ЭУЛíèíã àêòèâ âà ðåàêòèâ қàðøèëèêëàðíè àíèқëàéìèç:

r_{12}= 0,5*0,326*0,64 = 0,104 Îì;

x_{12}= 0,5*0,083*0,64 = 0,027 Îì;

r_{23}= 0,5*0,62*0,5 = 0,155 Îì;

x_{23}= 0,5*0,09*0,5 = 0,022 Îì;

Êèðõãîôíèíã áèðèí÷è қîíóíè áўéè÷à ЭУЛäà óçàòèëà¸òãàí àêòèâ қóââàòëàðíè àíèқëàéìèç:

$Ð_{12}$= $Ð_2$ + $Ð_3$ = 1880 + 1930 = 3810 êÂò;

$Ð_{23}$= $Ð_3$ = 1930 êÂò;

 èñîáëàíãàí àêòèâ қóââàòëàð âà қóââàò êîýôôèöèåíòè îðқàëè ЭУЛ ó÷àсêàëàðèäàãè ðåàêòèâ қóââàòëàðíè àíèқëàéìèç:

*Q_{12}= $Ð_{12}$ $tg\varphi$ = 3810 * 0.292 = 1113 êВАР;*

*Q_{23}= $Ð_{23}$ $tg\varphi$ = 1930 * 0.292 = 564 êВАР;*

23 âà 12 ëèíèÿëàðäàãè êó÷ëàíèø исрофè:

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

$$\Delta U_{12}=\frac{(1880+1930)*0,104+(1113+564)*0,027}{10}=44.2\ \ В.$$

Òàðìîқäàãè êó÷ëàíèø исрофèíèíã ýíã êàòòà қèéìàòè:

$$\Delta U_{э.кат}=\Delta U_{12}+\Delta U_{23} = 31,2 + 44,2 =75,4\ В$$

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

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 тамоқларда қувват оқимларини исрофни эътиборга олмасдан ҳисоблаш.
3. Икки томондан таъминланувчи тармоқларда қувват оқимларини исрофни эътиборга олиб ҳисоблаш.
4. Икки томндан таъминланувчи тармоқларда кучланишнинг тақсимланишини ҳисоблаш.

Таянч иборалар: очиқ 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).

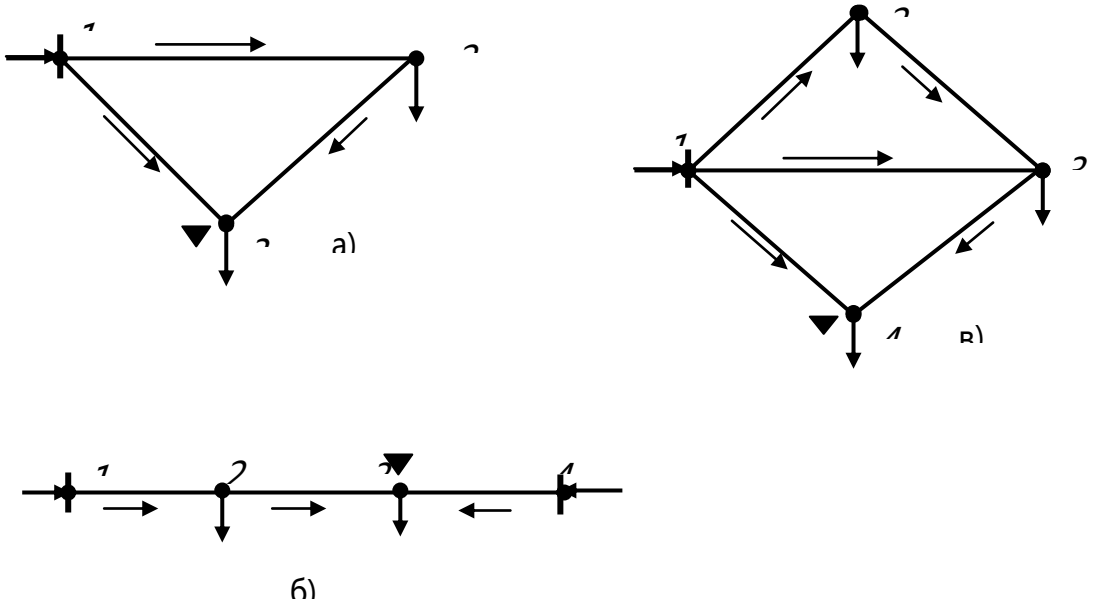
5.1 Ñîäàà ¸ïèқ ýëåêòð òàðìîқëàðèàà êó÷ëàíèø âà қóâàòò îқèìëàðèíèíã òàқñèìëàíèøè.

Þкîðèàà î÷èқ òàðìîқëàð □îëàòëàðèíè êўðèá ўòãàí áўëñàê, ýíäè ëïèқ ýëåêòð òàðìîқëàðè □îëàòèíè êўðèá ÷èқàìèç. Î÷èқ ýëåêòð òàðìîқëàðèàà □àììà тугуíëàð

ôàқàò áèòòà øà□îá÷àäàí òàúìèíëàíàäè. Бундай очиқ тамоқлар шаҳобчаланган ёки шаҳобчаланмаган бўлиши мумкин.

Ñîäàà ¸ïèқ ýëåêòð òàðìîқëàðèäà èêêèòà øà□îá÷àäàí қóâàò èñòåúìîë қèëàäèãàí òóãóíëàð áîð, ëåêèí óíäàí îðòèқ øà□îá÷àäàí қóâàò èñòåúìîë қèëàäèãàí òóãóíëàð éўқ. (5.1,à,á-ðàñì). Ñîäàà ¸ïèқ ýëåêòð òàðìî□ è ôàқàò áèòòà êîíòóðãà ýãà.

Àéëàíìà (халқасимон) ýëåêòð òàðìî□ è ñîäàà ¸ïèқ ýëåêòð òàðìî□ èíèíã õóñóñèé êўðèíèøè □èñîáëàíàäè. (5.1,à-ðàñì). Ó áèòòà ¸ïèқ êîíòóðäàí èáîðàò. Òàúìèíëîâ÷è ìàíáà ñèôàòèäà ýëåêòð ñòàíöèÿëàðäàí ¸êè ñèñòåìàäàãè ýëåêòð ñòàíöèÿñèãà óëàíãàí нимñòàíöèÿëàð øèíàëàðèäàí ôîéäàëàíèëäè. 5.1,à-ðàñìäàãè ¸ïèқ ýëåêòð òàðìî□ èíè 5.1,á-ðàñìäàãèäâê èêêè òîìîíäàí òàúìèíëàíóâ÷è òàðìîқ êўðèíèøèäà òàñâèðëàø ìóìêèí.



5.1-ðàñì.Ñîäàà ¸ïèқ òàðìîқëàð.

à - y÷áóð÷àê øàêëèäàãè ñîäàà ¸ïèқ òàðìîқ; á - èêêè òîìîíäàí òàúìèíëàíóâ÷è òàðìîқ; â – ìóðàêêàá ëпиқ òàðìîқ.

□àқèқàòäàí □àì 1-òóãóííè èêêèãà áўëñàê âà áó òóãóíëàðíè 1 âà 4 äåá áåëãèëàñàê, ó □îëàà 5.1,à-ðàñìäàãè ¸ïèқ ýëåêòð òàðìîқäàí 5.1,á-ðàñìäàãè èêêè òîìîíäàí òàúìèíëàíóâ÷è ëèíèÿ □îñèë áўëäàè.

Ìóðàккàá ¸ïèқ ýëåêòð òàðìқëàðèäà ó÷òà âà óíäàí îðòèқ øà□ îá÷àëàðíè áèðëàøòèðóâ÷è òóãóíëàð ìàâæóä (5.1,â-ðàñì). Áóíäàé òàðìîқëàð èêêè ¸êè óíäàí îðòèқ êîíòóðäàí èáîðàò áўëàäè.

Ìóðàêêàá ýëåêòð òàðìîқëàðèíèíã àôçàëëèãè øóíäàêè, óëàðäà èñòåúìîë÷èëàðíè òàúìèíëàøäà èøîí÷ëèëèê äàðàæàñè êàòòà âà қóââàò èñðîôè êàì áўëäàè, êàì÷èëèãè ýñà - ôîéäàëàíèøäà ìóðàêêàá âà қўøèì÷à ëèíèўëàð □ èñîáèãà òàðìîқ қóðèëèøè қèìàòãà òóøäàè. ¨ïèқ ýëåêòð òàðìîқëàð □ îëàòèíè □ èñîáëàø î÷èқ òàðìîқ □ îëàòèíè □ èñîáëàøäàí қèéèíðîқ áўëäàè.

Ñîäàà ¸ïèқ ýëåêòð òàðìîқëàðèäà қóââàò èñðîôèíè □ èñîáãà îëìàãàí □ îëäà қóââàò îқèìëàðèíèíã òàқñèìëàíèøè. Ñîäàà ¸ïèқ ýëåêòð òàðìî□ èíè èккè òîìîíëàìà òàúìèíëàíóâ÷è электр узатиш линияси (линия) êўðèíèøèäà òàñâèðëàéìèç (5.2,à-ðàñì) âà óíèíã □ àð õèë □ îëàòëàðèíè ўриб ўтаìèç.

Ëèíèў ó÷ëàðèãà áèð õèë êó÷ëàíèø áåðèëãàí, $U_1 = U_4$. S_2, S_3 -þêëàìà қóââàòëàðè, Z_{rj} -ëèíèў ó÷àñòêàëàðè қàðøèëèêëàðè ìàúëóì. Áó åðäà *ê* âà *j* -ëèíèў ó÷àñòêàëàðèíèíã áîøланишëäàãè âà îõèðäàãè òóãóíëàð.

Қóéèäàãè ðóõñàò ýòèëèøëàðíè қàáóë қèëàìèç:

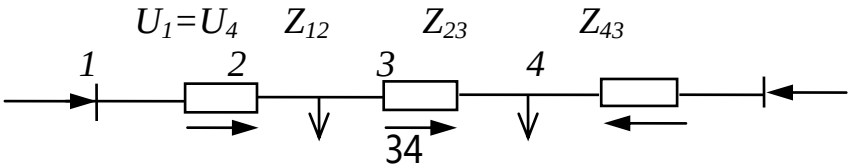
à) $S_{êj}$ қóââàò îқèìëàðèíè □ èñîáëàøäà $\Delta S_{êj}$ қóââàò èñðîôëàðèíè □ èñîáãà îëìàéìèç;

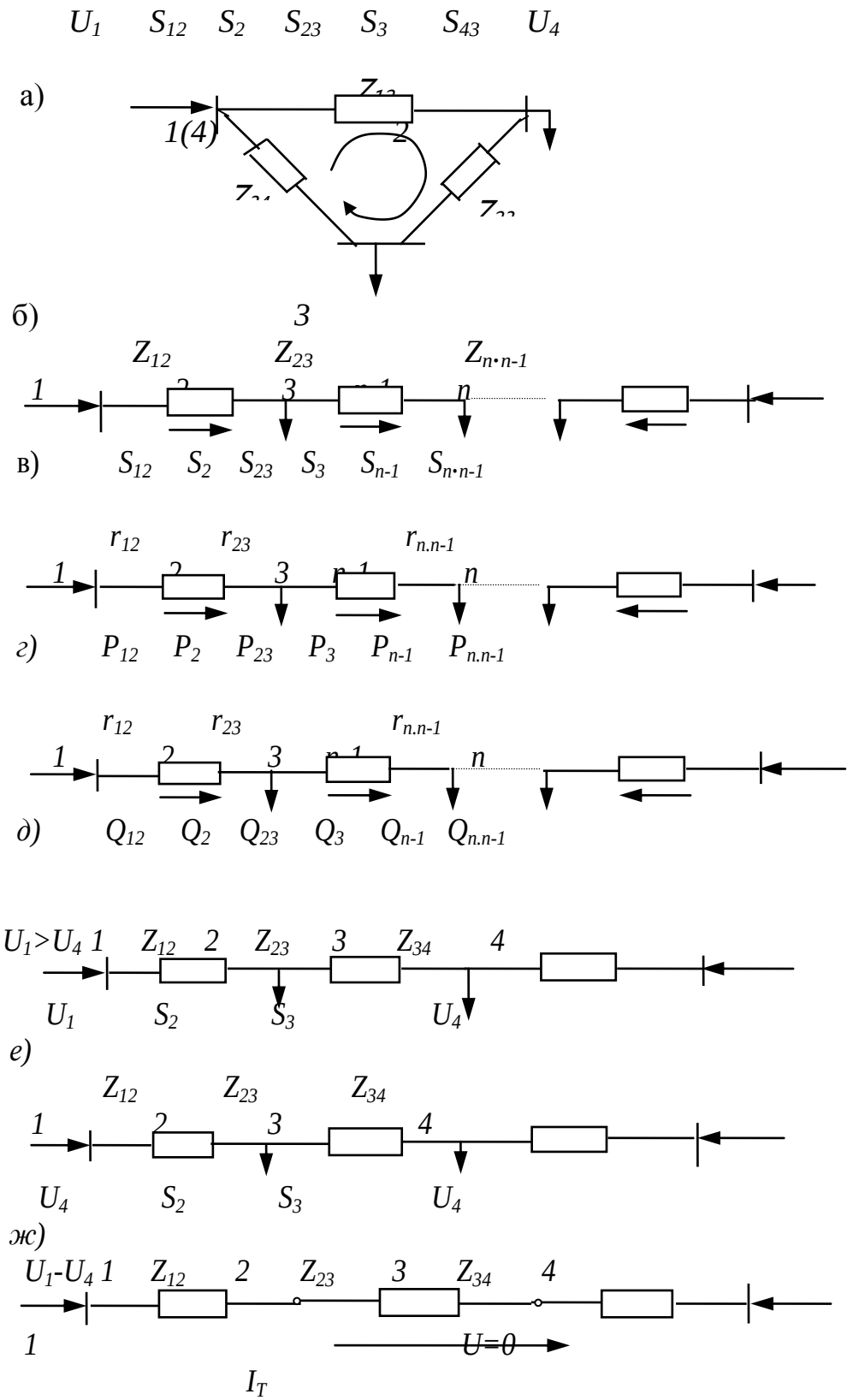
á) y÷àñòêàëàðäà îқóâ÷è òîêëàð íîìèíàë êó÷ëàíèø áўéè÷à □ èñîáëàíäàè: $I_{êj}=S_{êj}/(\sqrt{3}U_н)$;

â) нимñòàíöèўëàð þêëàìàëàðèíèíã □ èñîáèéқóââàòëàðäàí ôîéäàëàíàìèç.

Ìàíáúàëàðääãè êó÷ëàíèøëàð òåíã áўëãàíè ó÷ói Êèðõãîôíèíã èêêèí÷è қîíóíè áўéè÷à қóéääãèíè ¸çèø ìóìêèí:

$$\frac{\hat{S}_{12}}{\sqrt{3}U_H} Z_{12} + \frac{\hat{S}_{23}}{\sqrt{3}U_H} Z_{23} - \frac{\hat{S}_{43}}{\sqrt{3}U_H} Z_{43} = 0.$$





5.2-ðàñì. Èêêè òîìîíëàìà òàúìèíëàíóâ÷è линияда қувват îқèìëàðèíèнг қувват исрофини ҳисобга олинмасдан òàқñèìëàíèø.

à - òÿðò òóãóíëè ëèíèÿíèíã àëìàøòèðèø ñõåìàñè; á – Кирхгофнинг иккинчи қонунини иллюстрациялаш; â – n та тугунли линия; ã, д - áèð æèíñëè ëèíèÿäà Ð âà Q-ëàðíèíã òàкñèìëàíèøè; е - $U_1>U_4$ áÿëãàíäà òÿðò òóãóíëè ëèíèÿ; æ, з - å-ðàñìдаги линияни ýêâèâàëåíò êÿðèíèøè.

Áó èôîäàäãàè àìà êîìïëåêñ êàòòàëèêëàðíè óëàðíèíã кÿøìàñèãà àëìàøòèðñàê, кóéèäãàè òåíãëàìà îñèë áÿëäàè:

$$\frac{\dot{S}_{12}}{\sqrt{3}U_H}\hat{Z}_{12} + \frac{\dot{S}_{23}}{\sqrt{3}U_H}\hat{Z}_{23} - \frac{\dot{S}_{43}}{\sqrt{3}U_H}\hat{Z}_{43} = 0; \qquad (5.1)$$

Қóâàò èñðîòè èñîáãà îëèíìàãàíëèãè ñàáàáëè 2 âà 3 òóãóíëàð ó÷óí Êèðõãîôíèíã áèðèí÷è қîíóíèни қóéèäãè÷à ¸çèø ìóìêèí:

$$S_{23} = S_{12} - S_2; \qquad (5.2)$$

$$S_{43} = S_3 - S_{23} = - S_{12} + S_2 + S_3; \qquad (5.3)$$

(5.2) âà (5.3) èôîäàëàðíè (5.1) òåíãëàìàãà қÿéèá, áèòòà íîìàúëóìëè òåíãëàìà îñèëкèëàìèç:

$$\frac{\dot{S}_{12}}{U_H}\hat{Z}_{12} + \frac{\dot{S}_{12} - \dot{S}_2}{U_H}\hat{Z}_{23} - \frac{-\dot{S}_{12} + \dot{S}_2 + \dot{S}_3}{U_H}\hat{Z}_{34} = 0;$$

Бундан S_{12} - қувват оқимини топамиз

$$\dot{S}_{12} = \frac{\dot{S}_2(\hat{Z}_{23} + \hat{Z}_{34}) + \dot{S}_3\hat{Z}_{34}}{\hat{Z}_{23} + \hat{Z}_{23} + \hat{Z}_{34}} = \frac{\dot{S}_2\hat{Z}_{24} + \dot{S}_3\hat{Z}_{34}}{\hat{Z}_{14}} = \frac{\sum_{\kappa=2}^{3}\dot{S}_k\hat{Z}_{k4}}{\hat{Z}_{14}}; \qquad (5.4)$$

Бунда $\hat{Z}_{24} = \hat{Z}_{23} + \hat{Z}_{34}$;

Øó éÿë áèëàí S_{34} қóâàò îкèìèíè ó÷óí àì қóéèäãàè èôîäàíè êåëòèðèá ÷èкàðèø ìóìêèí:

$$\dot{S}_{43} = \frac{\sum_{k=2}^{3}\dot{S}_k\hat{Z}_{1k}}{\hat{Z}_{14}} . \qquad (5.5)$$

Áó åðäà $\hat{Z}_{13} = \hat{Z}_{12} + \hat{Z}_{23}$.

S_{23} қóâàò îкèìèíèíã кèéìàòèíè Êèðõãîôíèíã áèðèí÷è қîíóíè àñîñèäà (5.2) èôîäàäàí òîïèø ìóìêèí.

n-òà òóãóíãà ýãà áÿëãàí ëèíèÿíè êÿðèá ÷èкàìèç (5.2,â-ðàñì). Ëèíèÿíèíã áîøëàíõ è÷ ó÷àñòèàëàðèäãèкóâàò îкèìëàðè қóéèäãè÷à àíèкëàíäè:

$$\dot{S}_{12} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1}\dot{S}_k\hat{Z}_{kn}}{\hat{Z}_{1n}}; \qquad (5.6)$$

$$\dot{S}_{n,n-1} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1} \dot{S}_k \hat{Z}_{1k}}{\hat{Z}_{1n}}; \qquad (5.7)$$

Þêëàìà òîêëàðè $\dot{I}_k$ ìàúëóì áÿëñà, ëèíèÿíèíã áîøëàí è÷ ó÷àñòêàëàðèäàãè òîêëàðíè àì (5.6) âà (5.7) èôîäàëàðäàãèäåê àíèқëàø ìóìêèí:

$$\dot{I}_{12} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1} \dot{I}_k \hat{Z}_{kn}}{\hat{Z}_{1n}}; \qquad (5.8)$$

$$\dot{I}_{n,n-1} = \frac{\sum_{k=2}^{n-1} \dot{I}_k \hat{Z}_{1k}}{\hat{Z}_{1n}}; \qquad (5.9)$$

Áèð æèíñëè òàðìîқ àëìàøòèðèø ñõåìàñèíèíã àìà øà îá÷àëàðèäà àêòèâ âà ðåàêòèâ қàðøèëèêëàðè íèñáàòëàðè áèð õèë áÿëàäè:

$$x_{kj} / r_{kj} = x/r = const. \qquad (5.10)$$

Øóíèíã ó÷óí (5.6) áèð æèíñëè ýëåêòð òàðìî è ó÷óíқóéèäàãè÷à ¸çèø ìóìêèí:

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

$$= \frac{\sum_{k=2}^{n-1} (P_k + jQ_k) r_{kn}}{r_{1n}};$$

ëêè:

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

Õóäàè øóíààé (5.7) èôîäàíè àì áèð æèíñëè ýëåêòð òàðìî è ó÷óí қóéèäàãè÷à ¸çèø ìóìêèí:

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

 àìà ó÷àñòêàëàðíèíã ñîëèøòèðìà àêòèâ âà ðåàêòèâ (r_0, x_0) қàðøèëèêëàðè àìàà êåñèì þçàëàðè áèð õèë áÿëãàí ÿòêàçàè÷ëàðäàí òàé¸ðëàíãàí áèð æèíñëè

ýëåêòð òàðìîõ è ó÷óíęóâàò îęèëàðèíè ó÷àñòêàëàð óçóíëèêëàðè áÿéè÷à òîïèø ìóìêèí, ÷óíêè àð áèð øà îá÷àíèíęàðøèëèêëàðè ęóéèäàãè÷à:

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

Áóòóí ëèíèÿ áÿéè÷à ÿòêàçè÷ëàðíèíã êåñèì þçàñè áèð õèë áÿëãàíäà (5.7) âà (5.8) èôîäàëàðíè ęóéèäàãè÷à ¸çèø ìóìêèí:

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

Áó åðäà: l_{kn}, 1_{1n}, 1_{1k} - ìîñ îëàà k ва n, 1 ва k, 1 ва k òóãóíëàð îðàñèäàãè ó÷àñòêàëàð óçóíëèêëàðè.

Êåëòèðèá ÷èęàðèëãàí áó èôîäàëàðäàí êÿðèíèá òóðèáäèêè, áèð æèíñëè ýëåêòð òàðìîõ è ó÷àñòêàëàðèäà àêòèâ âà ðåàêòèâ ęóââàòëàð òàęñèìëàíèøè áèð-áèðèãà áîõ ëęę ýìàñ. Áóíäàé òàðìîęëàðäà P âà Q ëàðíèíã òàęñèìëàíèøèíè ñîäàëàøòèðèëàäè. Áèòòàñè ôàęàò àêòèâ þêëàìà áèëàí, èęèí÷èñè ýñà ôàęàò ðåàêòèâ þêëàìà áèëàí þêëàíòèðèëãàí, èêêèòà áèð - áèðèãà áîõ ëęę áÿëìàãàí òàðìîę êÿðèíèøèäà èñîáëàíàäè (5.2,ãâà 5.2,ä-ðàñìàð). Óëàðíèíã àð áèðè ó÷óí 5.2,ã-ðàñìäàãè ñõåì áÿéè÷à àêòèâ ęóââàò òàęñèìëàíèøè, 5.2,ä-ðàñìäàãè ñõåì áÿéè÷à ðåàêòèâ ęóââàò òàęñèìëàíèøè àíęëàíäè. Òàðìîęíèíã ó÷àñòêàëàðèäàãè òÿëà ęóââàòëàð øó ó÷àñòêàëàðäàí îęèá ÿòà¸òãàí àêòèâ âà ðåàêòèâ ęóââàòëàð éè èíäèñè êÿðèíèøèäà àíęëàíäè (5.2,â-ðàñì). Áóíäàé óñóë èñîáëàø èø àæèíè êàìàéòèðäàè.

Øóíãà ýúòèáîð ęèëèø êåðàêè, òàðìîęíèíã àììà ó÷àñòêàëàðèäà ÿòêàçè÷ëàð êåñèì þçàñèíèíã òåíãëèãè òàðìîęíèíã áèð æèíñëè äåá èñîáëàíèøèãà àñîñ áÿëà îëìàéäè. Áóíèíã ó÷óí ÿíà òàðìîęíèíã àììà ó÷àñòêàëàðèíèíã ñîëèøòèðìà àêòèâ âà ðåàêòèâ ęàðøèëèêëàðè àì áèð õèë áÿëèøè êåðàê.

Òàðìîęíèíã áèð ęèñìè àâî ëèíèÿñèäàí, ęîëãàí ęèñìè êàáåëü ëèíèÿñèäàí èáîðàò áÿëñà, ÿòêàçè÷ëàðíèíã êåñèì þçàñè áèð õèë âà áèð õèë ìåòàëäàí òàé¸ðëàíãàí

áÿëñà □ àì áó òàðîù áèð æèíñëè áÿëà îëìàéäè. Àãàð òàðîùíèíã □ àð õèë ó÷àñòêàëàðèäà ÿòêàçãè÷ëàð îðàñèäàãè ÿðòà÷à ãåîìåòðèê ìàñîôà áèð õèë áÿëìàñà, áóòóí óçóíëèãè áÿéëàá áèð õèë ÿòêàçãè÷äàí òàé¸ðëàíãàí òàðîùíè □ àì áèð æèíñëè áÿëìàéäè. Áó èêêàëà □îëäà □ àì ëèíèÿ ó÷àñòêàëàðèäàãè ñîëèøòèðìà àêòèâ ęàðøèëèêëàðè òåíã áÿëñà □ àì ñîëèøòèðìà ðåàêòèâ ęàðøèëèêëàðè òåíã áÿëìàéäè.

□ àð õèë ó÷àñòêàëàðäà ÿòêàçãè÷ëàð êåñèì þçàëàðè âà óëàðíèíã ÿçàðî æîéëàøóâè òóðëè÷à áÿëãàí тармоқларни ñóíúèé óñóëëàð ¸ðäàìèäà áèð æèíñëè ęèëèø ìóìêèí. Áóíãà òàðîùíèíã àéðèì ó÷àñòêàëàðèãà êîíäåíñàòîðíè êåòìà-êåò óëàø ¸ðäàìèäà ýðèøèø ìóìêèí. Êîíäåíñàòîðíèíã ęàðøèëèãè øóíäàé òàíëàíèøè êåðàêè, áóíäà òàðîùíèíã àéðèì ó÷àñòêàëàðèäàãè àêòèâ âà ðåàêòèâ ęàðøèëèêëàðè íèñáàòëàðè áèð õèë áÿëñèí. Àéðèì □ îëèðäà áóíèíã íàòèæàñèäà òàðîùíęäàãè ęóââàò âà ýíåðãèÿ èñðîôëàðèíè êàìàéòèðèá, èñòåúîë÷èäàãè êó÷ëàíèø □ îëàòè ÿõøèëàнаäè.

Ëèíèÿíèíã ó÷ëàðèäà □ àð õèë êó÷ëàíèø áåðèëãàí, ìàñàëàí $U_1 > U_4$ (5.2,å-ðàñì). Юêëàìà ęóââàòëàðè $\dot{S}_1$, $\dot{S}_2$ ва ëèíèÿ ó÷àñòêàëàðèíèã ęàðøèëèêëàðè Z_{kj} маълум. S_{kj} ęóââàò îęèëàðèíè òîïèø êåðàê.

Ýëåêòðîòåõíèêàíèíã íàçàðèé àñîñëàðè êóðñèäàí ìàúëóì áÿëãàí óñòìà - óñò ęÿéèø óñóëèäàí ôîéäàëàíèá 5.2,å-ðàñìäàãè ëèíèÿíè 5.2,æ âà 5.2,ç-ðàñìëàðäàãè èêêèòà ëèíèÿ áèëàí àëìàøòèðèø ìóìêèí. Ëèíèÿíèíã áîøëàí□ è÷ □ îëàòëäàãęóââàò îęèëàðèíè ýñà □ îñèë áÿëãàí èkkèòà ëèíèÿíèíã ęóââàò îęèëàðè éè□ èíäèñè êÿðèíèøèäà àíèęëàø ìóìêèí. 5.2,æ-ðàñìäàãè ó÷ëàðèäàãè êó÷ëàíèøè áèð õèë áÿëãàí ëèíèÿíèíã ęóââàò îęèëàðè (5.4) âà (5.5) èôîäàëàðäàí àíèęëàíäè. 5.2,ç-ðàñìäàãè ëèíèÿäà êàòòà êó÷ëàíèøëè таъминлаш манбасидан êè÷èê êó÷ëàíèøëè таъминлаш манбасига томон I_T òåíãëàøòèðóâ÷è òîê âà S_T òåíãëàøòèðóâ÷è ęóââàò îęäè:

$$\left.\begin{aligned} \dot{I}_T &= \frac{\dot{U}_1 - \dot{U}_4}{\sqrt{3}Z_{14}}; \\ \dot{S}_T &= \sqrt{3}\hat{I}_T U_H = \frac{\dot{U}_1 - \dot{U}_4}{\dot{Z}_{14}} U_H; \end{aligned}\right\}. \qquad (5.12)$$

(5.4), (5.5) âà (5.12) èôîäàëàðäàí àíèқëàíãàí қóââàò îқèìëàðè ¸ðäàìèäà 5.2,å-ðàñìäàãè èккè òîìîíäàí òàúìèíëàíóâ÷è ëèíèÿдаги қóââàò îқèìëàðèíè àíèқëàø ìóìêèí:

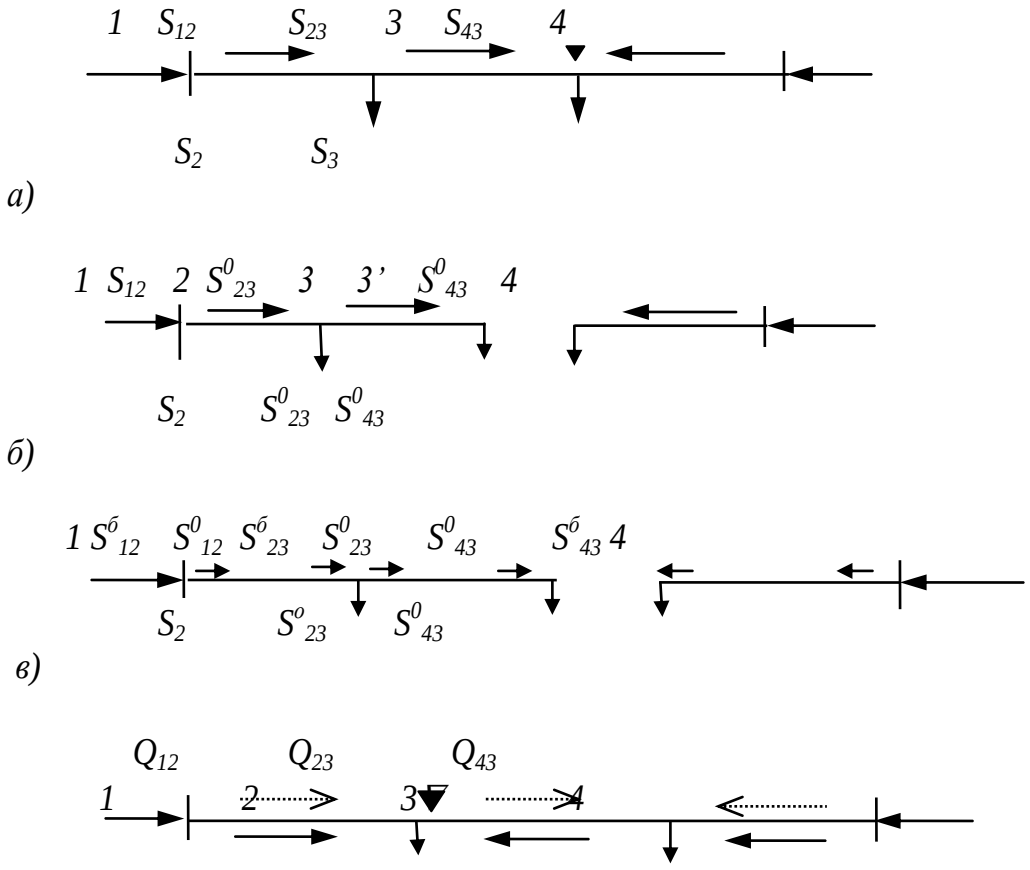
$$S_{12}=\frac{\sum_{k=2}^{3}\dot{S}_k\,\hat{Z}_{k4}}{\hat{Z}_{14}}+S_T \qquad (5.13)$$

$$S_{43}=\frac{\sum_{k=2}^{3}\dot{S}_k\,\hat{Z}_{k1}}{\hat{Z}_{14}}-S_T\ . \qquad (5.14)$$

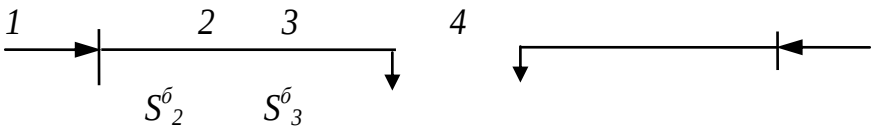
ΔSêj қóââàò èñðîôè қóéèäàãè÷à àíèқëàíäàë:

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

Ñîäàà ¸ïèқ òàðìîқëàðäà қóââàò îқèìèíèíã òàқñèìëàíèøèíè қóââàò èñðîôèíè □ èñîáãà ïëãàí □ îëäà àíèқëàø. Ñîäàà ¸ïèқ òàðìîқäàí □ îñèë қèëèíãàí 5.3,à-ðàñìäàãè èккè òîìîíëàìà òàúìèíëàíóâ÷è ëèíèÿíè êÿðèá ÷èқàìèç. Îëäèí (5.4), (5.5), (5.2) èôîäàëàð ¸ðäàìèäà қóââàò èñðîôèäàðèíè □ èñîáãà îëìàãàí □ îëäà S_{12}, S_{23}, S_{43} қóââàò îқèìëàðèíè àíèқëàéìèç. Фараз қилайлик, қувват оқимининг бўлиниш нуқтаси íóқòàñè *3* òóãóí. Унда линияни 5.3,á-ðàñìäàãèäâê *3* òóãóíèäàí èêêèãà àæðàòàìèç ва пайдо бўлган 13 □ àìäà 43 ëèíèÿëàðäàãè қóââàò îқèìëàðèíè î÷èқ òàðìîқëàð □ îëàòèíè □ èñîáëàганäàãèäâê □ èñîáëàéìèç.



г)



д)

5.3-ðàñì. ¨ïèк ýëåêòð òàðìî□ èäàкóâàò èñðîôèíè □ èñîáãà îëãàí □ îëäàкóâàò окèìèàðèíèíã òàкñèìèàíèøè:

à - òàðìîкíèíã áîøëàí□ è÷ êýðèíèøè; á - òàðìîкíè èêêèòà ëèíèÿ êýðèíèøëäà òàñâèðëàíèøè; â - кóâàò èñðîôèàðèíè □ èñîáãà îëãàí □ îëäà ëèíèÿäàãè кóâàò îкèìèàðèíè □ èñîáëàøäà èøëàòèëäèãàí áåëãèëàøëàð;

ã - àêòèâ âà ðåàêòèâ кóâàò îкèìèàðèíèíã áÿëèíèø íóкòàñè ìîñ êåëìàãàí □ îëäà òàðìîкíèíã òàñâèðëàíèøè; ä - кóâàò îкèìèàðè ìîñ êåëìàãàí □ îëäà òàðìîкíèíã àæðàòèëèøè.

23 ó÷àñòèäàãè àêòèâ кóâàò èñðîôè:

$$\Delta Ð_{23} = \frac{\left(S^0_{23}\right)^2}{U^2_н} r_{23};$$

påàêòèâ кóâàò èñðîôè:

$$\Delta Q_{23} = \frac{\left(S^0_{23}\right)^2}{U^2_н} x_{23};$$

тўëà кóâàò èñðîôè:

$$\Delta S_{23} = \boxed{} \ .$$

23 ó÷àñòèàíèíã áîøëàãàè S^0_{23} êóâàò îêèìèíè àíèêëàéìèç (5.3,â-ðàñì):

$$\dot{S}^б_{23} = \dot{S}^o_{23} + \Delta\dot{S}_{23} \ .$$

12 ó÷àñòèäàãè кóâàò îкèìè î÷èк òàðìîкларни хисоблашдаги каби □ èñîáëàíàäè (Икки этапли усулнинг 1-ýòàïи каби).

Шундай холат бўлиши мумкинки, халқасимон тармоқ холатини хисоблашнинг 1-ýòàïëäàí êåéèí èêêèòà кóâàò îкèìèíèíã áÿëèíèø íóкòàñè ïàéäî áÿëèøè ìóìêèí: áèðèí÷èñè - àêòèâ кóâàò ó÷óí, èêêèí÷èñè - ðåàêòèâ кóâàò ó÷óí. Áóíäàé □ îëàò 5.3,ã- ðàñìäà êÿðñàòèëãàí. Áó ëèíèÿäà 2 òóãóíè - àêòèâ кóâàò îкèìèíèíã, 3 òóãóíè - ðåàêòèâ кóâàò îкèìèíèíã áÿëèíèø íóкòàñèäèð.

Áó îëàòäà àì êåéèíãè èñîá èøëàðèíè áàæàðèø ó÷óí ¸ðèòàðìîêíè èккèòà î÷èк ëèíèÿãà àæðàòèø ìóìêèí. Îëäèí áÿëèíèø íóкòàëàðè îðàñèäàãè ó÷àñòêàäà кóââàò èñðîôèíè èñîáëàá îëàìèç:

$$\Delta P_{32}=\frac{P_{32}^2+Q_{32}^2}{U_H^2}r_{32};$$

$$\Delta Q_{32}=\frac{P_{32}^2+Q_{32}^2}{U_H^2}x_{32}\ .$$

Àãàð 2 òóãóíèãà $S_2^б=P_2^б+jQ_2^б=P_{12}+j(Q_{12}+Q_{23}+\Delta Q_{32})$ âà 3 òóãóíèãà $\dot{S}_2^б=P_3^б+jQ_3^б=P_{43}+P_{32}+\Delta P_{32}+jQ_{43}$ þêëàìàëàð óëàíãàí äåá кàáóë кèëñàê, êåéèíãè èñîáëàðíè ¸ðèк òàðмîк ўðíèãà 5.3,ä-ðàñìäà êўðñàòèëãàí èккèòà î÷èк ëèíèÿ ó÷óí îëèá áîðèø ìóìêèí.

Þкîðèäàãè èôîäàäà P_{12}, Q_{12}, P_{43}, Q_{43} ëàð (5.4), (5.5) èôîäàëàðäàí, P_{23}, Q_{32} (5.2) èôîääàí àíèкëàíäè.

Èêêè òîìîíëàìà òàúìèíëàíóâ÷è ëèíèÿäà êó÷ëàíèøëàðíèíã òàкñèìëàíèøè. Икки томонлама таъминланувчи линияда кучланишнинг тақсимланишини аниқлаш учун аввало юқоридаги каби қувват оқимининг бўлиниш нуқтаси (ёки нуқталари) топилади ва тармоқ бу нуқтада (нуқталарда) иккига ажратилади. Сўнгра пайдо бўлган очиқ тармоқларда кучланишининг тарқалиши юқорида кўриб ўтилган икки этапли усулни қўллаб ҳисобланади.

Синов саволлари

1. Қандай электр тармоқлар содда ёпиқ тармоқлар дейилади?
2. Икки томондан таъминланувчи тармокларда 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 кўрингишига 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 чизиқли тенгламалари.
3. Электр тармоқнинг элементлари.
4. Тармоқнинг алмаштириш схемаси. Очиқ ва ёпиқ тармоқлар.
5. Электр тармоқнинг тугун кучланишлари тенгламалари.
6. Чизиқли тугун кучланишлари тенгламалари системасини оддий ва Зейдел усуллари ёрдамида ҳисоблаш.

Таянч иборалар: алмаштириш схемаси; актив элемент; пассив элемент; очиқ 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 чизиқли ва эгри чизиқли 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 туташиш кетма-кетлиги ва уларнинг хоссаларини ифодаловчи график тасвирига айтилади.

Очик тармоқларда ҳар бир тугун фақат бир томондан манбаланади. Ҳар қандай шахобча 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* (қаршиликлар ва ўтказувчанликлар) электр токининг ўтиши учун йўл ҳосил қилади. Электр тармоқларининг пассив элементлари (шахобчалари) 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 токлари 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 қаршилик 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 боғликдир. қаршилик r токка боғлиқ равишда ўзгаради, чунки бунда ўтказгичнинг ҳарорати ўзгаради. Конденсатор сиғими кучланишга ва ғалтак индуктивлиги токка боғлиҳ ҳолда ўзгариши мумкин. Бироқ бу боғликликлар шунчалик даражада заифки уни ҳисобга олмаслик ва пассив элементлар параметрларини кучланиш ва токка боғликмас деб қараш мумкин. Бундай холатлаарда электр занжири элементларининг характеристикаларини (r қаршиликда 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 боғлик эмас.

Кучланиш ва ток манбалари доимий (ўзгармас) бўлганда *электр занжирларининг турғун ҳолати* деб унинг шундай ҳолатига айтиладики, бунда ҳар кандай шохобчада 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 токлари 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 боғликлигини ифодаловчи статик характеристикалар берилган холатига 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 ўтамиз. Электр занжири барча пассив элементларининг қаршилик ва ўзгарувчанликлар маълум. Бундан ташқари P ва Q бўйича балансловчи тугундан бошқа барча тугунлардаги ток манбаларидан токларнинг 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 буйича базис ва P, Q лар бўйича балансловчи тугунлар битта бўлмаслиги мумкин.

Одатда, электр системалари ҳолатларини ҳисоблашда бу тугунлар битта деб қаралади. Биз ҳам қуйида 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 токлар 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 токларни ҳисоблаймиз..

Балансловчи тугун кучланиши $U_\delta \neq 0$ *бўлганда тугун кучланишлари тенгламалари* 4 та тугундан иборат бўлган тармоқ учун қуйидагича ёзилади:

$$Y_{11}U_1 - Y_{12}Y_{11}U_1 \ldots\ldots Y_{14}U_н = I_1, \qquad (6.1)$$

$$-Y_{41}U_1 - Y_{42}U_1 \ldots\ldots Y_{нн}U_н = I_4,$$

бу ерда $I_к$- к-чи тугун токи; $U_к$- к-чи тугуннинг номаълум кучланиши; $Y_{кj}$ (к ≠j бўлганда) к ва j тугунларнинг номаълум кучланишлари; $Y_{кк}$- к 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 Y_i ўтказувчанликка эга бўлган битта шохобча орқали туташган бўлса, у ҳолда

$$Y_{кj} = Ye = -1/Ze \qquad (6.2)$$

к- тугуннинг хусусий ўтказувчанлик $Y_{кк}$ шу к тугунга туташган барча шахобчалар ўтказувчанликларининг йиғиндисига тенгдир.

Агар к тугунга m шахобчага туташган бўлса, у ҳолда

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

(6.1) тенгламалар системаси қуйдагича 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

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

ёки матрица кўринишда

$$\mathbf{YU} = \mathbf{I} + \mathbf{Y}_\delta U_\delta \tag{6.5}$$

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

$$\acute{Y}\dot{U} = \sqrt{3}\,I + \acute{Y}_\delta U_\delta \tag{6.6}$$

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

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{Y}} &= \mathbf{G} - j\mathbf{B}\\ \dot{\mathbf{U}} &= \mathbf{U}' - j\mathbf{U}''\\ \mathbf{I} &= \mathbf{I}' + j\mathbf{I}'' \end{aligned} \tag{6.7}$$

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

$$\begin{bmatrix} \mathbf{G} & \mathbf{B} \\ -\mathbf{B} & \mathbf{G} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \mathbf{U}' \\ \mathbf{U}'' \end{bmatrix} = \sqrt{3}\begin{bmatrix} \mathbf{I}' \\ -\mathbf{I}'' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{g}_б \mathbf{U}'_б \\ \mathbf{b}_б \mathbf{U}''_б \end{bmatrix} \tag{6.8}$$

6.2 Чизиқли тугун кучланишлари тенгламаларини ечиш усуллари.

*Аниқ ва итерацион усуллар.*_Турғун ҳолатнинг чизиқли тугун кучланишлари тенгламаларини ечиш усулларини икки группага 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 хисоблашлар 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 мухимдир. Соддалик учун матрица кўринишда (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:

$$\acute{U}_1= в_{12}\acute{U}_2+в_{13}\acute{U}_3+в_1 \;;$$

$$\acute{U}_2= в_{21}\acute{U}_1+в_{23}\acute{U}_3+в_2 \;; \qquad (6.9)$$

$$\acute{U}_3= в_{31}\acute{U}_1+в_{32}\acute{U}_2+в_3 \;;$$

Бу ерда

$$в_{кj}= - \acute{Y}_{кj}/ \acute{Y}_{кк}\,,\ к \neq j \qquad в_к= I_к+\acute{Y}_{кδ}\, U_δ / \acute{Y}_{кк}\ ;\ к, j=1,2,3 \qquad (6.10)$$

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 і-чи қадамда пайдо бўлган номаълум қийматларидан фойдаланиб, уларнинг (i+1)-чи қадамдаги қийматлари топилади:

$$U_1^{(i+1)}= в_{12}U_2^{(i)}+ в_{13}*U_3^{(i)} +в_1 \;;$$

$$U_2^{(i+1)}= в_{21}*U_1^{(i+1)}+в_{13}*U_3^{(i)} +в_2 \;; \qquad (6.11)$$

$$U_3^{(i+1)}= в_{31}*U_1^{(i+1)}+в_{32}*U_2^{(i+1)} +в_3;$$

(6.11) матрица кўринишида қуйдагича ифодаланади:

$$\mathbf{U^{(i+1)}= BU^{(i)} + в} \qquad (6.12)$$

(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 (к-1)-чи тугун кучланишининг (i+1) чи яқинлашишда топилган қиймати $U^{(i+1)}_{к-1}$ шу ернинг ўзида к-чи тугун кучланишининг (i+1) яқинлашишдаги қиймати $U^{(i+1)}_{к}$ ни ҳисоблашда фойдаланилади. Шундай қилиб, бунда кучланишларнинг (i+1) чи яқинлашишдаги қийматлари қуйдагича ҳисобланади:

$$U_1^{(i+1)}= в_{12}U_2^{(i)}+ в_{13}*U_3^{(i)} +в_1 \;;$$

$$U_2^{(i+1)}= в_{21}*U_1^{(i+1)}+в_{13}*U_3^{(i)} +в_2 \;; \qquad (6.13)$$

$$U_3^{(i+1)}= в_{31}*U_1^{(i+1)}+в_{32}*U_2^{(i+1)} +в_3;$$

n та мустақил тугунга эга бўлган электр системасининг к-чи тугуни кучланишининг (і+1)-чи яқинлашишдаги қийматини, оддий итерация ва Зейдел

усулларидан фойдаланилганда, топиш формулалари мос равишда қуйдаги кўринишда бўлади.

$$U_k^{(i=1)} = \sum_{j=1}^{k-1} b_{k\ j} U_j^{(i)} + \sum_{j=k+1}^{n} b_{kj} U_j^{(i)} + b_k;$$

$$U_k^{(i+1)} = \sum_{j=1}^{k-1} b_{kj} U_j^{(i+1)} + \sum_{j=k+1}^{n} b_{kj} U_j^{(i)} + b_k \qquad (6.14), (6.15)$$

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

Агар Зейдел усули тез яқинлашса ва n тартибли системани ечишда n қадамдан кам талаб этилса, у ҳолда ЭҲМда ҳисоблашда аниқ усуллардагига нисбатан, масалан Гаусс усулидагига нисбатан, кам вақт талаб этилади. Бу шундан келиб чиқадики, Зейдел усули бўйича ҳисобланганда битта қадамни 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 ЭҲМ вақтини талаб этади.

Зейдел усулининг муҳим афзаллиги алгоритмнинг соддалиги ва уни ЭҲМда 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 холатларни 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 куринишда 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 усулларининг афхзаллик 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 юкламаларнинг берилиш усуллари.
3. Ток ва қувват баланси кўринишидаги тугун кучланишлари тенгламалари системалари.
4. Эгри чизиқли ток ва қувват баланси кўринишидаги тугун кучланишлари тенгламалари системаларини Зейдел ва Ньютон усуллари ёрдамида ечиш.

Таянч иборалар: алмаштириш схемаси; актив элемент; пассив элемент; очиқ 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 юкламалари мос келади. Истеъмолчи ёки генераторнинг қуввати берилганда тугундаги ток қуйдагича ифодаланади:

$$\dot{I}_k(U) = \frac{\hat{S}_k}{\sqrt{3}\hat{U}_k} \qquad (7.1)$$

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

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

$$\dot{I}_k(\dot{U}) = \frac{\hat{S}_k(\dot{U})}{\sqrt{3}\hat{U}_k} = \frac{\hat{P}_k(U) - j\dot{Q}_k(\dot{U})}{\sqrt{3}\dot{U}_k} \quad . \qquad (7.2)$$

Бу ерда $P_к$ (Ú) , $Q_к$ (Ú) - 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.

$$Y_{11}U_1 - Y_{12}U_2 - Y_{13}U_3 = \frac{\hat{S}_1}{\hat{U}_1} + Y_{1\delta}U_\delta;$$

$$-Y_{21}U_1 + Y_{22}U_2 - Y_{13}U_3 = \frac{\hat{S}_1}{\hat{U}_2} + Y_{2\delta}U_\delta; \qquad (7.3)$$

$$-Y_{31}U_1 - Y_{32}U_2 + Y_{33}U_3 = \frac{\hat{S}_1}{\hat{U}_3} + Y_{3\delta}U_\delta;$$

Ушбу тугун кучланишлари тенгламалари системаси матрица кўринишида қуйдагича ифодаланади:

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

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

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

Тез-тез (7.3) даги токлар 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:

$$\hat{U}_1(Y_{11}U_1 - Y_{12}U_2 - Y_{13}U_3 - Y_{1\delta}U_\delta) = \hat{S}_1;$$

$$\hat{U}_2(-Y_{21}U_1 + Y_{22}U_2 - Y_{13}U_3 - Y_{2\delta}U_\delta) = \hat{S}_2; \qquad (7.5)$$

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

(7.5) ни матрица кўринишда қуйдагича ёзиш мумкин:

$$\hat{\mathbf{U}}_{диаг}(\mathbf{Y}\dot{\mathbf{U}} - \mathbf{Y}_\delta U_\delta) = \hat{\mathbf{S}} \qquad (7.6)$$

Бу ерда $\hat{\mathbf{U}}_{диог.}$ - к-чи диоганал элементи к-чи тугун кучланишининг қўшмасига тенг бўлган диоганал матрица; $\square$- к-чи элементи к-чи тугунда берилган қувватнинг 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:

$$\dot{U}_k^{(i+1)} = \varphi_{3k}(\dot{U}_1^{(i+1)}, U_2^{(i+1)}, \ldots, U_{k-1}^{(i+1)}, U_k^{(i)}, U_{k+1}^{(i)}, \ldots, U_n^{(i)}) =$$

$$= \frac{1}{Y_{kk}}\left(\sum_{j=1}^{k-1} Y_{kj}U_j^{(i+1)} + \sum_{j=k+1}^{k} Y_{kj}U_j^{(i)} - \frac{\hat{S}_k}{\hat{U}_k^{(i)}} + Y_{kб}U_б\right). \qquad (7.7)$$

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

$$U_k'^{(i+1)} = \varphi_{3k}'(U_1'^{(i+1)}, \ldots, U_{(k-1)}'^{(i+1)}, U_k'^{(i)}, \ldots, U_n'^{(i)}, U_1''^{(i+1)}, \ldots, U_{(k-1)}'^{(i+1)}, U_k'^{(i)}, \ldots, U_n''^{(i)})$$
$$U_k''^{(i+1)} = \varphi_{3k}''(U_1'^{(i+1)}, \ldots, U_{(k-1)}'^{i+1)}, U_k^{(i)}, \ldots, U_n'^{(i)}, U_1''^{(i+1)}, \ldots, U_{(k-1)}''^{(i+1)}, U_k''^{(i)}, \ldots, U_n''^{(i)}) \qquad (7.8)$$

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 секиндир. 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 $U_{k.тез}^{(i+1)}$ қуйдаги формула бўйича аниқланади.

$$\dot{U}_{к.тез}^{(i+1)} = \dot{U}_{k.тез}^{(i)} + \alpha(\dot{U}_k^{(i+1)} - U_{k.тез}^{(щ)}) = U_{k.тез}^{(щ)} + \alpha\Delta U_{k.}^{(i+1)}. \qquad (7.9)$$

Бу ерда $\Delta U_k^{(i+1)} = U_k^{(i+1)} - U_{k.тез}^{(i)}$ - к-чи тугуннинг (i+1)-чи қадамдаги ўзгариши; □- тезлаштирувчи коэффциент. □=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 автотронсфарматорларга эга бўлган ва шунингдек параметрлари ўрта ножинсли бўлган электр системалари холатларини ҳисоблашда секин яқинлашади ва хатто ўзоқлашиши мумкин. Зейдел усули шунингдек турғунлик чегарасига яқин ҳолатларни ҳисоблашда ёмон яқинлашади ёки узоқлашади.

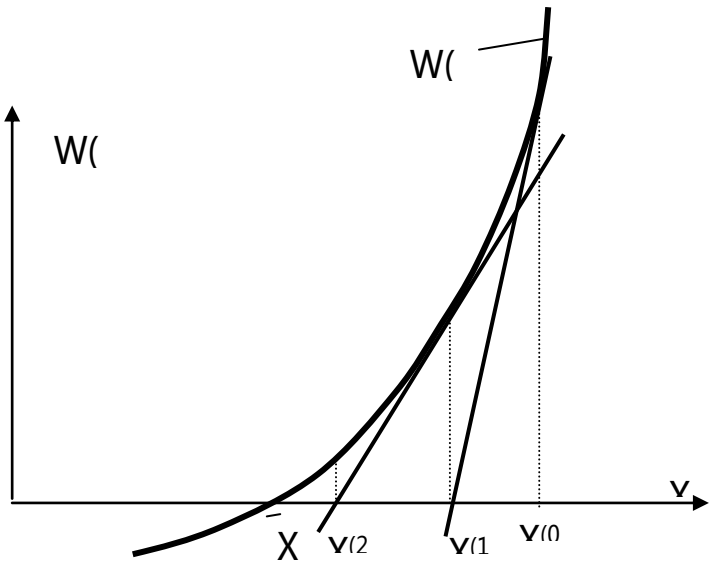
7.3 Ньютон усули

Эгри чизиқли 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 чизиқли тенгламаларни ечишда қўлланилиши мумкин.

Ньютон усулининг маъноси хар бир итерацияда эгри чизиқли тенгламалар системасини ечими шу эгри чизиқли тенгламалар системасининг ечимига жуда яқин

бўлган тўғри чизиқли тенгламалар системаси билан алмаштиришдан иборатдир. Бу усулнинг маъноси билан қуйдаги тенгламани ечиш мисолида танишамиз:

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



7.1 - расм. Ньютон усулининг итерация жараёни.

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

Бошланғич қиймат $X^{(0)}$ ни қабул қиламиз. (7.10) тенгламани $X^{(0)}$ нуқта атрофида чизиқли тенглама билан алмаштирамиз:

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

(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:

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

Номаълумнинг янги интерациядаги қиймати сифатида

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

ни қабул қиламиз.

Кейинги яқинлашишлар ҳам шу сингари аниқланади.

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

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

$$\left|w(x^{(i)})\leq E\right| \qquad (7.15)$$

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

Ньютон усулининг геометрик маъноси билан танишайлик. Ньютон усули бўйича хар бир қадамда w(x) функцияси x нинг олдинги қадамдаги қийматида w(x) эгри чизиғига уринма кўринишдаги тўғри чизиқли функция билан алмаштирилади. Масалан, 1-қадамда (7.11) нинг чап томонидаги тўғри чизиқли 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 чизиқли алгебраик тенгламалар системасини Ньютон усули ёрдамида ечишни кўриб ўтамиз.

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

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

$$X=\begin{bmatrix} X_1\\ X_2\\ X_3\end{bmatrix},\quad W(x)=\begin{bmatrix} w_1(x_1,x_2,x_3)\\ w_2(x_1,x_2,x_3)\\ w_3(x_1,x_2,x_3 0\end{bmatrix} \qquad (7.17)$$

ва (7.16) системасини матрица кўринишда ёзиш мумкин:

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

$X_1^{(0)}, X_2^{(0)}, X_3^{(0)}$ лар номаълумларнинг бошланғич қийматлари бўлсин. (7.16) эгри чизиқли тенгламаларнинг ҳар бирини Тейлор қаторига ёйиш натижасида пайдо бўлган чизиқли тенгламалар билан алмаштирамиз. Масалан, биринчи чизиқли тенглама қуйдаги кўринишда бўлади.

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

$$+\frac{\partial w_1}{\partial x_2}(x_1^{(0)},x_2^{(0)},x_3^{(0)})\,(x_2-x_2^{(0)}) + \frac{\partial w_1}{\partial x_3}(x_1^{(0)},x_2^{(0)},x_3^{(0)})(x_3-x^{(0)}{}_3)=0. \qquad (7.19)$$

Якоби матрицасининг яъни $W_к$ функция системасининг $X_к$ номаълумлар бўйича матрицасини қуйдаги кўринишда ёзамиз:

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

У ҳолда пайдо бўлган чизиўли тенгламалаар системасини матрица кўринишда қуйдагича ёзиш мумкин:

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

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:

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

Шундай қилиб итерация жараёнининг ҳар бир қадами

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

чизиқли тенгламалар системасини ечиш ва номаълумларнинг янги яқинлашишдаги қийматларини

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

ифода бўйича аниқлашдан иборат.

Яқинлашишни текшириш қуйдаги шарт бўйича амалга оширилади:

$$\square \qquad (7.25)$$

Қувватлар баланси кўринишдаги тугун тенгламаларини ечиш. к-чи тугун учун қувватлар баланси кўринишдаги тугун кучланишлари тенгламасини қуйдагича ёзамиз:

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

Бу ифодада $\dot{w}_{sk}(U)$ функцияси к-чи тугунда қувват балансмаслигига мос келади. Ҳисоблашни ҳақиқий сонлар устида амаллар бажариш орқали олиб бориш учун (7.26) ни хақиқий 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,□; ҳақиқий ва мавҳум қисмлари U’,U” лар фойдаланилиши мумкин.

Номаълумлар сифатида U,□ қабул қилинганда к-чи тугун учун қувватлар баланси кўринишидаги (7.26) дан келиб чиқувчи тенгламалар қуйидагича:

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

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

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

Бу холатда

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

яъни Якоби матрицаси элементлари - бу актив ва реактив қувват балансмасликларининг тугун кучланишлари модул ва фазалари бўйича ҳусусий хосилаларидир.

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

Ньютон усули турғун холатларни ЭҲМда ҳисоблашда кенг қўлланилади.

Турғун холат тенгламалар системасининг Якоби матрицаси Y матрицаси каби заиф тўлган ва бу ҳусусият ЭҲМда ҳисоблашда эътиборга олинади. ЭҲМда турғун холатларни ҳисоблашда Ньютон усулининг муҳим афзаллиги – тез, яъни квадратик яқинлашиш ва Якоби матрицисининг 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 чизиқли кўринишда бўлади?
2. Токлар баланси куринишидаги эгри чизиқли тугун тенгламалариқандай ҳосил қилинади?
3. Кувватлар баланси кўринишидаги тугун кучланишлари тенгламалари қандай ҳосил қилинади?
4. Токлар баланси кўринишидаги эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламалари оддий итерация усулида қандай ечилади?
5. Токлар баланси кўринишидаги эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламалари Зейдел усулида қандай ечилади?
6. Оддий итерация ва Зейдел усулларининг афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?
7. Токлар баланси кўринишидаги эгри чизиқли тугун кучланишлари тенгламалари Ньютолн 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?

8 – маъруза

Маъруза режаси

1. Электр системасида актив қувват балансини таъминланишнинг аҳамияти. Электр системасида частотанинг оғиши ва тебраниши. Частотанинг рухсат этилган оғиш қиймати.

2. Турбиналарда частотани ростлаш. Автоматик частота юксизлагич.

3. Электр системасида частотани ростлаш.

Таянч сўзлар: Қувват баланси; частота; частотанинг оғиши ва тебраниши; қувват резерви; автоматик частота юксизлагич; статик тавсиф; астотик тавсиф; биламчи ростлаш; иккиламчи ростлаш.

(**Адабиётлар:** 1-4, 6, 12, 13).

Ýëåêòðîýíåðãåòèêà ñèñòåìàëàðèíèã èø □ îëàòлари.

8.1 Àêòèâ қóââàò áàëàíñè âà óíèíã äàâðòåçëèк билан áî□ ëèқëèãè.

Ýëåêòðýíåðãåòèêà ñèñòåìàëàðèíèã àôçàëëèãè øóíàêè, óíàà ýíåðãèÿ ìàíáàäàí èñòåúìîëèãàà äåÿðëè áèð îíàà óçàòèëàäè âà èøëàá ÷èқàðèëãàí ýëåêòðîýíåðãèÿ êàòòà ìèқäîðàà éè□ èëèá қîëìàéäè. Áó õóñóñèÿòëàð ýëåêòð ýíåðãèÿñèíè èøëàá ÷èқàðèø âà èñòåúìîë қèëèø æàðî¸íè áèð âàқòàà þç áåðèøèíè êÿðñàòàäè.

Ñèñòåìàíèíã ÿðíàëãàí èø □îëàòèàà óíäàãè ýëåêòð ñòàíöèÿëàð øóíàé қóââàò èøëàá ÷èқàðèøè êåðàккè, áó қóââàò òàðìîқäà èñòåúìîë қèëèíäèãàí âà èñðîô áÿëäèãàí қóââàòëàð éè□ èíäèñèãà òåíã áÿëèøè êåðàê, ÿúíè èøëàá ÷èқàðèëóâ÷è âà èñòåúìîë қèëèíóâ÷è қóââàòëàð áàëàíñè ñàқëàíèøè êåðàê:

$$\Sigma P_{и..ч}=\Sigma P_{ист..}=\Sigma P_{ю}+\Sigma \Delta P \qquad (8.1)$$

Áó èôîäàäà: $\Sigma P_{и..ч}$ - ñòàíöèÿ èøëàá ÷èқàðóâ÷è àêòèâ қóââàò (ñòàíöèÿíèíã ÿç ý□ òè¸æëàðèãà ñàðô áÿëóâ÷è қóââàòíè □ èñîáãà îëìàãàíäà);

$\Sigma P_{ист.}$ - èñòåúìîë қèëèíóâ÷è àêòèâ қóââàòëàð éè□ èíäèñè;

$\Sigma P_{ю}$- èñòåúìîë÷èëàð þêëàìàëàðèíèíã àêòèâ қóââàòëàðè éè□ èíäèñè;

$\Sigma \Delta P$- àêòèâ қóââàò èñðîôëàðèíèíã éè□ èíäèñè.

Ñèñòåìàíèíã þêëàìàëàðè ÿçàðìàñ áÿëãàíäà óëàð èñòåúìîë қèëóâ÷è қóââàò ÿçàðóâ÷àí òîê частотасиãà áî□ ëèқ. Қóââàòëàð áàëàíñè áóçèëãàíäà частотаíèíã қèéìàòè □ àìÿçàðäàè. Èøëàá ÷èқàðèëóâ÷è àêòèâ қóââàò êàìàéñà, частота □ àì

êàìàÿäè, àêòèâ ęóâàò îðòñà, частота □ àì îðòàäè Áîęà÷à àéòãàíäà $\Sigma P_{и..ч.} > \Sigma P_{ист..}$ áÿëñà, частота êàìàÿäè, $\Sigma P_{и..ч} > \Sigma P_{ист..}$ áÿëñà, частота îðòàäè. Áóíè áèð õèë частота áèëàí àéëàíà¸òãàí ãåíåðàòîð âà äâèãàòåëäàí èáîðàò ñèñòåìàäà òóøèíèø îñíîðîę áÿëàäè. Áóíäà ãåíåðàòîðíèíã ęóâàòè êàìàéèøè áèëàí частота □ àì êàìàÿäè âà àêñèí÷à. Ýëåêòð ñèñòåìàäà □ àì øóíäàé áÿëäè, ìàñäëàí $\Sigma P_{и..ч} > \Sigma P_{ист..}$áÿëãàíäà òóðáèíàëàð òåç àéëàíà áîøëàéäè âà частота îðòàäè. Ęóâàò áàëàíñèíèã áóçèëèøèãà ęóéëäàãëàð ñàáàá áÿëèøè ìóìêèí:

à) Ãåíåðàòîðíèã àâàðèÿ òóôàéëè óçèëèøè;

á) Èñòåúìîë÷èëàð ęóâàòëàðèíèã êóòèëìàãàí êàòòà ęèéìàòëàðãà îðòèøè, ìàñäëàí òåìïåðàòóðàíèã æóäà ïàñàéèá êåòèøè òyôàéëè ýëåêòð èñòãàè÷ëàð èñòåúìîë ęèëóâ÷è ęóâàòиíèã îðòèøè;

â) Êàòòà ęóâàò óçàòóâ÷è òàðìîęëàðíè áî□ëîâ÷è ëèíÿëàðíèã ¸êè òðàíñôîðìàòîðëàðíèã àâàðèÿ òóôàéëè óçèëèøè.

Îõèðãè □ëíè áî□ëîâ÷è ëèíÿ îęàëè áèðëàøòèðèëãàí, èkkè ęèñìàí èáîðàò ñèñòåìà ìèñîëëàà êÿðèá ÷èęàìèç. Ñèñòåìàíèã èkkàëà ęèñìè □ àì áèðãàëèêàà èøëàãàíàà ęóâàò áàëàíñè ñàęëàíàäè:

$$\Sigma P_{г1} + \Sigma P_{г2} = \Sigma P_{ист..1} + \Sigma P_{ист..2}$$

Бироę, ñèñòåìàíèã áèðèí÷è ęèñìèäà èøëàá ÷èęàðèëà¸òãàí ęóâàò èñòåúìîë ęèëèíà¸òãàí ęóâàòàäàí êàòòà , ÿъíè $\Sigma P_{г1} > \Sigma P_{ист..1}$ èkkèí÷è ęèñìèäà ýñà àêñèí÷à $\Sigma P_{г2} < \Sigma P_{ист..2}$. Àãàð áî□ëîâ÷è ëèíÿ àâàðèÿ ñàáàáëè èøäàí ÷èęñà, ñèñòåìàíèã □ àð áèð ęèñìè ìóñòàęèë èøëàéäè âà óëàðíèã □ àð áèðèäà ęóâàò áàëàíñè áóçèëäè. Ñèñòåìíèã áèðèí÷è ęèñìèäà частота îðòàäè, èkkèí÷è ęèñìèäà ýñà êàìàÿäè.

Ñèñòåìíèã частотаси - частотаíèã î□ èøè áèëàí áåëãèëàíäè. Частотаíèã î□ èøè áó áåðèëãàí âàęò ìîìåíòèäà частота □ àęèęèé ęèéìàòèíèã íîìèíäë ęèéìàòèãà íèñáàòàí î□ èøèäèð:

$$\Delta f = f - f_н ; \quad (8.2)$$

$$\Delta f\% = (f - f_н) / 100 \quad \% ; \quad (8.3)$$

Частотаíèíã î□ èøè íîðìàë □ îëàòäà±0,2 Ãö - ãà÷à âà ÷åãàðàâèé ìàêñèìàë □ îëàòëàðäà ±0,4 Ãö ãà÷à ðóõñàò ýòèëàäè.

Êåëòèðèëãàí частота î□ èøèíãã íîðìàëàðè ýíåðãîñèñòåìàíèíã íîðìàë èø □ îëàòè ó÷óí áÿëèá, àâàðèÿäàí êåéèíãè □ îëàò ó÷óíęÿëëàíèìàéäè.

Àâàðèÿäàí êåéèíãè □ îëàò ó÷óí частота î□ èøè +0,5 □ -1 Ãö îðàëèęäà ðóõñàò ýòèëäè âà î□ èøíèíã áèð éèë äàâîìèäàãè óìóìèé âàęòè 90 ñîàòäàí îøìàñëèãè êåðàê.

Ýëåêòð òàðìîęëàðèäà частотаíè íîðìàäà óøëàá òóðèø ęàòòèę òàëàá ęèëèíäè, ÷óíêè частотаíèíã êàòòà ęèíàòãà î□ èøè ñòàíöèÿ æè□ îçëàðèíèíã èøäàí ÷èęèøèãà, äâèãàòåëëàðíèíã èøè ñóñàéèøèãà âà èøëàá ÷èęàðèøäà òåõíîëîãèê æàðî¸íèíã áóçèëèøè ñàáàáëè ñèôàòñèç ìà□ ñóëîò ÷èęàðèëèøèãà ñàáàá áÿëäè. *ΣPг>ΣPист.* áÿëãàíäà ãåíåðàòîðíèíã ęóââàòèíè êàìàéòèðèá, ¸êè óëàðäàí áèð ęèñìèíè ÿ÷èðèá, частота îðòèøèíèíã îëäèíè îëèø ìóìêèí. *ΣPг<ΣPист.* áÿëãàíäà частотаíèíã êàìàéèøè ýñà àâòîìàòèê частота þêñèçëàíòèðãè÷ (АДЮ - À×Ð) ęóðèëìàñèíè ¸êè ęóââàò ðåçåðâëàðèíè èøãà òóøèðèøíè òàëàá ęèëäè. Àêñ □ îëäà частотаíèíã êàìàéèøè èñòåúìîë÷èëàðäà ñèôàòñèç ìà□ ñóëîò èøëàá ÷èęàðèëèøèäàí òàøęàðè ñòàíöèÿ æè□ îçëàðèíèíã øèêàñòëàíèøè âà ñèñòåìàíèíã èøäàí ÷èęèøèãà ñàáàá áÿëèøè áÿëèøè ìóìêèí. □ àð ęàíäàé èø □ îëàòèäà þêëàìà îðòèøèãà ìîñ □ îëäà èøëàòëèäèãàí ęóââàò ðåçåðâè áÿëèøè øàðò. Ýíåðãåòèê ñèñòåìàäà èññèę ðåçåðâ âà èøãà òóøèðèëèøèãà êÿï âàęò òàëàá ęèëèíäèãàí ñîâóę ðåçåðâ áÿëèøè ìóìêèí.

Ýíåðãîñèñòåìàíèíã óìóìèé çàðóðèé ęóââàòëàð ðåçåðâè ęóéèäàãëèàðäàí èáîðàò: þêëàìà ðåçåðâè, òóçàòèø èøëàðè ó÷óí ðåçåðâ, àâàðèÿ □ îëàòè ó÷óí âà õàëę õÿæàëêê ðåçåðâëàðè. Þêëàìà ðåçåðâè òàðìîęäàãè þêëàìàíèíã êóòèëìàãàí ęèíàòãà îðòèøè âà áîøęà òàñîäèôèé ÿçãàðèøëàðíè ęîïëàø ó÷óí èøëàòèëäè. Òóçàòèø èøëàðè ó÷óí ðåçåðâ ýëåêòð ñòàíöèÿñè æè□ îçëàðèíè çàðóðèé òóçàòèø èøëàðèíè îëèá áîðèø ó÷óí èìêîíèÿò ÿðàòèøè êåðàê. Àâàðèÿ □ îëàòè ó÷óí ðåçåðâ - àâàðèÿ òóôàéëè èøäàí ÷èęęàí ęóðèëìàëàðíè àëìàøòèðèø ó÷óí

ìÿëæàëëàíãàí. Õàëқ õÿæàëèê ðåçåðâè ýñà ýëåêòð ýíåðãèÿ èñòåúîïë қèëèøíèíã ìÿëæàëäàãèäàí îðòèá êåòèøèíè қîïëàø ó÷óí õèçìàò қèëäè.

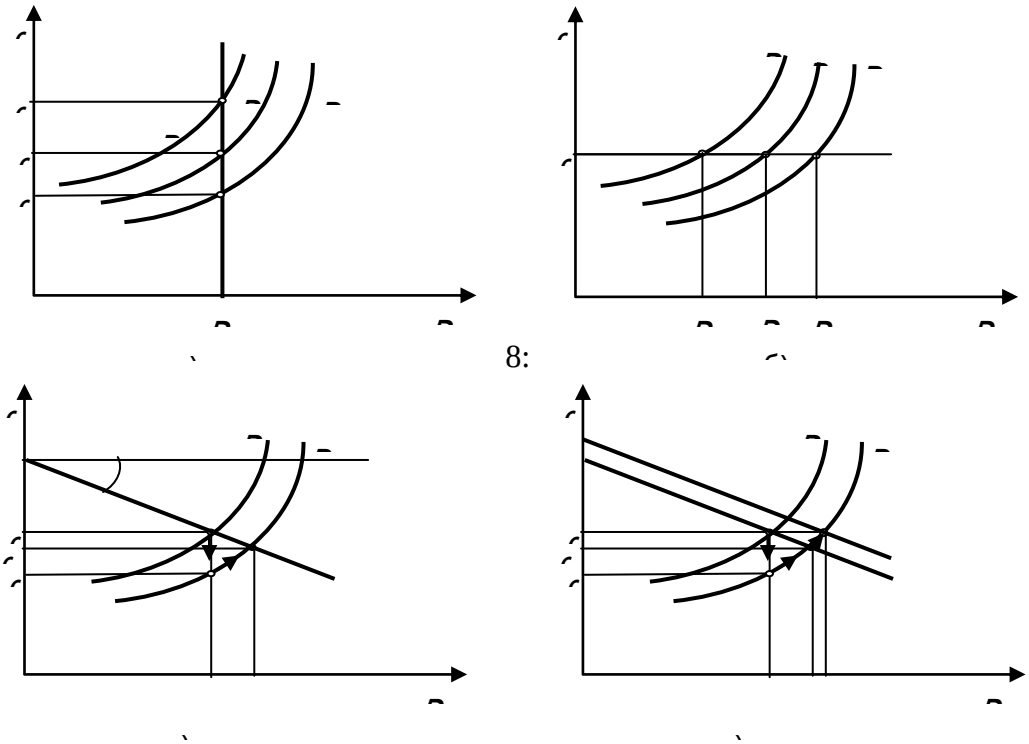
Ñèñòåìà ýëåêòð ñòàíöèÿëàðèäà қóââàò ðåçåðâèäàí òàøқàðè ýíåðãèÿ ðåçåðâè □ àì áÿëèøè øàðò. ÈÝÑ äà åòàðëè ¸кëë□ è çà□ èðàñè, ÃÝÑ äà ýñà åòàðëè ñóâ çà□ èðàñè òàúìèíëàíãàí áÿëèøè êåðàê. Àãàð ñòàíöèÿ ðåçåðâè òóãàãàí,ëåêèí ñèñòåìäà частота íîìèíàë қèéìàòãà åòìàãàí áÿëñà, АДÞ – автоматик частота þêñèçëàíòèðãè÷ қóðèëìàñè èøãà òóøàäè. Áó қóðèëìà èñòåúîïë÷èëàðíèíã ìó□ èìëêê äàðàæàñè ïàñòðқ áÿëãàí қèñìèíè óçèá, қóââàò áàëàíñèíè қèñқà ôóðñàòäà òèêëàø ó÷óí ìÿëæàëëàíãàí.□ àììà ýëåêòð ýíåðãèÿ èñòåúîïë÷èëàðè óëàðíè ýëåêòð áèëàí òàúìèíëàøäà ìó□ èìëêãèãà қàðàá ó÷òà àñîñèé òîêôàëàðãà áÿëèíäè. Áèðèí÷è íàâáàòäà АДÞ III òîêôàäàãè èñòåúîïë÷èëàðèíè óçäè. Áóíäàé èñòåúîïë÷èëàðíè 24 ñîàòäàí îðòèқ áÿëìàãàí âàқòãà çàðóðèé òóçàòèø èøëàðè ó÷óí âà òàðìîқíèíã øèêàñòëàíãàí қèñìèíè àëìàøòèðèø ó÷óí ýëåêòð òàúìèíîòëàäàí óçèi ðóõñàò ýòëèäè.

Îõèðãè íàâáàòäà ýíã ìó□ èì èñòåúîïë÷èëàð óçëèäè. ÀДÞ èñòåúîïë÷èëàðíè ïî□ îíäè ðàâèøäà (íàâáàòè áèëàí) òàðìîқäàí óçèá қÿÿäèãàí äèñêðåò ðîñòëàø ñèñòåìасиäèð. Òàðìîқäà частота Δf - қèéìàòãà êàìàéñà, АДÞ қóðèëìàñè òàðêèáèãà êèðóâ÷è частота ðåëåñè èøãà òóøàäè âà èñòåúîïë÷èëàðíèíã $\Delta Ð$ қóââàòãà ýãà áÿëãàí áèð қèñìèíè óçèá қÿÿäè. Áóíèíã íàòèæàñèäà ñèñòåìаäà частота ðîñòëàíäè. частота

8.2. Òóðáèíàëàðíèíã àéëàíèø частотасиíè ðîñòëàø.

Ýëåêòð ñèñòåìäà частотаíè ðîñòëàø ó÷óí ãåíåðàòîðíèíã òàðìîққà óçàòа¸òãàí қóââàòèíè ÿçãàðòèðèø êåðàê áÿëäè. Ÿðíàëãàí èø □îëàòèäà ãåíåðàòîðëàð қóââàòè âà óíèíã ÿçãàðèøè øó ãåíåðàòîðëàðíè □àðàêàòãà êåëòèðóâ÷è òóðáèíàëàðíèíã қóââàòèãà áî□ ëêқ. 8.1,à - ðàñìäà òåçëèãè ðîñòëàíìàéäèãàí òóðáèíàíèíã òàâñèôè òàñâèðëàíãàí. Óíèíã қóââàòè ÿçãàðìàñ ($Ð_{ò1}=const$) áÿëèá, òàâñèôè âåðòèêàë ÿққà ïàðàëëåë òÿ□ ðè ÷èçèқäàí èáîðàò. $Ð_{þç} < Ð_{þ1} < Ð_{þ2}$ þêëàìàëàðãà ìîñ êåëóâ÷è 3,1,2 ýãðè ÷èçèқëàð - þêëàìàíèíã частота áÿéè÷à

ñòàòèê òàâñèôè äåéèëàäè. Áó òàâñèôäàí êÿðèíèá òóðèáäèêè, ñèñòåìàäà *Đ*$_{b1}$ þêëàìà áÿëãàíäà óíèíã □îëàòè òóðáèíà âà 1 þêëàìà òàâñèôëàðèíèíã êåñèøãàí íóęòàñè áèëàí àíęëàíäè, áóíäà частота ÿçèíèíã íîìèíäë ęèéìàòèãà òåíã. Ñèñòåìàäà þêëàìàíèíã ęèéìàòè ÿçàðñà, частота íîìèíäë ęèéìàòèäàí ôàðę ęëóâ÷è ÿíãè ęèéìàòãà ýãà áÿëäè, ÿúíè ñèñòåìàäà þêëàìàíèíã îøèøè частотанинã êàìàéèøèãà îëèá êåëäè âà àêñèí÷à þêëàìàíèíã êàìàéèøè частотаíèíã îøèøèãà îëèá êåëäè. Àãàð òóðáèíäà *òåçëèêíè àâòîìàòèê ðîñòëàãè÷* (TAP) áÿëñà, ó òóðáèíãà êåëóâ÷è áó□ ¸êè ñóâíèíã □àæèíè þêëàìàãà áî□ëęè □îëàà ÿçàðòèðäè. Òóðáèíà òåçëèãèíè ðîñòëàãè÷ëàð ñèñòåìàäà частотани áèð õèë òóòèá òóðèøãà ¸ðäàì áåðäè, øóíèíã ó÷óí □àì óëàðíè *áèðëàì÷è частота ðîñòëàãè÷ëàð* äåéèëäè. Áó ðîñòëàãè÷ëàð òàúñèðè îñòèäà частотанинг ÿçàðèøè ýñà *áèðëàì÷è частота ðîñòëàø* äåéèëäè.



8:

.1- ðàñì. Òóðáèíà òåçëèãèíè ðîñòëàãè÷ëàð òàâñèôëàðè à - ðîñòëàíìàéäèãàí òóðáèíà; á - àñòàòèê òàâñèô; â - ñòàòèê òàâñèô; ã - частотаíè èêêèëàì÷è ðîñòëàø.

Òóðáèíàíèíã òåçëèêíè ðîñòëàãè÷ëàðè àñòàòèê ¸êè ñòàòèê òàâñèôãà ýãà áÿëèøè ìóìêèí (8.1,á,â- ðàñìëàð). Þêëàìà ÿçãàðòèðèëàíàà òåçëèêíè ðîñòëàãè÷ òàúñèðè îñòëàà íîìèíàë частота ÿðíàòèëàäè, ¸êè øóíãà ÿęèíðîę áÿëãàí ÿíãè частота ÿðíàòëèøè ìóìêèí.

Áèðèí÷è □îëàà, ÿúíè þêëàìà ÿçãàðòèðëèá, ÿòèø æàða¸íè òóãàãà÷ ðîñòëàãè÷ íîìèíàë частотани òèêëàñà, áó ðîñòëàø àñòàòèê ðîñòëàø äåéèëàäè (8.1,á- ðàñì).Àãàð, þêëàìà ÿçãàðòèðëèá, ÿòèø æàða¸íè òóãàãàíäàí êåéèí íîìèíàë частотадан ôàðę ęèëóâ÷è ÿíãè частота ÿðíàòëñà, áóíäàé ðîñòëàø ñòàòèê ðîñòëàø äåéèëàäè (8.1,â-ðàñì).

Ìàâæóä òåçëèêíè ðîñòëàãè÷ëàð ñòàòèê òàâñèôãà ýãà. Òåçëèêíè ðîñòëàãè÷ëàðäà àñòàòèê òàâñèôãà ýðèøèø àìàëäà æóäà ìóøêóëäèð.

Àñòàòèê ðîñòëàø ó÷óí, ÿúíè ñèñòåìàäàãè ñòàòèê ðîñòëàøäàí êåéèí частотани ęÿøèì÷à ðîñòëàø ó÷óí *èêêèëàì÷è ðîñòëàø* ęÿëëàíëëàäè.

Èêêèëàì÷è ðîñòëàø æàða¸íëàà ÿçãàðóâ÷àí òîê давртезлигиãà áî□ ëęę □îëàà òóðáèíàęóââàòè ÿçãàðàëè. Èêêèëàì÷è ðîñòëàø *частотани àâòîìàòèê ðîñòëàãè÷*ëàð ¸ðäàìëàà ¸êè частотани íàçîðàò ęèëëá òóðóâ÷è õèçìàò÷è õîäèìëàð òîìîíëäàí ęÿëàà àìàëãà îøèðèëøè ìóìêèí. Èêêèëàì÷è ðîñòëàø íàòèæàñëàà òóðáèíàíèíã ñòàòèê òàâñèôè ÿçèãà ïàðàëëåë □îëàà íîìèíàëчастота òèêëàíãóí÷à ñèëæèéäè (8.1,ã- ðàñì) Íàòèæàäà ñòàòèê òàâñèôíèíã ÿíãè □îëàòëàà ñèñòåìà íîìèíàë частотака ýãà áÿëäàè.

8.3 Ýíåðãåòèêà ñèñòåìàñëàà частотаíè ðîñòëàø.

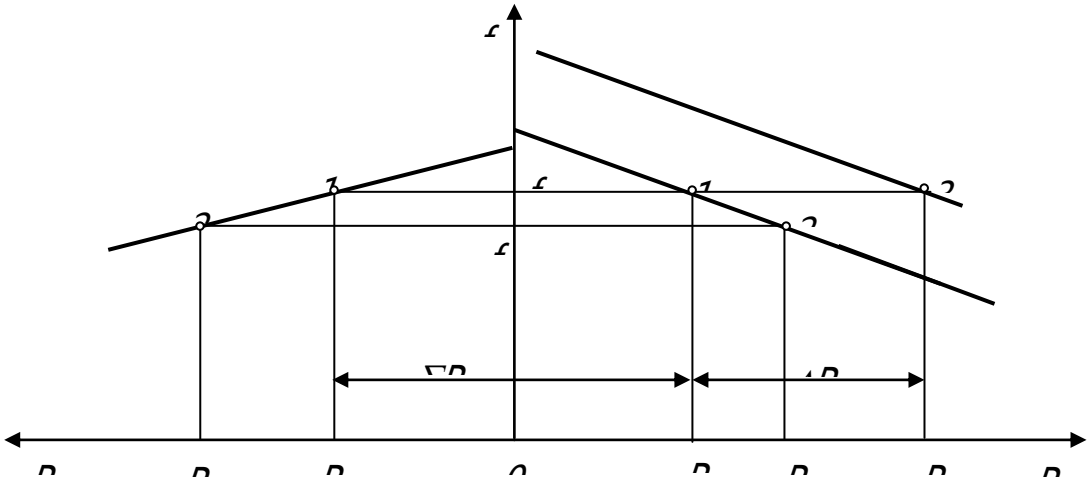
Ýëåêòðîýíåðãåòèêà ñèñòåìàñëàà частотаíè ðîñòëàø áèð íå÷à ýëåêòðîñòàíöèÿ ¸ðäàìëàà áàæàðèëäàè. Áèòòà ñòàíöèÿ ¸ðäàìëàà частота ðîñòëàíäèãàí ýíåðãîñèñòåìàíè êÿðèá ÷èęàìèç. Частота áÿéè÷à áàëàíñëîâ÷è áó

ñòàíöèÿ ñèñòåìàäà èñòåúîîë ęèëèíóâ÷è ęóââàòíèíã àð ęàíäàé ўçàðèøèíè ñåçàäè. Áó ñòàíöèÿ ñèñòåìà èñòåúîîë ęèëà¸òãàí óìóìèé ęóââàòíèíã ęèéìàòè ęàí÷àãà ўçàðñà, ўçèíèíã þêëàìàñèíè àì øóí÷àãàўçàðòèðàäè. Áóíäà ñèñòåìàäà àêòèâ ęóââàò áàëàíñè ñàęëàíàäè âà ñèñòåìàäàãè áîøęà ñòàíöèÿëàðíèíã ęóââàòè ўçàðìàñ áўëèá ęîëàäè.

8.2 - ðàñìàà частотани ðîñòëîâ÷è ñòàíöèÿíèíã (*f* ўęидан ўнгда жойлашиб, 1, 2 íóęòàëàðè бўлган тўғри чизақлар) âà ñèñòåìàäàãè áîøęà давртезлиги ðîñòëàìàéëèãàí ñòàíöèÿëàðíèíã (*f* ўęидан чапда жойлашиб, 1’, 2’ íóęòàëàðè бўлган тўғри чизақлар) òàâñèôëàðè òàñâèðëàíãàí.

Частотаíè ðîñòëîâ÷è ñòàíöèÿ *Ð1* þêëàìàãà ýãà, ñèñòåìàäàãè áîøęà ñòàíöèÿëàð ęóââàòè - *Ðñ1*. Áàëàíñ òåíãëàìàñè ęóéèäàãè÷à:

$$Ð_{ñ1}+Ð_1=\Sigma Ð_и \qquad (8.4)$$



8.2- ðàñì. Ýíåðãîñèñòåìàäà частотани битта стаанция ёрдамида ðîñòëàø.

Óìóìèé þêëàìà ęèéìàòèíè $\Delta Ð_и$ ìèęäîðäà îøèðñàê, ñèñòåìàäà частота f_1 ęèéìàòèãà÷à ïàñàÿäè. Ęóââàòëàð áàëàíñè ęóéèäàãè÷à áўëàäè:

$$Ð_{ñ2}+Ð_2=\Sigma Ð_и+\Delta Ð_и \qquad (8.5)$$

Ñèñòåìàäà частота ïàñàéãàíàà уни èêêèëàì÷è ðîñòëàãè÷ëàð (¸êè õèçìàò÷è õîäèìëàð) òóðáèíàãà êåëóâ÷è áóõ ¸êè ñóâíèíã ìèęäîðèíè îøèðàäè. Áó

ýñà 12 òàâñèôíèíã ïàðàëåë □îëàà ñèëæèøèãà ìîñ êåëàäè âà 3 íóқòàäà íîìèíàë частота ўðíàòèëàäè (8.2-расм). Ñèñòåìàäàãè □àìà þêëàìà ўçàðèøëàðè ðîñòëîâ÷è ñòàíöèÿ çèìàñèãà òóøàäè:

$$Д_3 = Д_1 + \Delta Д_и;$$

$$Д_{ñ1} + Д_3 = \Sigma Д_и + \Delta Д_и; \qquad (8.6)$$

Синов саволлари

1. Электр системасида актив қувват баланси қандай аниқланади?
2. Актив қувват билансининг бузилиш қандай оқибатларга олиб келиши мумкин?
3. Актив қувват қаерда ишлаб чиқарилади ва қаерда сарф бўлади?
4. Электр системасида актив қувват ва частота ўзаро қандай боғланган?
5. Электр системасида ишлаб чиқарилувчи актив қувват қандай ростланади?
6. Юкламанинг частота бўйича статик характеристикаси нима?
7. Юкламанинг ўзгариши системадаги частотага қандай таъсир кўрсатади?
8. Турбинани тезлик ростлагичининг ишлаш принципини тушунтиринг.
9. Электр системасида частотани ростлаш қандай таъминланади?
10. Электр системаси актив қувват резерви қандай таъминланади? Резерв нима учун талаб этилади?

9 – маъруза

Маъруза режаси

1. Электр системасида реактив қувват баланси ва унинг кучланиш билан боғлиқлиги.
2. Юкламанинг ростлаш эффекти.
3. Реактив қувват истеъмолчилари.
4. Тармоқни лойиҳалаштиришда 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. Ðåàêòèâ қóââàò áàëàíñè âà óíèíã êó÷ëàíèø билан áî□ ëèқëèãè

Âàқòíèíã □àð áèð ìîìåíòèäà èøëàá ÷èқàðèëà¸òãàí âà èñòåúìîë қèëèíà¸òãàí ýëåêòðîýíåðãèÿíèíã òåíãëèãè ôàқàòãèíà àêòèâ қóââàòíèíã ýìàñ, áàëêè ðåàêòèâ қóââàòíèíã □àì èøëàá ÷èқàðèëà¸òãàí âà èñòåúìîë қèëèíà¸òãàí қèéìàòëàðèíèíã òåíãëèãèíè áèëäèðàäè. Áó øàðòíè қóéèäàãè÷à ¸çèø ìóìêèí:

$\Sigma Đ_{ã} = \Sigma Đ_{è} = \Sigma Đ_{p} = \Sigma \Delta Đ$; (9.1)

$\Sigma Q_{ã} = \Sigma Q_{è} = \Sigma Q_{p} = \Sigma \Delta Q$. (9.2)

Áó åðäà $\Sigma Đ_{ã}$ âà $\Sigma Q_{ã}$ - ñòàíöèÿíèíã ÿç ý òè¸æëàðèíè èñîáàà îëìàãàíäàãè èøëàá ÷èçàðèëà¸òãàí àêòèâ âà ðåàêòèâ çóââàò; $\Sigma P_{è}$ âà $\Sigma Q_{è}$- èñòåúíîë çèëèíà¸òãàí óìóìèé àêòèâ âà ðåàêòèâ çóââàòëàð; $\Sigma Đ_{p}$ âà ΣQ_{p} - àêòèâ âà ðåàêòèâ þêëàìàëàð; $\Sigma \Delta Đ$ âà $\Sigma \Delta Q$ - òàðìîçëàðäàãè óìóìèé àêòèâ âà ðåàêòèâ çóââàò èñðîôëàðè.

(9.1) âà (9.2) òåíãëàìàëàð àêòèâ âà ðåàêòèâ çóââàòëàð áàëàíñè òåíãëàìàñè äåéëàäè. Áóòóí ñèñòåìà áÿéè÷à ðåàêòèâ çóââàò áàëàíñèra êó÷ëàíèø áî ëèç. Ýëåêòð òàðìî è òóãóíëàðèäàãè êó÷ëàíèøëàð ÿðòà÷à çèéìàòäàí ìàúëóì äàðàæàäà ôàðç çèëàäè. Áó ôàðç òàðìîçíèíã òóçëëèøèãà, þêëàìàëàðãà âà áîøçà êó÷ëàíèø òóøèøèãà ñàáàá áÿëäèãàí ôàêòîðëàðãà áî ëèç. Áóòóí ñèñòåìà ó÷óí ðåàêòèâ çóââàò áàëàíñè ðåàêòèâ çóââàò ìàíáàúëàðèíèíã çóââàòèãà çÿéëëäèãàí òàëàáíè áåëãèëàìàéäè. Çàðóð áÿëãàí ðåàêòèâ çóââàòíè áóòóí ñèñòåìà ó÷óí ¸êè óíèíã èñòàëãàí àëî èäà çèñìè ó÷óí îëèø èìêîíèÿòè áîðëèãèíè èñîáàà îëèø êåðàê.

Ðåàêòèâ çóââàò áàëàíñèíèíã áóçèëèøè òàðìîçäà êó÷ëàíèø қийматининг ўзгариøèãà îëèá êåëäè. Àãàð èøëàá ÷èçàðèëà¸òãàí ðåàêòèâ çóââàò èñòåúíîë çèëèíà¸òãàíëäàí êàòòà áÿëñà *(ΣQи..÷>ΣQи)*, òàðìîçäà êó÷ëàíèø îðòàäè. Àêñèí÷à, ðåàêòèâ çóââàò åòèøìà¸òãàí áÿëñà, óíäà òàðìîçäà êó÷ëàíèø ïàñàÿäè.

Àêòèâ çóââàò åòèøìàéäèãàí ýíåðãîñèñòåìàëàðäà îäàòäà êó÷ëàíèø íîìèíàë çèéìàòèäàí êàì áÿëäè. Àêòèâ çóââàò áàëàíñè áàæàðèëèøè ó÷óí åòèøìà¸òãàí àêòèâ çóââàò îðòèç÷à àêòèâ çóââàòãà ýãà áÿëãàí çÿøíè ýíåðãîñèñòåìàäàí îëèíäè.

Îäàòäà àêòèâ çóââàò åòèøìàéäèãàí ýíåðãîñèñòåìàëàðäà ðåàêòèâ çóââàò àì åòèøìàéäè. Ëåêèí, åòèøìà¸òãàí ðåàêòèâçóââàòíè çÿøíè ýíåðãîñèñòåìàäàí îëìàñäàí, øó ñèñòåìàíèíã ÿçèãà ÿðíàòèëãàí êîìïåíñàöèÿëîâ÷è çóðèëàëðäà èøëàá ÷èçàðèø фойдалиðîçäèð.

9.2. Þêëàìàíèíã ðîñòëàø ýôôåêòè

9.1- ðàñìäà þêëàìàëàðíèíã êó÷ëàíèø áÿéè÷à ñòàòèê õàðàêòåðèñòèêàëàðè êÿðñàòèëãàí. 9.2- ðàñìäà êåëòèðèëãàí ìäàèé ýëåêòð ñèñòåìàñè ïîëàòåíèíã ÿçàäèøè þêëàìàãà qàíäàé òàúñèð qèëèøèíè êÿðèá ÷èqàìèç. Ôàðàç qèëàéëèê, àâàðèÿ ¸êè áîøqà ñàáàáëàðãà êÿðà ëèíèÿ îõèðèäàãè U_2 - êó÷ëàíèø ïàñàéäè. Юклама ўзининг ростлаш эффектига мос равишда бу ҳолда қучланиш U_2 ни оширишини қўриб ўтамиз. Ëèíèÿ îõèðèäàãè êó÷ëàíèøíè qóéèäàãè÷à ¸çèø ìóìêèí:

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

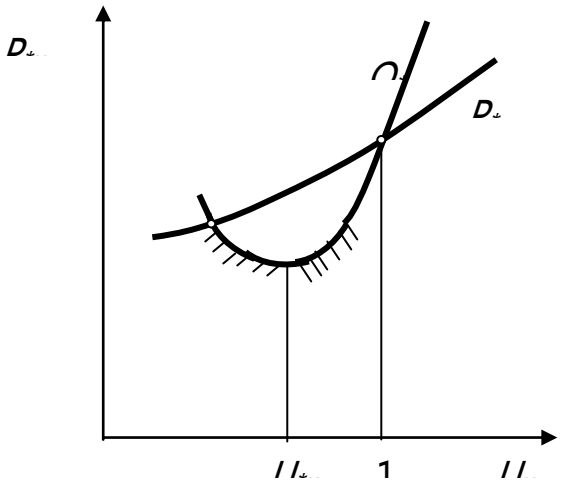
áó åðäà: $Ð_{12}^0$ âà Q_{12}^0 - ëèíèÿ îõèðèäàãè àêòèâ âà ðåàêòèâ qóââàòëàð; $ã_{12}$ âà $õ_{12}$- ëèíèÿëàðäàãè àêòèâ âà ðåàêòèâ qàðøèëèêëàð.

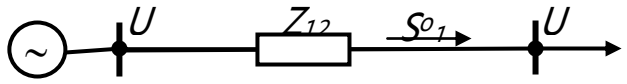
9.1-ðàñìäàãè ñòàòèê õàðàêòåðèñòèêàëàð áÿéè÷à U_2 êó÷ëàíèø ïàñàéãàíäà P_2 âà Q_2, шунингдек P_{12}^0 âà Q_{12}^0 ¤ àì êàìàÿäè. Íàòèæàäà ΔU_{12} êó÷ëàíèø èñðîôè ¤ àì êàìàéèá, буўз навбатида U_2 êó÷ëàíèøíèíã îðòèøèãà ñàáàá áÿëàäè. Àãàð, U_1 êó÷ëàíèø ўçãàðìàñ қийматда òóòèá òóðèëàäè äåá ôàðàç qèëñàê, ó ¤ îëàà ΔU_{12} èñðîô êàìàéãàíäà U_2 êó÷ëàíèøíèíã îðòèøè þqîðèäàãè èôîäàäàí ¤ àì êÿðèíèá òóðèáäè. Þqîðèäàãè ðîñòëàø òàðòèáè qóéèäàãè øàðò áàæàðèëгандаãèíà òÿ¤ ðè áÿëäè:

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

$U \geq U_{êð}$ áÿëãàíäà þêëàìà ìóñàò ðîñòëàø ýôôåêòèãà ýãà, $U \leq U_{êð}$ áÿëãàíäà ýñà ìàíôèé ðîñòëàø эффектига ýãà. $U < U_{êð}$ áÿëãàíäà U_2 êó÷ëàíèøíèíã êàìàéèøè èñòåúìîë qèëèíà¸òãàí Q_2 ðåàêòèâ qóââàòíèíã îðòèøèãà îëèá êåëäè âà ëèíèÿäà êàòòà ðåàêòèâ qóââàò îqèá, бу ΔU_{12} èñðîôíèíã îðòèøèãà ñàáàá áÿëäè. Áóíèíã íàòèæàñèäà ëèíèÿ îõèðèäàãè U_2 êó÷ëàíèø êàìàÿäè. Ñòàòèê òàâñèôãà мувофиқ $U < U_{êð}$ áÿëãàíäà Q_2 ÿíà îðòàäè âà ÿíà þqîðèäàãè òàðòèáäà U_2 êó÷ëàíèø ïàñàÿäè, ÿúíè, êó÷ëàíèø êÿ÷êèñè äåá àòàëóâ÷è ¤ îäèñà þç áåðàäè. Áóíäàé àâàðèÿëàðäà àñèíõðîí äâèãàòåëëàð òÿõòàá qîëäè. Àñèíõðîí äâèãàòåëäà ðåàêòèâ qóââàò

îðòèøè ñàáàáëè ðåàêòèâ qóâàò áàëàíñè áóçëèäè. Áóíäà èñòåúìîë qèëèíà¸òãàí ðåàêòèâ qóâàò èøëàá ÷èqðèëà¸òãàí ðåàêòèâ qóâàòäàí æóäà êàòòà áÿëèá êåòäè, íàòèæäà *U₂* êó÷ëàíèø ïàñàÿäè. Áóíäàé àâàðèÿäà êó÷ëàíèøíèíã ïàñàéèøèíè ôàqàòãèíà þêëàìàíè òàðìîqäàí óçèø ¸ðäàìèäà òÿõòàòèø ìóìêèí. îçèðãè äàâðäà êàòòà qóâàòëè ñèíõðîí äâèãàòåëëàðäà âà ãåíåðàòîðëàðäà êó÷ëàíèøíè ìåú¸ðèäà òóòèá òóðóâ÷è qÿç àòèøíè àâòîìàòèê ðîñòëàãè÷ëàð (qÀÐ) qÿëëàíèëîîqäà, øó ñàáàáëè ñèñòåìàäà êó÷ëàíèø êðèòêê qèéìàòèäàí êàìàéìàéäè.





9.1-расм. Юкламанинг статик тавсифлари

9.2-расм. Содда элетр системасининг схемаси

9.3. Ðåàêòèâ qóâàò èñúòåìîë÷èëàðè.

Ýëåêòð ñèñòåìàñèäà ðåàêòèâ qóâàòíèíã àñîñèé èñòåúìîë÷èëàðè qóéèäàãèëàðäèð: òðàíñôîðìàòîðëàð, àâî ýëåêòð линиялари (ëèíèÿëàðè), àñèíõðîí äâèãàòåëëàð, âåíòèëëè ÿçãàðòkè÷ëàð, èíäóêöèîí ÿ÷îqëàð, ïàéâàíäëàø qóðèëìàëàðè âà áîøqà þêëàìàëàð.

Òàðìîq ýëåìàíòëàðèäà àáñîëþò âà íèñáèé ðåàêòèâ qóâàò èñðîôè æóäà êàòòà áÿëèá, ó òàðìîqqà êåëà¸òãàí qóâàòíèíã 50%- ãà÷à áÿëèøè ìóìêèí. Ðåàêòèâ qóâàò èñðîôèнинг òàõìèíàí 70÷75% íè àð õèë êó÷ëàíèøëàðäà èøëîâ÷è òðàíñôîðìàòîðëàðдаги исрофлар òàøêèë qèëàäè. Ó÷ ÷óë àìëè, þêëàíèø êîýôôèöèåíòè 0,8 ãà òåíã, ÒÄÒÍ-40000/220 ìàðêàëè òðàíñôîðìàòîðëàðäà ðåàêòèâ qóâàò èñðîôè òàõìèíàí íîìèíàë qóâàòíèíã 12% íè òàøêèë qèëàäè.

Ñàíîàò êîðõíîàëàðèäà ðåàêòèâ ęóââàòíèíã àñîñèé èñòåúìîë÷èëàðè àñèíõðîí äâèãàòåëëàð èñîáëàíàäè. Êîðõíîà èñòåúìîë ęèëà¸òãàí ðåàêòèâ ęóââàòíèíã 65-70% óëàðíèíã çèìàñèãà òóøàäè, 20-25% òðàíñôîðìàòîðëàðãà, 10% ãà ÿęèíè áîøęà èñòåúìîë÷èëàðãà âà àâî ëèíèÿëàðèãà ðè êåëàäè. (9.2) èôîäàãà áèíîàí èñòåúìîë ęèëèíà¸òãàí óìóìèé ðåàêòèâ ęóââàò ęóéèäàãèãà òåíã:

$$\Sigma Q_и = \Sigma Q_р + \Sigma \Delta Q .$$

Áó åðäà $\Sigma Q_р$ - þêëàìàíèíã óìóìèé ðåàêòèâ ęóââàòè; $\Sigma \Delta Q$- óìóìèé ðåàêòèâ ęóââàò èñðîôè.

Þêëìàíèíã óìóìèé ðåàêòèâ ęóââàòи ўз навбатида ęóéèäàãèãà òåíã:

$$\Sigma Q_р = \Sigma P_{рi} tg\varphi_i .$$

Áó åðäà $\sum P_{рi}$ - i òàðòèáëè þêëàìàíèíã àêòèâ ęóââàòè; $tg\varphi_i$- ęóââàòëàð ó÷áóð÷àãèíèíã áóð÷àê òàíãåíñè.

Óìóìèé ðåàêòèâ ęóââàò èñðîôè:

$$\Sigma \Delta Q = \Sigma \Delta Q_ё - \Sigma \Delta Q_ñ + \Sigma \Delta Q_ò.$$

Áó åðäà $\Sigma \Delta Q_ё$ - ëèíèÿäàãè óìóìèé ðåàêòèâ ęóââàò èñðîôè; ΣQ_c - ëèíèÿíèíã ñè ëè ўòêàçóâ÷àíëèêëàðèäà èøëàá ÷èęàðèëà¸òãàí óìóìèé ðåàêòèâ ęóââàò; $\Sigma \Delta Q_ò$ - òðàíñôîðìàòîðëàðäàãè óìóìèé ðåàêòèâ ęóââàò èñðîôè. Ëèíèÿäàãè ðåàêòèâ ęóââàò èñðîôè:

$$\Delta Q_ё = \frac{S_л^2}{U_{ном}^2} x_л .$$

Ëèíèÿíèíã Ï-ñèìî øàêëèäàãè àëìàøòèðèø ñõåìàñèäà ñè ëè ўòêàçóâ÷àíëèêëàð èøëàá ÷èęàðà¸òãàí ðåàêòèâ ęóââàò:

$$2Q_ñ = U_{ном}^2 b_л$$

Ęóéèäà óçóíëèãè *1=100 êì* áўëãàí ëèíèÿëàðäà èøëàá ÷èęàðèóâ÷è ðåàêòèâ ęóââàòíèíã ўðòà÷à ęèéìàòëàðè êåëòèðèëãàí:

$U_{êîì}$, [êB]	110	150	220
$2Q_ñ$, [Ìâàð]	3	6,5	12,6

Ëèíèÿäà ðåàêòèâ қóâàò èñðîôè âà ëèíèÿ ñèқèì ўòêàçóâ÷àíëèêëàðèäà èøëàá ÷èқàðèëà¸òãàí ðåàêòèâ қóâàòíèíã òàõìèíèé қèéìàòëàðèíè қóéèäàãè÷à қабул қилиш ìóìêèí:

$$\Sigma\Delta Q_л \approx 0{,}1S_ё, \quad \Sigma Q_ñ \approx 0{,}1S_ё;$$

Áó қèéìàòëàðíèíã ишораёàðè àð õèë áўëàäè:

$$+j\Delta Q_ё - j2Q_ñ = 0$$

Áóíäàí $\Sigma Q_ñ \approx \Sigma Q_ё$ êåëèá ÷èқàäè.

110-150 êÂ êó÷ëàíèøëè àâî ëèíèÿëàðè ó÷óí áó äåÿðëè қàòúèé òåíãëèêäèð. Áóндай îëäà ëèíèÿ áўéëàá íàòóðàë қóâàò óçàòëèäàè.

ê òà ïàðàëåë èøëîâ÷è òðàíñôîðìàòîðëàðäà ðåàêòèâ қóâàò èñðîôè:

$$\Delta Q_ò = kS_{нîì}\frac{u_К\%}{100}.$$

Áó òàõìèíàí қóéèäàãèãà òåíã:

$\Delta Q_ò \approx 0{,}1êS_{нîì} = 0{,}1S_н;$ áó åðäà $S_ê = kS_{нîì}$.

m òà òðàíñôîðìàöèÿ ïî ïîàñèãà ýãà áўëãàí òàðìîқëàðäà òðàíñôîðìàòîðëàðдаги ðåàêòèâ қóâàò èñðîôè òàõìèíàí қóéèäàãèãà òåíã:

$$\Delta Q_{ò\Sigma} = 0{,}1mS_ê.$$

 àð қàíäàé ýëåêòð òàðìî èíè ëîéè àëàøòèðãàíäà ўëà қóâàò áàëàíñè ñàқëàíèøè êåðàê (íîìèнäë îëàò ñàқëàíèøè øàðòè áèëàí). Áóíäà áóòóí ñèñòåìà ó÷óí, øóíèíãäåê, çàðóð ðåàêòèâ қóâàò ðåçåðâèãà ýãà áўëãàí àð áèð òóãóí ó÷óí àì ðåàêòèâқóâàò áàëàíñè òàúìèíëàíèøè шарт.

Ðåàêòèâ қóâàò áàëàíñèíè òàðìîқíèíã àð áèð (õóñóñèé) îëàòè ó÷óí àëî èäà ўðèá ÷èқëèäè. Áóëàð қóéèäàãè îëàòëàðäèð:

à) эíã êàòòà ðåàêòèâ þêëàìà îëàòè (ðåàêòèâқóâàòíè ýíã êўï èñòåúìîë қèëäèãàí âà êîìïåíñàöèÿëîâ÷è қóðèëìàëàð қóâàòèíèíã ýíã êўï çàðóðàòè áўëãàí îëàò);

á) ýíã êàì ðåàêòèâ қóâàòëè ãåíåðàòîðëàðíè ýíã êўï àêòèâ қóâàò áèëàí þêëàíòèðèø íàòèæàñèäà áўëäèãàí îëàò- ýíã êàòòà àêòèâ þêëàìà îëàòè;

â) ãåíåðàòîðëàðíèíã áèð ęèñìè ÿ÷èðèëèøè íàòèæàñèäà ðåàêòèâ ęóââàò èøëàá ÷èęàðèø èìêîíèÿòè áÿëìàñëèãè ñàáàáëè þç áåðàäèãàí □îëàò - ýíã êàì àêòèâ þêëàìà □îëàòè;

ã) òàðìîę áÿéè÷à ðåàêòèâ ęóââàò óçàòëèøèíèíã ýíã êÿï ÷åêëàíèøèãà ñàáàá áÿëàäèãàí òóçàòèø âà àâàðèÿäàí êåéèíãè □îëàò.

Синов 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?

10 – маъруза

Маруза режаси

1. Электр тармоқда реактив қувватни компенсациялашнинг вазифалари.
2. Реактив қувватни компенсациялашнинг энергия ва кучланиш исрофларига таъсири.
3. Реактив қувват компенсаторлари.

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

(**Адабиётлар:** 1-4, 6-9, 12-14).

10.1. Ðåàêòèâ ęóââàòíè êîìïåíñàöèÿëàø

Ýëåêòð òàðìî è àêòèâ ęóââàòíè ôàęàòãèíà ýëåêòð ñòàíöèÿëàðäàãè ÿãîíà àêòèâ ęóââàò ìàíáàúè áÿëãàí ãåíåðàòîðëàðäàí îëàäè. Ðåàêòèâ ęóââàò èøëàá ÷èęàðèø ðåàêòèâ ęóââàòäàí øó áèëàí ôàðę ęèëàäèêè, óëàð ôàęàòãèíà ãåíåðàòîðëàðäà ýìàñ, áàëêè êîìïåíñàöèÿëîâ÷è ęóðèëìàëàðäà - êîíäåíñàòîð, ñèíõðîí êîìïåíñàòîð ¸êè ðåàêòèâ ęóââàòíèíã ñòàòèê ìàíáàúëàðèäà èøëàá ÷èęàðèëàäè. Áó ęóðèëìàëàðíè ýëåêòð òàðìî èíèíã нимñòàíöèÿëàðèäà ÿðíàòèø ìóìêèí. Òàðìîęäà íîìèíàë þêëàìà áÿëãàíäà òàëàá ęèëèíà¸òãàí ðåàêòèâ ęóââàòíèíã òàõìèíàí 60% íè ãåíåðàòîðëàð èøëàá ÷èęàðàäè, 20% è 110 êâ äàí þęîðè êó÷ëàíèøëè ëèíèÿëàðäà, 20% ýñà êîìïåíñàöèÿëîâ÷è ęóðèëìàëàðäà èøëàá ÷èęàðèëàäè.

Ðåàêòèâ ęóââàòíè êîìïåíñàöèÿëàø äåá óíè êîìïåíñàöèÿëîâ÷è ęóðèëìàëàð ¸ðäàìèäà èøëàá ÷èęàðèø ¸êè èñòåúìîë ęèëèøãà àéòèëàäè. Ýëåêòð ñèñòåìàëàðèäà ðåàêòèâ ęóââàòíè êîìïåíñàöèÿëàø ìóàììîñè ęóéèäàãè ñàáàáëàðãà êÿðà êàòòà à ìèÿòãàýãàäèð:

1) ñàíîàò èøëàá ÷èęàðèøèäà èñòåúìîë ęèëèíóâ÷è àêòèâ ęóââàòãà íèñáàòàí ðåàêòèâ ęóââàò èñòåúìîë ęèëèíèøèíèíã êÿïðîę ÿñèøè êóçàòèëìîęäà;

2) øà àð ýëåêòð òàðìęëàðèäà ìàèøèé õèçìàò þêëàìàëàðèíèíã ÿñèøèãà áî ëęę îëäà ðåàêòèâęóââàò èñòåúìîë ęèëèø ìàì ÿñäè;

3) ęèøëîę ýëåêòð òàðìęëàðèäà ðåàêòèâ ęóââàò èñòåúìîë ęèëèø ÿñìîęäà;

Ðåàêòèâ ęóââàòíè êîìïåíñàöèÿëàø ęóéèäàãè ìàęñàäëàðäà ęÿëèà- íèëèøè ìóìêèí:

1) ðåàêòèâ qóâàò áàëàíñèíè òàúìèíëàø ó÷óí;

2) òàðìîqäàãè ýíåðãèÿ èñðîôèíè êàìàéòèðèø ó÷óí;

3) êó÷ëàíèøíè ðîñòëàø ó÷óí.

Êîìïåíñàöèÿëîâ÷è qóðèëìàëàðíè qÿëëàøäà qóéèäàãè òåõíèê âà □ îëàò òàëàáëàðè áÿéè÷à ÷åêëàíèøëàðíè □ èñîáàà îëèø êåðàê:

1) þêëàìà òóõóíëàðèäà çàðóðèé qóâàò ðåçåðâè áÿéè÷à ÷åêëàíèø;

2) ðåàêòèâ qóâàò ìàíáàëàðèíèíã øèíàëàðèäàãè ìàâæóä áÿëãàí ðåàêòèâ qóâàò áÿéè÷à;

3) êó÷ëàíèø î□ èøëàðè áÿéè÷à;

4) ýëåêòð òàðìî□ èíèíãÿòêàçèø qîáèëèÿòè áÿéè÷à ÷åêëàíèøëàð.

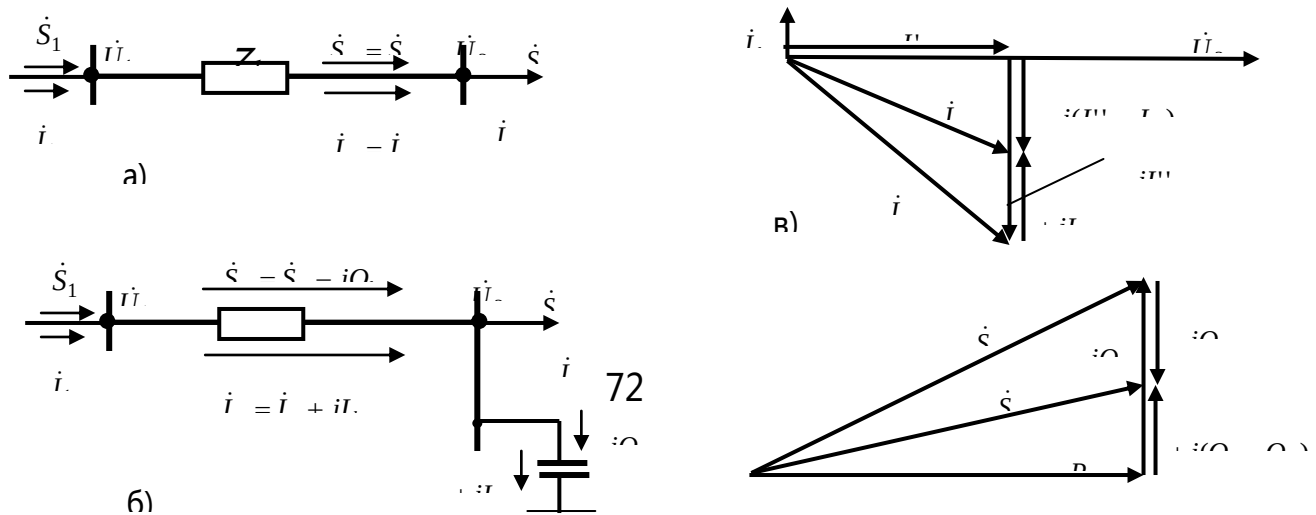
Ëèíèÿ âà òðàíñôîðìàòîðëàðäà æóäà êàòòà ðåàêòèâ qóâàò îqèìè □ îñèë áÿëèøèíèíã îëäèíè îëèø ó÷óí ðåàêòèâ qóâàò ìàíáàëàðè èñòåúìîë÷èëàðãà ÿqèí æîéëàøòèðèëèøè êåðàê. Áóíäà òàðìîqíèíã óçàòóâ÷è ýëåìåíòëàðèäà ðåàêòèâ qóâàò êàìàÿäè, íàòèæàäà êó÷ëàíèø âà àêòèâ qóâàò èñðîôëàðè êàìàÿäè. 10.1-ðàñìäà ëèíèÿ îõèðèäà êîìïåíñàöèÿëîâ÷è qóðèëìà ÿðíàòèëãàíäà óíèíã ýôôåêòè àëìàøòèðèø ñõåìàëàðè âà âåêòîð äèàãðàììàëàð îðqàëè òàñâèðëàíãàí.

Êîìïåíñàöèÿëîâ÷è qóðèëìà qÿëëàíèëìàãàíäà ëèíèÿäàí оқувчи òîê âà þêëàìà qóâàòè (4.8,à- ðàñì):

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

Êîìïåíñàöèÿëîâ÷è qóðèëìà qÿëëàíèëãàíäà ëèíèÿäàãè òîê âà ðåàêòèâ qóâàò êîìïåíñàöèÿëîâ÷è qóðèëìàäà èøëàá ÷èqàðèëãàí òîê âà ðåàêòèâ qóâàòíèíã qèéìàòèãà êàìàÿäè. Ëèíèÿäà ìîäóëè áÿéè÷à îëäèíãèãà íèñáàòàí êè÷èê òîê âà qóâàò îqääè:

$I_p=I'_p-j(I_p''-I_ê)$; $S_ë=P_p+j(Q_p-Q_ê)$;



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

Øóíàáé ęèëèá, þêëàìà ęóâàòè ўçàðìàñ áўëãàí нимñòàíöèўëàðàà êîìïåíñàöèўëîâ÷è ęóðèëìàëàð ęўëëàíèëãàíàà ëèíèўààí îęóâ÷è ðåàêòèâ ęóâàò âà òîê êàìàўäè. Натижада ëèíèўäàãè ęóâàò âà êó÷ëàíèø èñðîôëàðè êàìàўäè, ÷óíêè:

$$\Delta Ð_{ë} = \frac{P_{ю}^2 + (Q_{ю} - Q_k)^2}{U_{ном}^2} r_л; \quad \Delta U_{ë} = \frac{P_{ю} r_л + (Q_{ю} - Q_k) x_л}{U_{ном}};$$

10.2. Êîìïåíñàöèўëîâ÷è ęóðèëìàëàð.

Êîìïåíñàöèўëîâ÷è ęóðèëìàëàð ñèôàòèäà ñèíõðîí êîìïåíñàòîðëàðäàí, êîíäåíñàòîðëàðäàí, êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåўñèäàí, ðåàêòîðëàðäàí âà ðåàêòèâ ęóââàòíèíã ñòàòèê ìàíáàëàðèäàí ôîéäàëàíàíèø ìóìêèí.

Êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåўñè ęóéèäàãè ìàęñàäëàðäà ęўëëàíèëàäè:

à) òàðìîę òóãóíëàðèäà ðåàêòèâ ęóââàò èøëàá ÷èęàðèø ó÷óí *êўíäàëàíã êîìïåíñàöèўëàø* (øóíòëîâ÷è ÁÊ);

á) ëèíèўíèíã ðåакòèâ ęàðøèëèãèíè êàìàéòèðèø ó÷óí - *áўéëàìà êîìïåíñàöèў.*

Øóíòëîâ÷è êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåўñè нимñòàíöèўëàð øèíàëàðèãà ўðíàòèëàäè (10.2,á- ðàñì), áўéëàìà êîìïåíñàöèўëîâ÷è ęóðèëìàëàð ëèíèўãà êåòìà-êåò óëàíàäè. Êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåўñè àëî□ èäà êîíäåíñàòîðëàðäàí éè□ èëàäè. Óëàð ïàðàëëåë ¸êè êåòìà-êåò óëàíèøè ìóìêèí. Êîíäåíñàòîðëàð 0,22÷10,5 êB êó÷ëàíèøãà ìўëæàëëàíèá, áèð ôàçàëè ¸êè ó÷ ôàçàëè ęèëèá èøëàá ÷èęàðèëàäè.Êîíäåíñàòîðëàðíèíã óìóìèé ęóââàòè 10÷125 êâàð áўëàäè.

Øóíòëîâ÷è êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåўñè 110 êB ãà÷à áўëãàí êó÷ëàíèøëàðàà èøëàòèëàäè. Êåòìà-êåò óëàíãàí êîíäåíñàòîðëàðíèíã ñîíèíè îøèðèá, êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåўñèíèíã èø÷è êó÷ëàíèøèíè îøèðèø ìóìêèí. Óíèíã ęóââàòèíè îøèðèø ó÷óí

ýñà êîíäåíñàòîðëàð ïàðàëëåë óëàíàäè. 6 êB âà óíäàí þqîðè êó÷ëàíèøëè êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåÿñèíè éè èø ó÷óí èøëàá ÷èqàðèøäà íîìèíàë êó÷ëàíèøи 0,66; 1,05; 6,3 êB áÿëãàí áèð ôàçàëè êîíäåíñàòîðëàð qÿëëàíëëàäè. 0,66; âà 1,05 êB êó÷ëàíèøëè êîíäåíñàòîðëàð ïàñò êó÷ëàíèøëè êîíäåíñàòîðëàð äåéëëàäè.

Батареяда кîíäåíñàòîðëàð êåòìà-êåò óëàíãàíда уëàðнинг ñîíè qуйидагича àíèqëàнади:

$$n=\frac{U_{КБ.э.кат.}}{\sqrt{3}U_{к.ном}k_p}\ .$$

Бó èôîäàäà $U_{КБ.э.кат.}$ - êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåÿñè óëàíãàí íóqòàäàãè ýíã êàòòà èñîáëé êó÷ëàíèøè; $U_{ê..нîì.}$ - êîíäåíñàòîðëàðíèã íîìèíàë êó÷ëàíèøè; k_p-êîíäåíñàòîð ïàðàìåòðëàðèíèã õàòîëëêëàðèíè èñîáãà ïëóâ÷è êîýôôèöèåíò.

Áó êîýôôèöèåíòíèã qèéìàòè 0,92-0,93 îëèíади.

Батареяда конденсаторлар параллел уланганда параллел шаҳобчаларнинг сони конденсаторларда ўтакучланиш юз бермаслиги шарти билан аниқланади. Яъни параллел шаҳобчалар сони шунча бўлиши керакки, бунда ҳар бир шаҳобча орқали оқувчи ток конденсаторнинг номинал токидан ошмасин. Бунда тармоқнинг токи параллел шаҳобчалар орқали бўлиниб оқиб ўтишини назарда тутиш лозим.

Ó÷ ôàçàëè òàðìîqëàðäà êîíäåíñàòîðëàðíè ó÷áóð÷àê âà þëäóç êÿðèíèøëäà óëàø ìóìêèí. Êîíäåíñàòîðëàð þëäóç óñóëèäà óëàãàíäà êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåÿñèíèã qóââàòè:

$Q_ñ=3U_ô^2\omega Ñ.$

Êîíäåíñàòîðëàð ó÷áóð÷àê óñóëäà óëàíãàíäà конденсатор áàòàðåÿсининг qóââàòè:

$$Q_ñ=3U^2\omega Ñ=9U_ô^2\omega Ñ;$$

Äåìàê, êîíäåíñàòîðëàðíè ó÷áóð÷àê óñóëäà óëàãàíäà êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåÿñè qóââàòè ó÷ ìàðòà êàòòà áÿëàð ýêàí. Îäàòäà êó÷ëàíèø 1 êB ãà÷à бўлганда êîíäåíñàòîðëàð ó÷áóð÷àê êÿðèíèøèäà óëàíàäè. Ýíåðãîñèñòàìàëàðäà 6 êB âà óíäàí þqîðè êó÷лàíèøëè êîíäåíñàòîðëàð áàòàðåÿñè доимо юлдуз схемаси

бўйича éèè èлиб, уларнинг нейтрали тармоқ нейтралига боғлиқ равишда изоляцияланади ёки ерга қатъий уланади.

Синов саволлари

1. Реактив қувват компенсаторларига нималар киради?
2. Реактив қувват компенсаторлари нима учун хизмат қилади?
3. Конденсатор батареяси электр тармоққа қандай кўринишларда уланиши мумкин?
4. Конденсатор батареясининг компенсатор сифатида афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?
5. Конденсатор батареяси ишлаб чиқарувчи реактив қувват қандай аниқланади?
6. Реакторлар нима учун хизмат қилади?
7. Реакторларнинг компенсатор сифатида афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?
8. Синхрон комперсатор нима учун хизмат қилади? Улар қандай ҳолатларда ишлаши мумкин?
9. Синхрон компенсатор қандай қисмлардан иборат?
10 Синхрон компенсаторнинг афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?
11. Реактив қувватнинг статик манъбалари нима учун хизмат қилади?
12. Реактив қуввтнинг статик манбалари қандай қисмлардан иборат?
13. Реактив қувватнинг статик манъбаларининг афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?

11 – маъруза

Маруза режаси

1. Кучланишни стабиллаш, бир пағонали ва кўп пағонали ростлаш.
2.. Кучланишни маҳаллий ва марказлашган ростлаш.
3. Кучланишни қарама-қарши ростлаш.
4. Кучланишни электр станцияларида ростлаш.

Таянч иборалар: Кучланишнинг пасайиши; кучланишнинг исрофи; кучланишнинг оғиши; частотанинг оғиши; кучланиш диапазонининг ўзгариши; кетма-кетлик коэффициенти; носимметриклик коэффициенти; технологик зарар; 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).

12.1. Кучланишни ростлаш усуллари

Электр тармоқнинг кучланиши доимо юклама, таъминлаш манъбасининг иш ҳолатлории, занжирнинг қаршилигини ўзгариши билан ўзгариб туради. Кучланишнинг оғиши ҳар доим ҳам рухсат этилган қийматлар интервалида жойлашавермайди. Бунинг сабаби бўлиб қуйидагилар ҳисобланади: а) тармоқ элементлари орқали оқаётган юклама токлари ҳосил қилувчи кучланиш исрофи; б) ток ўтказувчи элементлар кўндаланг 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 исътемолчилардаги кучланиш трансформациялаш коэффициентини 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 усулларидир. Юқори даража АДБС локал ростлаш системалари ва бутун энергетика системасининг ҳолатини оптималлаш ишларини координациялайди.

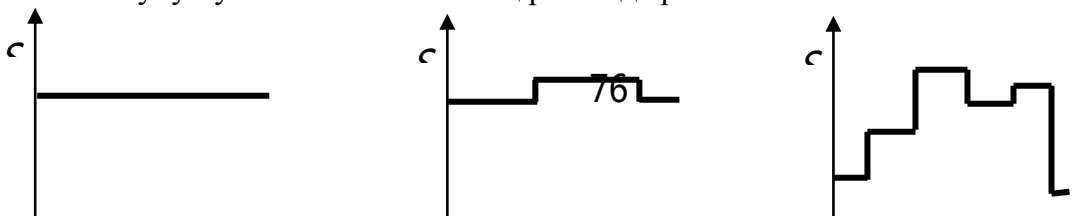
Кучланишни локал ростлашни таъминлаш марказида (ТМ) амалга ошириладиган *марказланган* ва бевосита исътемолчиларда амалга оширидиган *маҳаллий* усулларга бўлиш мумкин.

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

Юқорида кўрсатилган кучланишни ростлаш типларини юкламани 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 ростлашдир.

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

Аён ифодаланган икки даражали юклама графигига эга бўлган исътемолчилар, 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). Юкламанинг 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.



а) б) в)

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 транформаторнинг 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;

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

Туман нимстанцияси ЮК шинасидаги кучланиш

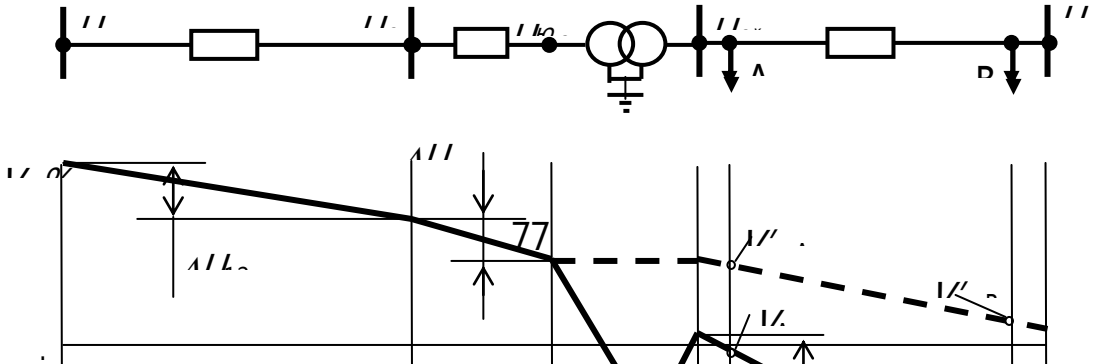
$U_{2ю}=U_1-\Delta U_{12}$

ЮК ва ҚК шиналаридаги кучланишлар трансформатордаги кучланиш исрофи ΔU_m га фарқ қилади ва бундан ташқари идеал трансформаторда кучланиш трасформациялаш 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 кўринадики (штрих чизиқлар), $n_m=1$ бўлганда энг кичик юкламалар ҳолатида исътемолчилардаги кучланишлар рухсат этилганидан юқори, энг юқори юкламалар ҳолатида эса рухсат этилганидан паст (яъни кучланиш оғишлари рухсат этилганидан катта).

а)



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 $U_н$ га яқин қийматгача камайтирилади. Бу ҳолатда n_m нинг шундай стандарт қиймати танланиши лозимки, бунда қуйидаги шарт бажарилсин:

$$U_{2қ.\ экич} \geq U_н \qquad (12.1)$$

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

$$U_{2қ.\ экат.} \geq (1{,}05 \div 1{,}1) U_н . \qquad (12.2)$$

Шундай қилиб, таъминлаш марказидан узоқдаги В ва унга яқиндаги А нуқталардаги исътемолчилардаги кучланишлар рухсат этилган чеграга киритилади. Энг катта ва энг кичик юклама ҳолатидаги бундай ростлашда кучланиш мос равишда оширилади ва пасайтирилади. 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.

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

Генератор чиқишидаги кучланишнинг номиналдан ±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 $S_{*m} = S_m/S_н$ - 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, исътемолчида 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.

Яъгона 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 қўзғатиш 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 ±2х2,5%$U_{ю.н}$ кучланишни ростлаш чегарасига эса ва улар ёрдамида узоқ ва яқинда жойлашган исътемолчиларда кучланиш бўйича талабни мослаштириш 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 пағонали ростлаш нима? У Кандай ҳолларда қўлланади?
3. Кучланишни қарама-қарши ростлаш нима? У қандай ҳолларда қўлланади?
4. Кучланишни генераторнинг қўзғатиш 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 юқори 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 $U_{2к}^{ю}$ 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:

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

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

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

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

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

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

Буларга мос равишда

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

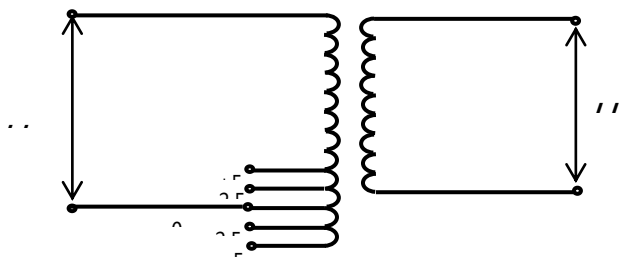
ҚК томонидаги кучланишниг ҳақиқий қиймати (А.3) ифодадан топилади.

Тармоқни электрик ҳисоблаш натижасида энг катта юклама ҳолатида ҚК томонидаги кучланишниг 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:

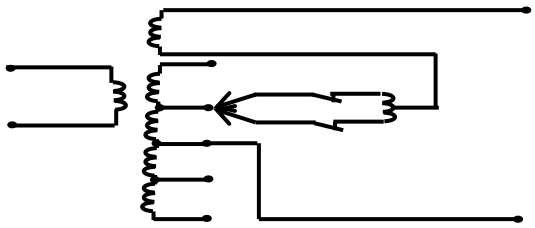
$$U_{шох.экат} = U_{2к.экат}^{ю} \cdot \frac{U_{к.н}}{U_{2к.экат}^{хох}}; \qquad U_{шох.экич} = U_{2к.экич}^{ю} \cdot \frac{U_{к.н}}{U_{2к.экич}^{хох}} \qquad (13.2)$$

(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 қўшимча шохобчали қилиб ишлаб чиқарилади. Бундай трансформатор чулғамининг схемаси 13.1-расмда келтирилган. Асосий шохобча кучланиши трансформатор юқори чулғамининг номинал кучланишидир ($U_{.ю.н.}$). Пасайтирувчи трасформаторлар 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 трансфоромациялаш 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 $1{,}05U_{қ.т}$. Бунда қўшимча кучланиш 5%. ҚАУли трансформатор шохобчасини ўзгартириб яхлитланган қийматлари қуйидагича 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 ростлаш 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 ростловчи шохобча ва шунга мос ягона трансформациялаш коэффициенти билан ишлайди. Бунда кучланишни қарама-қарши ростлаш талабларини амалга ошириш, яъни (12.1) ва (12.2) шартларни бажариш мумкин эмас. Ҳақиқатдан ҳам (13.1) га мувофиқ

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

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

Бу қарама–қарши ростлаш талаблари (12.1) ва (12.2) га зид келади. Кучланишни қарама-қарши ростлашни 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 диапазонига эга.

А.4-расмда ЮОРли трансформатор чулғамларининг схемаси тасвирланган. Бу трансформаторнинг ЮК чулғами икки қисмдан – ростланмайдиган *а* ва ростланадиган *б* 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 коэффициенти ошади. 3, 4 шохобчалар асосий чулғам ўрамларига нисбатан қарама - қарши уланган ўрамлар қисмига мос келади. Уларнинг уланиши трансформациялаш коэффициентини 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 *в* ва *г,* қўзғалмас К1 ва К2 контактлардан ҳамда *Р* реакторлардан ташкил топган алмашлаб уловчи қурилма мавжуд. Реакторнинг ўртаси трансформатор чулғамининг ростланмайдиган *а* 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 *в* шохобча контакти 1 га ўтказилади ва К1 контакт қайта уланади. Шундай қилиб, чулғамнинг 1, 2 секциялари Р 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 трансфороматорнинг шохобчасини ва трансформациялаш коэффициентини 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 коэффициентини 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 қуйи 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; қаршиликни компенсациялаш; реактив қувватни компенсациялаш.

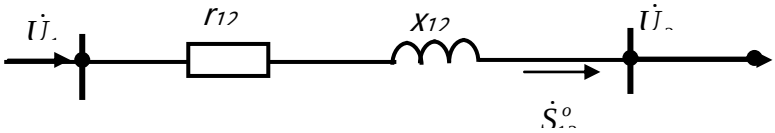
(**Адабиётлар:** 1-4, 6-9, 12-14).

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 қуйидагичадир:

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

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



14.1-расм. Кучланишни тармоқнинг параметрларини ўзгартириб ростлаш.

Тақсимловчи ва таъминловчи тармқлар 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:

$$U_2=U_1-\Delta U_{12}<U_{2рух}$$

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

Бунда юқоридаги ифодани қуйдагича ёзиш мумкин:

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

Бу ерда $x_к$-конденсаторнинг қаршилиги

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

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

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

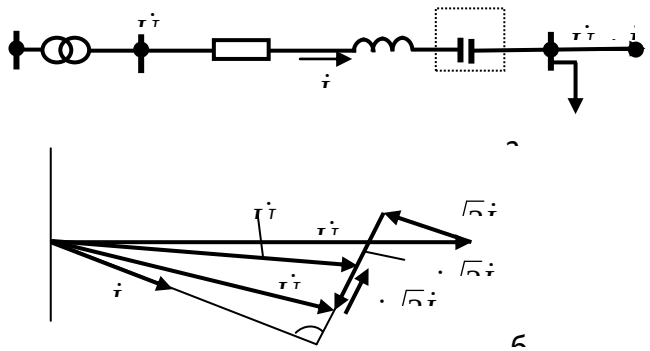
$$U_{2рух}=U_1- \sqrt{3}I_{12}(r_{12} +jx_{12})- \sqrt{3}I_n(-jx_k)$$

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, $U_{2рух}$, 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 $U_к$ ва улардаги токлар $I_к$ тенгдир:

$$U_к= \sqrt{3}\, I_{12}X_к, \qquad I_k= I_{12}= S_{12}/\sqrt{3}U_к .$$



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

$$m = I_п / I_{к.ном}.$$

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

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

Амалда ЭУЛ реактив қаршилигини қисман компенсациялаш қўлланилади (C<100%). Юкламани 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 боғликдир. 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, қисқа 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 қуйидаги ифодадан аниқланади (14.3,а-расм):

$$\Delta U_T = \frac{P_ю r_T + Q_ю x_T}{x_2}.$$

Бу ерда $P_ю$, $Q_{.ю}$- қувват оқимлари; $r_т$, $x_т$ - тармоқнинг актив ва реактив қаршиликлари.

Юқоридаги ифодадан кўринадики, кучланиш пасайиши тармоқдаги актив ва реактив қувват оқимларига боғлиқ. ЭУЛ орқали оқувчи актив қувват истеъмолчи қуввати билан белгиланади. Кучланишни ростлаш учун актив қувватни ўзгартириш мумкин эмас. Таъминловчи тармоқларда реактив қаршилик актив қаршиликка нисбатан катта бўлмаганлиги учун қувват оқимларини ўзгартириб ростлашда кучланиш пасайишига $Q_ю x_т$ кўпайтма ҳал қилувчи таъсир кўрсатади.

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

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

Компенсатор ўрнатишдан олдин ЭУЛ охиридаги кучланиш қуйидагича аниқланади:

$$U_2 = U_1 - \frac{P_ю r_T + Q_ю x_T}{U_2} \ . \qquad (14.3)$$

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

$$U_2 = U_1 - \frac{P_ю r_T + (Q_ю - Q_{ск}) x_T}{U_2} \ . \qquad (14.4)$$

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

$$Q_{ск} = \frac{(U_{2рух} - U_2)[U_{2рух} U_2 - (P_ю r_T + Q_ю x_T)]}{U_2 x_T}$$

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

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

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

Синхрон компенсаторлар ўта қўзғалиш ва кам қўзғалиш ҳолатларида ишлайди.

Ўта қўзғалганда улар $Q_{ск}^{у.к} = Q_{ск.ном}$ реактив кувватни ишлаб чиқаради ва кам қўзғалганда $Q_{ск}^{к.к} = 0{,}5 Q_{ск.ном}$ реактив қувватни истеъмол қилади. Реактив қувватнинг истеъмол қилиниши кучланиш исрофининг ортиши ва истеъмолчидаги кучланишни камайишига олиб келади. 14.3,б-расмда ўта қўзғалган ҳолат учун вектор диаграммалар тасвирланган.

СКни улашгача

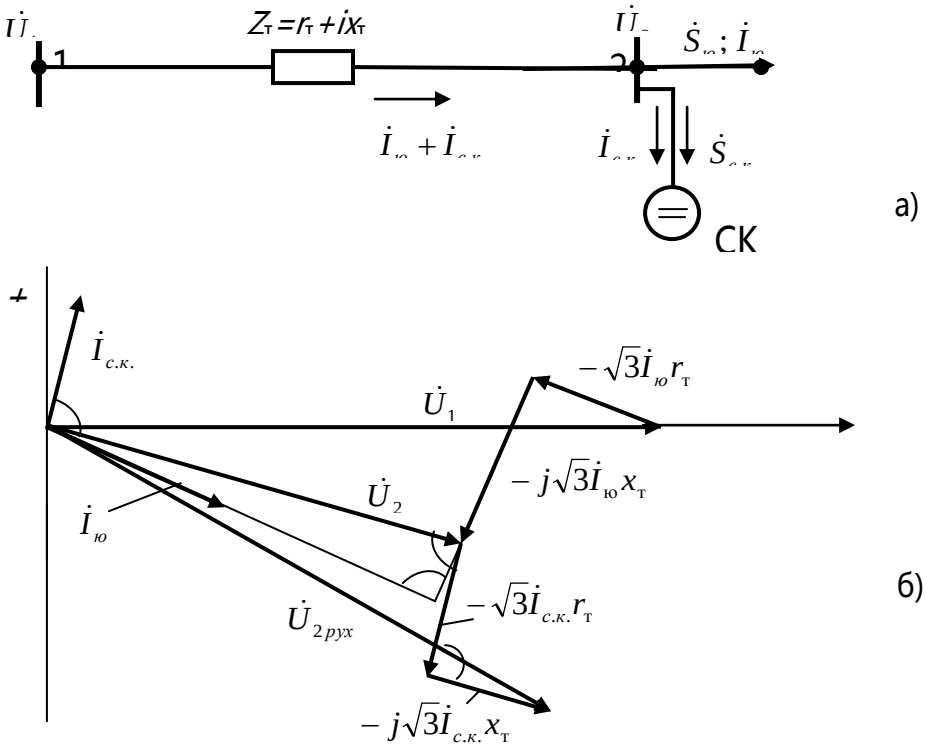
$$U_2 = U_1 - \sqrt{3} I_ю z_т;$$
$$U_2 = U_1 - \sqrt{3} I_ю r_т - j\sqrt{3} I_ю x_т \ .$$

СКни улагандан сўнг

$$U_{2рух} = U_1 - \sqrt{3}(I_ю + I_{ск}) z_т;$$

$$U_{2рух}=U_1-\sqrt{3}I_ю r_m - j\sqrt{3}I_ю x_m - \sqrt{3}I_{ск} r_m - j\sqrt{3}I_{ск} x_m .$$

СКнинг ўта қўзғалган ҳолатида тармоқда оқувчи $I_{ск}$ токи U_2 ни 90^0 га ортда қолдиради. Вектор диаграммадан кўринадики (14.3,б-расм), бу ҳолатда кучланиш модули U_2 дан $U_{2рух}$ гача ортади. Кам қўзғалиш ҳолатида СКнинг токи ва қуввати ўз йўналишини тескари томонга алмаштиради. Тармоқда оқувчи $I_{ск}$ ток U_2 кучланишдан 90^0 ортда қолади. Бу ҳолатда кучланиш модули U_2 дан $U_{2рух}$ 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 қаршиликни 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 қурсаткичлар.
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 лойҳалашнинг 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 лойҳалаш *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:

кўрилаётган энергетика системасининг мавжуд тармоғини таҳлил қилиш;

истеъмолчиларнинг электр юкламаларини 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) токларини ҳисоблаш, коммутацион аппаратларнинг узиш имкониятларига талабларни аниқлаш, ҚТ қувватларини чеклаш бўйича таклифларни ишлаб чиқиш;

сиғим токларини 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 тутади.

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

$$K=K_{ЭУЛ}+K_{нс} \qquad (15.1)$$

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

ЭУЛларни қуриш учун капитал маблағлар $K_{ЭУЛ}$ 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 $K_{нс}$ 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:

$$И = И_{эуй} + И_{нс} + И_{\Delta w} = \frac{\alpha_{а.эуй} + \alpha_{Т.эуй} + \alpha_{х.эуй}}{100} \cdot K_{эуй} + \\ + \frac{\alpha_{а.нс} + \alpha_{Т.нс} + \alpha_{х.нс}}{100} \cdot K_{нс} + И_{\Delta w}. \quad (15.2)$$

Бу ерда $И_{ЭУЛ}$, $И_{нс}$ - ЭУЛ ва нимстанциялар учун бир йил давомида фойдаланиш харажатлари; $И_{\Delta w}$ - бир йил давомида исроф бўлувчи электр энергия нархи; $\alpha_{а.ЭУЛ}$, $\alpha_{т.ЭУЛ}$, $\alpha_{х.ЭУЛ}$ - ЭУЛ учун аммортизация, жорий таъмир ва хизмат кўрсатиш йиллик чегирмаларининг нисбий бирликдаги қийматлари, 1/йил; $\alpha_{а.нс}$, $\alpha_{т.нс}$, $\alpha_{х.нс}$ - нимстанция учун аммортизация, жорий таъмир ва хизмат кўрсатиш йиллик чегирмаларининг нисбий бирликдаги қийматлари, 1/йил.

$\alpha_а$, $\alpha_т$, $\alpha_х$ ларнинг қийматлари қўлланмаларда келтирилган.

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

$$И = И_а + И_т + И_{х.} + И_{\Delta w} \quad (15.3)$$

Бу ерда, $И_а$ - аммортизацияга чегирмалар; $И_т$ - тармоқда жорий таъмирни амалга ошириш учун харажатлар; $И_х$ - тармоққа хизмат кўрсатишга чегирмалар; $И_{\Delta w}$ - исроф бўлувчи электр энергия нархи.

Аммортизация 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, аммортизация 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.

Аммортизация ва жорий таъмир қўшимча харажатлари қуйидагича ҳисобланади:

$$И_а = \alpha_а K, \quad (15.4)$$

$$И_т = \alpha_а K, \quad (15.5)$$

бу ерда $\alpha_а$- нисбий бирликдаги аммортизация чегирмалари, 1/йил;

$\alpha_т$- нисбий бирликдаги жорий таъмир чегирмалари, 1/йил.

Бир йил давомида исроф бўлувчи электр энергиянинг нархи қуйидагича ҳисобланади:

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

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:

$$C=И/W, \qquad (15.7)$$

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

Синов саволлари

1. Электр системаси ва тармоқларини лойиҳалашининг 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 тутади?
5. Электр тармоқларни лойиҳалашда фойдаланилувчи асосий иктисодий 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 исьеъмолчиларга 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 ишончлилик даражасини эътиборга олиш.
4. Электр тармоқни лойиҳалаштиришда номинал кучланишни танлаш.

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.

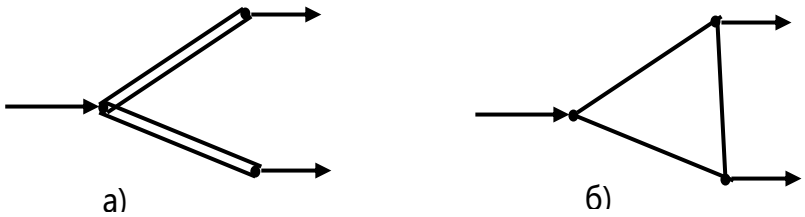
(**Адабиётлар:** 1-4, 6-9, 12-14).

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 ишончлиликда оладиган вариантлар солиштирилади.

Техник-иқтисодий жихатдан 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 $К_1>К_2$ ва $И_1>И_2$ бўлса, у ҳолда иккинчи вариант танланади. Тез-тез вариантларни солиштириш учун қийинроқ бўлган $К_1>К_2$, $И_1<И_2$ (ёки тескари) ҳолатлар учраб туради.



16.1-расм. Тармоқ схемасининг вариантлари:
а – радиал; б – ёпиқ

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

$$З=p_н К+И, \qquad (16.1)$$

бу ерда $К$- капитал маблағлар; $И$- йиллик фойдаланишдаги харажатлар. $И$ кўрилаётган вақт давомида ўзгармас деб қаралади; $p_н$ - капитал маблағлар нисбий самарадорлигининг норматив коэффициенти, $p_н=0,12$ 1/йил.

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

$$min_i\, З_i= min_i\, (p_н К_i+И_i), \qquad (16.2)$$

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:

$$З=\sum_{t=1}^{T}\frac{p_н K_t+\delta И_t}{(1+p_{н.к})^{t-1}}, \qquad (16.3)$$

бу ерда T - тармоқни қуриш даври бўлиб, бу даврдан сўнг капитал маблағ ишлатилмайди, фойдаланишдаги харажатлар эса йиллар бўйича ўзгармайди ва $И_t$ га тенг бўлади; $К_t$, U_t - ҳисобланаётган даврнинг t-чи йили учун капитал маблағлар ва йиллик фойдаланишдаги харажатлар; $p_{н.к}$=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 кўриладиган 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 тарнспортларини 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
$T_т$, 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 қобиляти;

ишдан чиқиш – иш қобилятининг 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 $У$ (минг сўм/йил) келтилилган харажат ифодасига киритилади:

$$З=p_нК + И + У \qquad (16.4)$$

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

$$У_м=\omega T_т P_{экат}\varepsilon_ю У_{ом}\ , \qquad (16.5)$$

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

ω ва $T_т$ нинг қийматлари қўлланмалардан олинади.

$\varepsilon_ю$ - олинган ишдан чиқишда узилиб қоладиган юкламани нормал ҳолатдаги умумий энг катта юкламасига 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.

$У_{ом}$ 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 узатилувчи 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 камайишига олиб келади. Бундан лойиҳалаштиришда номинал кучланишни тўғри танлашнинг муҳимлиги келиб чиқади.

Иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ номинал кучланиш қуйдаги қатор факорларга боғликдир: юклама қуввати, уларнинг таъминлаш марказларидан узоқлиги, 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 қуйидаги 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:

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

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

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

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

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

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

(16.6), (16.7) формулаларидан фарқли 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 эффективлигининг норматив коэффициенти 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; 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).

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

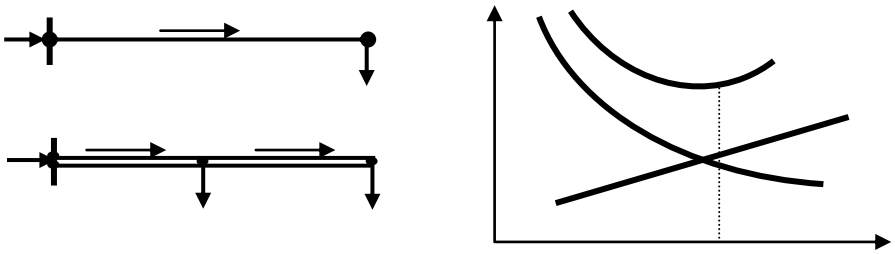
Кесим юзаларини токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш. 17.1-расмда тасвирланган ЭУЛ ўтказгичининг оптимал кесим аъзосини танлашни кўриб ўтамиз.

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

$$З(F)=p_н K+И \qquad (17.1)$$

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:

$$K=к_0L\ . \qquad (17.2)$$

Бу ерда L - ЭУЛнинг узунлиги, км;; $к_0$-солиштирма капитал маблағ;

$$K_0=a+вF, \qquad (17.3)$$

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

(17.1) даги $И$ нинг кесим юзасига боғланишини таҳлил қиламиз.

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

$$И_{\Delta w}=\beta\Delta W=\beta\Delta P_{экат}\tau=\beta 3I^2_{экат}r_л\tau=3\beta I^2_{экат}\rho L\tau/F, \qquad (17.4)$$

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

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

$$И_a+И_m=\alpha_э K=\alpha_э(a+вF)L, \qquad (17.5)$$

бу ерда $\alpha_э$ - амортизация ва жорий таъмир учун йиллик чегирма.

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

$$З(F)=(a+вF)(p_н+\alpha_э)L+\beta 3I^2_{экат}\rho L\tau/F=З_1+З_2\ . \qquad (17.6)$$

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

$$\partial З/\partial F=(p_н+\alpha_э)вL-\beta 3I^2_{экат}\rho L\tau/F^2_{иқ}=0 \qquad (17.7)$$

Бундан

$$F_{иқ}=I_{экат}\sqrt{3\beta\rho\tau/[в(P_н+\alpha_э)]} \qquad (17.8)$$

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

$$j_{иқ}=I_{экат}/F_{иқ} \qquad (17.9)$$

(Б.24), (Б.25) дан келиб чикадики,

$$j_{ик}=\sqrt{в(P_н+\alpha_э)/3\beta\rho\tau} \qquad (17.10)$$

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

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

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

$$F_{ик}=I_{экат}/j_{иқ} \qquad (17.11)$$

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

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

Қуйидаги 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 чиқувчи 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 хаводаги 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 токларида 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 фойдадаланиш тавсия этилади. Ҳисобий ток юкламаси, шунингдек 35-750 кВ кучланишли ҳаводаги ЭУЛ кесим юзасини иқтисодий интерваллар бўйича танлашда ҳам фойдаланилади.

Ҳаводаги ЭУЛ кесим юзаларини иқисодий 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 боuланишини кўзда тутади. Тўғри 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 унификацион таянчларда ўтказгич кесим юзасини ўзгариши билан капитал маблағ ўзгариши кўп материал ва монтажни талаб этувчи навбвтдаги 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) шартидан 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.

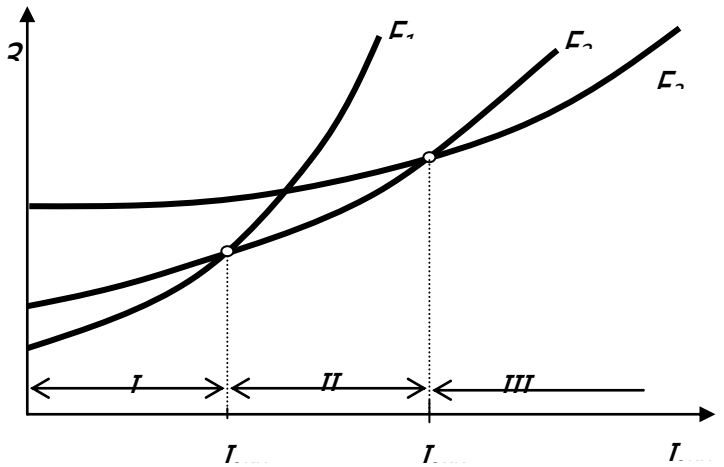
Юқорида кўрсатилган камчиликлардан бартараф бўлган кесим юзасини танлаш усули «Иқтисодий интерваллар усули» номини олган.

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

$$З=(p_н+\alpha_э)K+3I^2_{экат}r_л\tau\beta \qquad (17.12)$$

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 чизиқларнинг кесишиш нуқтаси юзалар F_1 ва F_2 бўлган вариантларда келтирилган харажатлар тенг бўладиган $I_{э.кат1}$ энг катта токни аниқлайди. Агар ЭУЛ токи $I_{э.кат1}$ 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 $I_{э.кат1}$ ва $I_{э.кат2}$ оралиғида бўлса, иккинчи кесим юза F_2, $I_{э.кат2}$ дан катта бўлса учинчи кесим юза F_3 иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ бўлади.



17.2-расм. Иқтисодий интерваллари қуриш.

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

$$I_ҳ=I_{э\ кат}\alpha_i\alpha_m\ , \qquad (17.13)$$

бу ерда $I_{э.кат}$ - 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 максимумиги тўғри келиши $K_м$ 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:

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

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 қаршиликлар ҳамда бунга мос равишда , энг катта кучланиш исрофи камаяди, чунки

$$\Delta U = (Pr + Qx) / U_н \qquad (17.15)$$

Ўтказгичларнинг солиштирма актив қаршилиги кесим юзасига тескари пропорционал равишда ўзгаради, реактив қаршилиги эса, кесим юзасига заиф боғланган. Таъминловчи электр тармоқларда F нинг ўзгариши билан x_o 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) шарти 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 ($j_{иқ}$ 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 $j_{иқ}$ бўйича, танлаш ва

сўнгра уни бошқа шартлар , масалан иссиқлик ва ҳ.қ. бўйича, текширишни назарда тутади. Иккинчи алгоритм эса стандарт кесим юзасини, аввало, ҳар бир шарт бўйича аниқлаш ва сўнгра улардан энг каттасини танлашни назарда тутади. 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 $\Delta U_{рух}$ 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 шарти бўйича танлаш ($F_{кj}=const=F$). 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 маркалари аниқланган (кесим юзасидан ташқари). $к$-чи тугун қуввати $S_к$, тугунлар ораларидаги масофа $l_{кj}$, рухсат этилган кучланиш исрофи $\Delta U_{рух}$ маълум.

ЭУЛда энг катта кучланиш исрофи қуйидагича топилади:

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

бу ерда $к$-ЭУЛ участкасининг бошланиши; j-ЭУЛ участкасининг охири; $r_{кi}$, $x_{кi}$-ЭУЛ участкасининг ґаршиликлари; $P_{кj}$, $Q_{кj}$ - ЭУЛ участкасидаги актив ва реактив қувват оқимлари.

ЭУЛда рухсат этилган кучланишни иккита ташкил этувчи кўринишида ифодалаймиз:

$$\Delta U_{рух}=\Delta U_{рух.а}+\Delta U_{рух.р.} \qquad (17.17)$$

бу ерда $\Delta U_{рух.а}$ - (Б.32) даги биринчи ташкил этувчиси бўлиб, у гўё актив қаршиликдаги рухсат этилган кучланиш исрофи; $\Delta U_{рух.р.}$- (17.16) даги иккинчи ташкил этувчи, яъни реактив қаршиликдаги рухсат этилган кучланиш исрофи.

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

$$\Delta U_{рух}=\Delta U_{рух.а}+\Delta U_{рух.р}=\frac{\sum\limits_{\substack{к=1\\ j=2}}^{m} P_{кj} r_{кj}}{U_н}+\frac{\sum\limits_{\substack{ђ=1\\ j=2}}^{m} Q_{кj} x_{кj}}{U_н}; \qquad (17.18)$$

бундан

$$\Delta U_{рух.а}=\frac{\sum\limits_{\substack{к=1\\ j=2}}^{m} P_{кj} r_{кj}}{U_н}; \qquad \Delta U_{рух.р}=\frac{\sum\limits_{\substack{к=1\\ j=2}}^{m} Q_{кj} X_{кj}}{U_н}; \qquad (17.18а)$$

Кесим юзаси ўзгариши билан солиштирма 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 қуйидаги 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 $\Delta U_{рух.р} = \dfrac{\sum\limits_{\substack{к=1\\ j=2}}^{m} Q_{кj} x_0 l_{кj}}{U_н}$; ҳисобланади;

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

г) кесим юзаси F аниқланади.

ЭУЛ актив қаршилигидаги рухсат этилган кучланиш исрофи:

$$\Delta U_{рух.а}=\frac{\sum\limits_{\substack{к=1\\ j=2}}^{m} P_{кj} r_0 l_{кj}}{U_н}.$$

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

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

Сўнгги иккита ифодадан

$$\Delta U_{рух.а} = \frac{\sum\limits_{\substack{к=1\\ j=2}}^{m} P_{кj} l_{кj}}{\gamma F U_н} = \frac{1}{\gamma F}\sum\limits_{\substack{к=1\\ j=2}}^{m} \sqrt{3} I_{кj} l_{кj} \cos\varphi_{кj} \qquad (17.19)$$

(17.19) дан кесим юзасини қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$F=\frac{\sum\limits_{\substack{к=1\\ j=2}}^{m} \sqrt{3} I_{кj\ кj} \cos\varphi_{кj}}{\gamma \Delta U_{рух.а}}. \qquad (17.20)$$

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 ҳолатиги тўғри келади, яъни бунда ЭУЛнинг барча участкаларида ток зичлиги бир хил бўлади:

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

бу ерда $j_{\Delta U}$ - рухсат этилган кучланиш исрофи бўйича танланувчи ток зичлиги. Бу қўшимча 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 $F_{кj}$ ҳар хил, бироқ ток зичлиги $j_{\Delta U}$ бир хил.

Тақсимловчи 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 $\Delta U_{рух.р}$ ва $\Delta U_{рух.а}$ 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:

$$j_{\Delta U} = \frac{\Delta U_{рух.а}\gamma}{\sqrt{3}\sum\limits_{\substack{к=1\\ j=2}}^{m} I_{кj}\cos\varphi_{кj}}$$

Топилган ток зичлиги бўйича ҳисобий кесим юзаси осон аниқланади:

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

Ҳисобланган кесим юзаси энг яқин стандартига яхлитланади. ЭУЛ участкаларининг актив ва реактив қаршиликлари $r_{кj}$, $x_{кj}$ 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 қўшимча шарт металл иқтисоди электр энергия иқтисодига нисбатан муҳимроқ бўлган кам юкланмган ҳолларда, хусусан, қишлоқ электр тармоқларини лойиҳалашда фойдаланилади. n-та юкламага эга бўлган ҳолатда охирги $(n-1)$- участка ЭУЛнинг кесим юзаси қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$F_{(n-1)n} = \frac{\rho\sqrt{P_{(n-1)n}}}{\Delta U_{рух.а} U_{н}} \sum\limits_{\substack{к=1\\ l=2}}^{n} l_{кj}\sqrt{P_{кj}} ;$$

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

Қолган участкаларнинг кесим юзалари қуйидаги муносабатлар асосида топилиши мумкин:

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

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 тутади.

Синов саволлари

1. Электр тармоқларнинг иқтисодий кўрсаткичлари ЭУЛ ўтказгичларининг кесим юзасига қандай боғлиқ?
2. Токнинг иқтисодий зичлиги нима? У қандай аниқланади?

3. ¡тказгичларнинг кесим юзаси токнинг иқтисодий зичлиги бўйича қандай танланади?
4. ¡ткагичларни токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш усулининг қўлланилиш соҳаси қандай?
5. ¡тказгичларни токнинг иқтисодий зичлиги бўйича танлаш усулининг афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?
6. ¡тказгичларни иқтисодий интерваллар усулида танлашнинг маъносини тушунтиринг.
7. Иқтисодий интерваллар усулининг қўлланиш соҳаси қандай?
8. Иқтисодий интерваллар усулининг афзаллик ва камчиликлари нималардан иборат?
9. ¡тказгичларни кучланиш исрофининг рухсат этилган қиймати бўйича танлаш усулининг маъносини тушунтиринг. Бу усул қандай тармоқларда қўлланилади?
10. ¡тказгичларни ЭУЛнинг барча участкаларида кесимюзаларини бир хил бўлиши шарти бўйича танлаш усулининг маъносини тушунтиринг. Бу усул қандай тармоқларда қўлланилади?
11. ¡тказгичларни ЭУЛда қувват исрофининг минимал бўлиш шарти бўйича танлаш усулининг маъносини тушунтиринг. Бу усул қандай тармоқларда қўлланилади?
12. ¡тказгичларни фойдаланилувчи матераилнинг минимал бўлиш шарти 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 исрорфини 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:

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

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.

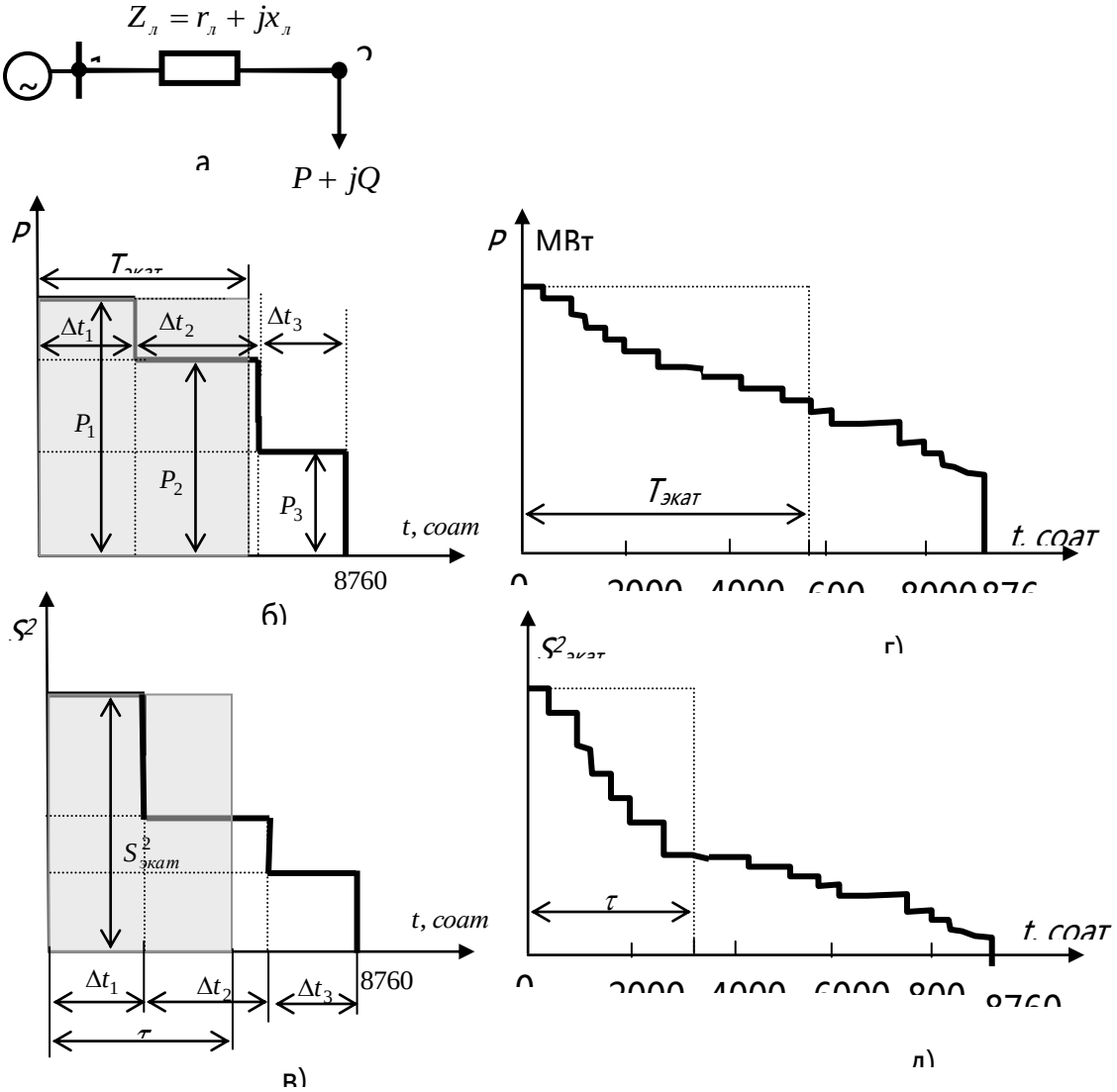
Йиллик *юклама графиги* бўйича йиллик энергия исрофини аниқлаш мумкин. Бунинг учун ҳар бир ҳолат учун қувват ва энергия исрофлари аниқланади. Сўнгра, бу исрофлар қўшилади ва йиллик электр энергия исрофи аниқланади.

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

$$\Delta P_1 = \frac{S_1^2}{U_1^2} r_л \quad . \tag{18.2}$$

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

$$\Delta W_1 = \Delta P_1 \Delta t_1 \ . \tag{18.3}$$



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 графиклари; в,г – уч пағонали ва кўп пағонали S^2 графиклари

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

$$\Delta P_2 = \frac{S_2^2}{U_2^2} r_л \quad ; \tag{18.4}$$

$$\Delta W_2 = \Delta P_2 \Delta t_2 \ , \tag{18.5}$$

юклама P_3 бўлган ҳолат учун

$$\Delta P_3 = \frac{S_3^2}{U_3^2} r_л \quad . \tag{18.6}$$

$$\Delta W_3 = \Delta P_3 \Delta t_3 \quad . \tag{18.7}$$

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:

$$\Delta P_i = \frac{S_i^2}{U_i^2} r_л, \quad i = 1,...N \, , \tag{18.8}$$

$$\Delta W = \sum_{i=1}^{N} \Delta P_i \Delta t_i \, . \tag{18.9}$$

Бу ерда Δt_i-юклама графигининг i-пағонаси давомийлиги.

Δt_i вақт давомида трансформаторда қувват ва энергия исрофлари қуйидагича ҳисобланади:

$$\Delta P = \Delta P_к \left(\frac{S_{2i}}{S_{ном}} \right)^2 + \Delta P_c ; \tag{18.10}$$

$$\Delta W = \left[\Delta P_к \left(\frac{S_{2i}}{S_{ном}} \right)^2 + \Delta P_c \right] \Delta t_i \, . \tag{18.11}$$

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

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

$$\Delta P_i = \frac{1}{k} \Delta P_к \left(\frac{S_{2i}}{S_{ном}} \right)^2 + k \Delta P_c ; \tag{18.12}$$

$$\Delta W = \left[\Delta P_к \left(\frac{S_{2i}}{S_{ном}} \right)^2 + \Delta P_c \right] \Delta t_i \, . \tag{18.13}$$

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 $\Delta P_{экат}$ топилади. Йил давомида энергия исрофини бу қувват исрофини энг катта исрофлар вақти τ га кўпайтириб топилади:

$$\Delta W = \Delta P_{экат} \tau \, . \tag{18.14}$$

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,

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

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:

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

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

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

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

$S^2 = f(t)$ графикни қурамиз (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:

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

Агар $r_л / U_{ном}^2 = const$ эканлигини эътиборга олсак, Δt_i вақт давомида исроф бўлувчи энергия маълум масштабда $S_t^2 \Delta t_i$ га тенг, яъни томонлари Δt_i ва S_t^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

$$S_{экат}^2 \tau = \sum_{i=1}^{N} S_i^2 \Delta t_i . \qquad (18.18)$$

Пик қуринишидаги графиклар учун τ нинг қиймати қуйидаги империк формуладан топилади:

$$\tau = (0{,}124 + \frac{T_{экат}}{10000})^2 \cdot 8760 . \qquad (18.19)$$

(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:

$$\tau = 2T_{кат} - T + \frac{T - T_{экат}}{1 + \frac{T_{экат}}{T} - \frac{2P_{экич}}{P_{экат}}} \left(1 - \frac{P_{экич}}{P_{экат}}\right)^2 . \qquad (18.19а)$$

Қатор турли хил характерли юклама графиклари учун ҳисоблаш йўли билан $\tau = f(T_{экат}, \cos\varphi)$ боғланишни қуриш мумкин ва ундан фойдаланиб, маълум $T_{экат}$ ва $\cos\varphi$ лар бўйича 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 қуйидаги 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 истеъмолчиларнинг мавжудлиги; ўғирлашлар ва ҳ.к. лар билан белгиланади.

Ҳозирги даврда мавжуд электр энергия исрофини камайтириш тадьирларини уч группага 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 қувват 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 бўича қандай аниқланади?
7. Трансформаторда қувват 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 (ташкил 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 втузов. – 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. Кўшимча 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.