

УДК 373.1:373.2

*Otamirzaev Olimjon Usubovich.*

*Namangan Engineering Construction Institute.*

*Uzbekistan, Namangan*

*Usmonaliev Khasanboy Ismonalievich (student).*

*Namangan Civil Engineering Institute.*

*Uzbekistan, Namangan*

**OPTIMIZATION AND IMPROVEMENT OF ENERGY  
EFFICIENCY IN ELECTRIC NETWORKS DUE TO SPLITTING THE  
PHASES OF LINE WIRES**

*Annotation.* The article analyzes methods for optimizing the operation of electrical networks by splitting the phases of linear wires. At the same time, it was calculated how much the transfer properties of the line increase and how much energy losses decrease, and how much money is saved when splitting the phases of linear wires in electrical networks.

*Key words:* Power loss, energy efficiency, optimization, electrical networks, power flow, line transfer properties, phase splitting of linear wires.

*Отамирзаев Олимжон Усубович.*

*Наманган муҳандислик-қурилиш институти.*

*Ўзбекистон, Наманган ш.*

*Усмоналиев Хусанбой Исмонали ўғли (талаба).*

*Наманган муҳандислик-қурилиш институти.*

*Ўзбекистон, Наманган ш.*

**ЛИНИЯ СИМЛАРИНИ АЖРАТИШ ОРҚАЛИ ЭЛЕКТР  
ТАРМОҚЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШ ВА ЭНЕРГИЯ  
САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

*Аннотация.* Мақолада линия симларини ажратиш орқали электр тармоқлари иш режимини оптималлаш усуллари таҳлил қилинган. Шу билан бирга электр тармоқларида линия симларини ажратилганда

линиянинг узатувчанлик хусусияти неча фоизга ошиши ва энергия исрофи қанчага камайиши ҳамда бу билан қанча маблағ тежалиши ҳисоблаб берилган.

**Калит сўзлар:** Қувват исрофи, энергия самарадорлиги, оптималлаштириш, электр тармоқлари, қувват оқими, линиянинг ўтказувчанлик хусусияти, фаза симларини ажратиш.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЗА СЧЕТ РАСЩЕПЛЕНИЯ ФАЗ ЛИНЕЙНЫХ ПРОВОДОВ**

*Отмирзаев Олимжон Усубович.*

*Наманганский инженерно-строительный институт.*

*Узбекистан, г. Наманган*

*Усмоналиев Хасанбой Исмоналиевич (студент).*

*Наманганский инженерно-строительный институт.*

*Узбекистан, г. Наманган*

**Аннотация.** В статье анализируются методы оптимизации режима работы электрических сетей путем расщепления фаз линейных проводов. При этом подсчитано, насколько увеличиваются передаточные свойства линии и насколько уменьшаются потери энергии, и сколько при этом экономится денежных средств при расщеплении фаз линейных проводов в электрических сетях.

**Ключевые слова:** Потеря мощности, энергоэффективность, оптимизация, электрические сети, переток мощности, передаточные свойства линии, расщепления фаз линейных проводов.

Электроэнергетика тизимини модернизация қилиш, энергия истеъмолини камайтириш ва энергия тежашнинг самарали тизимини жорий этиш чораларини амалга ошириш, иқтисодиётимизнинг

рақобатдошлигини янада кучайтириш, аҳоли фаровонлигини юксалтириш кўп жиҳатдан бизнинг мавжуд ресурслардан, биринчи навбатда, электр ва энергия ресурсларидан қанчалик тежамли фойдалана олишимизга боғлиқдир.

Ҳар бир давлат ўз олдига қўйган мақсадларига эришиш учун ўзига хос ва ўзига мос ислоҳотларни амалга оширади. Бу ўринда мамлакатимизда электр энергетика соҳасида олиб борилаётган ислоҳотлар жамият ҳаётида долзарб аҳамиятга эга. Бинобарин, Ўзбекистон Республикаси энергетикасини ислоҳ қилишнинг асосий мақсадлари иқтисодиётнинг барқарор фаолияти ва ривожланишини таъминлаш, электр энергиясини ҳосил қилиш ва унинг тежамкорлигини ошириш, истеъмолчиларга сифатли ва узлуксиз электр энергияси етказиб беришдир.

Йирик ишлаб-чиқариш ва илмий-техник салоҳиятга эга бўлган мамлакатимиз энергетикаси бутун халқ хўжалиги комплексининг ривожланишига салмоқли таъсир кўрсатиб келмоқда. Ялпи электрлаштириш ватанимиз шаҳарлари ва вилоятларининг ишлаб чиқариши ва инфратузилмасини ривожлантиришга, халқ хўжалигининг барча тармоқларини индустриал юксалтиришга имкон берди.

Электр тармоқ объектларини лойихалаш ва эксплуатация қилиш жуда катта маблағ эвазига амалга оширилади. Шунинг учун ҳам бу маблағларни сарфланганда ундан албатта етарлича фойда ҳам кўзда тутилади.

Электр энергетика тизимларини лойихалашда ҳар бир кичик параметрларни ҳам ҳисобга олиш керак, чунки бу тизим жуда узоқ вақт ишлатишга мўлжалланган бўлади. Агар хато қилинган бўлса, уни тузатиш учун иш жараёнида яна маълум бир маблағ сарф қилишга тўғри келади.

Масалан, маълум бир тармоқнинг истиқболдаги юкламаси одатда аниқ бўлмайди. Бунда юкламани ҳисоблашда учта кўрсаткич (энг катта, энг кичик ва ўртача) учун электр тармоқ параметрлари ҳисобланади ва

бундан энг мақбули танлаб олинади. Ҳар қандай ҳолда ҳам ЭТ параметрларини оптималлашда маълум бир оптималлаш мезони бўлиши керак.

Одатда умумий оптималлаш мезони сифатида битта кўрсаткич эмас, балки бир неча кўрсаткичларни эътиборга олиш керак бўлади. Масалан, мезон кўрсаткичи сифатида капитал сарфлар (харажатлар), электр энергия исрофи, электр таъминотининг узлуксизлик даражаси, атроф-муҳитга таъсир даражаси ва бошқа омиллар бўлиши мумкин.

Одатда кўп кўрсаткичли мезонлар бўйича электр энергетика тизимларини оптималлаш жуда мураккаб бўлганлиги сабабли бунда маълум бир электр энергетика тизимлари (ЭЭТ)нинг кўрсаткичи асосий мезон сифатида олинади ва шу бўйича ЭЭТ оптималлаштирилади, қолган кўрсаткичлар эса маълум бир чеклов кўрсаткичлари сифатида олинади.

Электр энергия тизимларини эксплуатация қилиш давридаги оптималлаш масалалари лойиҳалашдагидан анчагина фарқ қилади, бунда электр энергия тизимини энг яхши иш режими қўшимча капитал харажатларсиз амалга ошириш кўзда тутилади. Шунинг учун оптималлашнинг умумий мезон кўрсаткичи сифатида йиллик сарф-харажатлар олинади. Агар йиллик сарф-харажатларни асосий қисмини электр энергияни исрофлари ташкил этишини ҳисобга олсак, иқтисодий мезон кўрсаткичларидан бошқа мезон кўрсаткичларига ўтиш мумкин. Маълум бир вақт оралиғидаги электр таъминотини иш режимини оптималлашда, асосий мезон кўрсаткичи сифатида электр энергия исрофи олинади.

$$\Delta W = \sum_{i=1}^n \Delta W_i \rightarrow \min$$

Бу ерда  $\Delta W_i$ - кўрилатган вақт оралиғи учун  $i$ -чи элементдаги электр энергия исрофи.

$n$ -тармоқдаги элементлар сони.

Электр энергия тизимларини эксплуатация даврида оптималлашнинг қуйидаги қўшимча капитал харажатлар талаб қилмайдиган йўлларини келтириш мумкин:

- Очиқ тарқатиш тармоқларидаги ишчи кучланишни ошириш.
- Юқори кучланишли электр тармоқларидаги кучланишни оптималлаш.
- Электр тармоқларилардаги кучланиш ва реактив қувватни оптималлаш.
- Ёпиқ контур ҳосил қилувчи электр тармоқлари (35 кВ ва ундан юқори)нинг узилиш жойини оптималлаш.
- Подстанциядаги трансформаторларни иш режимини оптималлаш.
- Бир хил параметрдаги, тармоқнинг параллел элементларини юкламасини тенглаш (бир хиллаштириш)
- Уч фазали тармоқдаги ҳар бир фаза юкламасини тенглаш.
- Электр тармоқлари элементларини таъмирлаш жараёни вақтини қисқартириш.

Яна шуни таъкидлаш мумкинки, эксплуатация вақтидаги оптималлаш йўллари қўшимча капитал харажатлар талаб этмайди, шунинг учун ундан амалда максимал фойдаланишни йўлга қўйиш керак.

Кучланиши **220 кВ**, узунлиги **L=300 км** бўлган **АС600/72** маркали ЭУЛ ни **АС300/48** маркали икки симли линияга алмаштирилгандаги линиянинг солиштирма параметрларини ва ўтказувчанлик хусусиятини ўзгаришини аниқлаймиз. Бунда линиялар орасидаги масофа **D=7,0 метр**, ажратилган фаза симлари орасидаги масофа **a<sub>ўр</sub>=40 см=400 мм**

Биринчи бўлиб, фаза симлари ажратилмаган АС600/72 маркали ва фаза симлари ажратилган АС300/48 маркали икки симли ЭУЛ нинг солиштирма параметрларини ва ўтказувчанлик хусусиятини аниқлаймиз, сўнгра бу параметрларни бир-бири билан солиштирамиз.

Фаза симлари ажратилмаган линия симлари орасидаги ўртача геометрик масофани аниқлаймиз:

$$D_{\text{ўр}} = 1,26 \cdot D = 1,26 \cdot 7,0 = 8,82 \text{ метр}$$

Маълумотномалардан АС600/72 маркали симнинг ташқи диаметрини ва солиштира параметрларини аниқлаймиз:

$$d_{\text{сим}} = 2r_{\text{сим}} = 33,1 \text{ мм}; \quad R_0 = 0,055 \text{ Ом/км}; \quad X_0 = 0,4 \text{ Ом/км};$$

$$b_0 = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ Ом/км}$$

Ушбу фаза симлари ажратилмаган линиянинг солиштира параметрларини ҳисоб-китоблар орқали аниқлаймиз:

Солиштира актив қаршилик:

$$R_0(1) = 1,05 \frac{\rho}{F} = 1,05 \frac{30}{600} = 0,052 \text{ Ом/км};$$

Линиянинг актив қаршилиги:

$$R_L(1) = R_0 \cdot L = 0,052 \cdot 300 = 156 \text{ Ом}$$

Солиштира индуктив қаршилик:

$$X_0(1) = 0,144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{ўр}}}{r_{\text{сим}}}\right) + 0,016 = 0,144 \cdot \lg\left(\frac{8,82 \cdot 10^3}{16,55}\right) + 0,016 = 0,409 \text{ Ом/км}$$

Линиянинг индуктив қаршилиги:

$$X_L(1) = X_0 \cdot L = 0,409 \cdot 300 = 122,7 \text{ Ом}$$

Солиштира сиғим қаршилик:

$$b_0(1) = \frac{7,58}{\lg\left(\frac{D_{\text{ўр}}}{r_{\text{сим}}}\right)} \cdot 10^{-6} = \frac{7,58}{\lg\left(\frac{8,82 \cdot 10^3}{16,55}\right)} \cdot 10^{-6} = 2,78 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}$$

Фаза симлари ажратилмаган линиянинг солиштира тўла қаршилигини аниқлаймиз:

$$Z_0(1) = \sqrt{R_0^2 + X_0^2} = \sqrt{0,052^2 + 0,409^2} = 0,412 \text{ Ом/км}$$

Линиянинг тўла қаршилиги:

$$Z_L(1) = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = \sqrt{156^2 + 122,7^2} = 198,5 \text{ Ом}$$

Фаза симлари ажратилмаган линиянинг тўлқин қаршилигини аниқлаймиз:

$$Z_T(1) = \sqrt{X_0/b_0} = \sqrt{0,409/2,78 \cdot 10^{-6}} = 384 \text{ Ом}$$

Фаза симлари ажратилмаган линиянинг чегаравий қувватини аниқлаймиз:

$$P_{\text{хис}}(1) = \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{Z_T} = \frac{220^2}{384} = 126 \text{ МВт}$$

Фаза симлари иккига ажратилган линия (АС300/48 маркали икки симли ЭУЛ)нинг солиштира параметрларини ҳисоб-китоблар орқали аниқлаймиз:

Солиштира актив қаршилик:

$$R_0(2) = 1,05 \frac{\rho}{2F} = 1,05 \frac{30}{2 \cdot 300} = 0,052 \text{ Ом/км}$$

Линиянинг актив қаршилиги:

$$R_L(2) = R_0 \cdot L = 0,052 \cdot 300 = 156 \text{ Ом}$$

Симнинг эквивалент радиусини ҳисоблаймиз:

$$r_{\text{эқв}} = \sqrt[n]{r_{\text{сим}} \cdot a_{\text{yp}}^{n-1}} = \sqrt[2]{12,1 \cdot 400} = 69,6 \text{ мм}; \text{ бу ерда } n = 2 \text{-ажратилган симлар}$$

сони;

Солиштира индуктив қаршилик:

$$X_0(2) = 0,144 \cdot \lg\left(\frac{D_{\text{yp}}}{r_{\text{эқв}}}\right) + \frac{0,016}{n} = 0,144 \cdot \lg\left(\frac{8,82 \cdot 10^3}{69,6}\right) + \frac{0,016}{2} = 0,311 \text{ Ом/км}$$

Линиянинг индуктив қаршилиги:

$$X_L(2) = X_0 \cdot L = 0,311 \cdot 300 = 93,3 \text{ Ом}$$

Фаза симлари иккига ажратилган линиянинг солиштира тўла қаршилигини аниқлаймиз:

$$Z_0(2) = \sqrt{R_0^2 + X_0^2} = \sqrt{0,052^2 + 0,311^2} = 0,315 \text{ Ом/км}$$

Линиянинг тўла қаршилиги:

$$Z_L(2) = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = \sqrt{156^2 + 93,3^2} = 181,8 \text{ Ом}$$

Солиштирма сиғим ўтказувчанлик:

$$b_0(2) = \frac{7,58}{\lg\left(\frac{D_{yp}}{r_{эвб}}\right)} \cdot 10^{-6} = \frac{7,58}{\lg\left(\frac{8,82 \cdot 10^3}{69,6}\right)} \cdot 10^{-6} = 3,60 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}$$

Фаза симлари иккига ажратилган линиянинг тўлқин қаршилигини аниқлаймиз:

$$Z_T(2) = \sqrt{X_0/b_0} = \sqrt{0,311/3,60 \cdot 10^{-6}} = 294 \text{ Ом}$$

Фаза симлари иккига ажратилган линиянинг чегаравий қувватини аниқлаймиз:

$$P_{хис}(2) = \frac{U_{ном}^2}{Z_T} = \frac{220^2}{294} = 165 \text{ МВт}$$

Фаза симлари ажратилмаган АС600/72 маркали ва фаза симлари ажратилган АС300/48 маркали икки симли ЭУЛ нинг солиштирма параметрларини ва ўтказувчанлик хусусиятларини бир-бири билан солиштирамиз.

Солиштирма индуктив қаршилик бўйича:

$$\delta(X_0) = \frac{X_0(2)}{X_0(1)} \cdot 100\% = \frac{0,311}{0,409} \cdot 100\% = 76,0\%$$

Бундан фаза симлари ажратилмаган линияга нисбатан фаза симлари ажратилган икки симли ЭУЛ нинг солиштирма индуктив қаршилиги 24% кам эканлигини кўриш мумкин.

Солиштирма сиғим ўтказувчанлик бўйича:

$$\delta(b_0) = \frac{b_0(2)}{b_0(1)} \cdot 100\% = \frac{3,60 \cdot 10^{-6}}{2,78 \cdot 10^{-6}} \cdot 100\% = 129,5\%$$

Бундан фаза симлари ажратилмаган линияга нисбатан фаза симлари ажратилган икки симли ЭУЛ нинг солиштирма сиғим ўтказувчанлиги 29,5% кўп эканлигини кўриш мумкин.

Солиштирма тўла қаршилик бўйича:

$$\delta(Z_0) = \frac{Z_0(2)}{Z_0(1)} \cdot 100\% = \frac{0,315}{0,412} \cdot 100\% = 76,4\%$$



Бунда фаза симлари ажратилмаган линияга нисбатан фаза симлари ажратилган икки симли ЭУЛ нинг солиштирма тўла қаршилиги 23,6% га камайади.

Чегаравий қувват бўйича:

$$\delta(P_x) = \frac{P_x(2)}{P_x(1)} \cdot 100\% = \frac{165}{126} \cdot 100\% = 131\%$$

Бунда фаза симлари ажратилмаган линияга нисбатан фаза симлари ажратилган икки симли ЭУЛ нинг ўтказувчанлик хусусияти 31% га ошади.

Юқоридаги бўлимлардаги ҳисоблаш натижаларидан фойдаланиб, фаза симлари ажратилмаган АС600/72 маркали ва фаза симлари ажратилган АС300/48 маркали икки симли ЭУЛ нинг солиштирма параметрларини ва ўтказувчанлик хусусиятларини бир-бири билан солиштирамиз:

Агар ЭУЛ орқали ўзатилаётган қувват ўрта ҳисобда 100 МВт бўлса, фаза симлари ажратилмаган АС600/72 маркали ва фаза симлари ажратилган АС300/48 маркали икки симли линиялардаги қувват исрофлари қуйидагича аниқланади:

$$\Delta P(1) = \frac{P^2 \cdot R}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi_1} = \frac{100^2 \cdot 156}{220^2 \cdot 0,90^2} = 4,97 \text{ МВт};$$

$$\Delta P(2) = \Delta P \cdot \frac{70\%}{100\%} = 4,97 \cdot \frac{70\%}{100\%} = 3,47 \text{ МВт};$$

Фаза симлари ажратилмаган ЭУЛ учун йиллик электр энергия исрофи ҳисоблаймиз:

$$\Delta W(1) = \Delta P(1) \cdot T = 4,97 \cdot 8760 = 4353,7 \text{ МВт} \cdot \text{соат};$$

Фаза симлари иккига ажратилган ЭУЛ учун йиллик электр энергия исрофи ҳисоблаймиз:

$$\Delta W(2) = \Delta P(2) \cdot T = 3,47 \cdot 8760 = 3039,7 \text{ МВт} \cdot \text{соат};$$

Йиллик электр энергия исрофи камайишини ҳисоблаймиз:

$$\delta W_{\text{йил}} = \Delta W(1) - \Delta W(2) = 4353,7 - 3039,7 = 1314 \text{ МВт}\cdot\text{соат.}$$

Йиллик электр энергия исрофини камайтириш ҳисобига олинадиган фойдани ҳисоблаймиз:

$$D_{\text{йил}} = \delta W_{\text{йил}} \cdot \beta = 1314 \cdot 295 = 387 \text{ 630 минг сўм};$$

Бу ерда  $\beta = 295$  сўм/кВт·соат - 1 кВт·соат электр энергия нархи.

Ҳисоблаш натижаларини таҳлил қилганимизда маълум бўлдики кучланиши **220 кВ**, узунлиги **L=300 км** бўлган **АС600/72** маркали ЭУЛ ни **АС300/48** маркали икки симли линияга алмаштирилгандаги ЭУЛ нинг ўтказувчанлик хусусияти 31% га ошади ҳамда электр энергия исрофи 1314 МВт·соатга камаяди, бу эса йиллик дароматни 387 миллион 630 минг сўмга ошишига олиб келади.

#### **Фойдаланилган адабиётлар рўйҳати**

1. Otamirzaev, O. U., Zokirova, D. N. M., & Sharipov, F. F. (2019). USE OF ENERGY SAVING CABLES IN ELECTRIC ENERGY TRANSFER. Научное знание современности, (3), 92-96.
2. Набиев, М. Я. (2020). Проблемы и перспективы развития электроэнергетики в современных условиях. Экономика и социум, (5-2), 3-5.
3. Герасимов А.А. и другие. Передача и распределение электрической энергии. Краснодар. Феникс, 2018 год.
4. Пахомов М.А. Современный опыт энергосбережения зарубежных стран. Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral» №1 2019 год.
5. Usubovich, O. O., & Nematillaevna, Z. D. (2022). Problems Arising From the Use of the Case-Study Method and Methods of Their Prevention. CENTRAL ASIAN JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES AND HISTORY, 3(6), 5-10.

6. Юсупов, О. Я., Зокирова, Д. Н., Тойчиева, М. О., & Мухиддинова, Ф. Б. (2019). Методы и средства контроля показателей качества электрической энергии. Экономика и социум, (3 (58)), 512-515.
7. Атамирзаев, Т. У., & Зокирова, Д. Н. (2019). Modern technologies and devices with use of secondary energy sources in uzbekistan and in the world. Научное знание современности, (2), 39-43.
8. Valijonova, X. M., & Nabiev, M. Y. (2022). OPPORTUNITIES USING OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN UZBEKISTAN. Экономика и социум, (2-1 (93)), 157-160.
9. Turgunpulatovich, A. O., & Usubovich, O. O. (2019). Economic relations of employment in the republic of Uzbekistan. Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR), 8(7), 95-100.
10. Атамирзаев, Т. У., Зокирова, Д. Н., Абдусатторов, Н. Н., & Исмоилов, Х. А. (2019). Энергосбережения при внедрении в производство асинхронных двигателей с совмещёнными обмотками (адсо). Экономика и социум, (3 (58)), 125-128.