

ЭЛЕКТР УЗАТИШ ЛИНИЯЛАРИНИНГ КЎНДАЛАНГ КЕСИМ ЮЗАЛАРИНИ ТАНЛАШ УЧУН ЮКЛАМАЛАРНИ ИҚТИСОДИЙ ИНТЕРВАЛИ ТАҲЛИЛИ

*Рахимов Фаррух Мовлидинович, техника
фанлари бўйича фалсафа фанлари доктори
PhD, НДКИ доцент в.б.*

*Таслимов Абдурахим Дехканович, техника
фанлари доктори, Ислом Каримов номидаги
Тошкент давлат техника университети
профессори*

Аннотация. Ушбу мақолада Республикамиз электр энергетикасини ривожлантиришда тизимнинг асосий параметрларини танлаш учун замонавий ёндашувлардан фойдаланиш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга ошириш, жумладан электр узатиш тармоқларини оптималлаштириш, янгилаш ва ишончлилигини ошириш усулларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилиши ҳамда электр узатиш линиялари ўтказгичларини энг мақбул кўндаланг кесим юзасини танлаш муаммоси ва ушбу муаммони ҳал қилиш учун иқтисодий интерваллар усули кенг қўлланилиши ҳақида ёзилган. Бундан ташқари 2017 – 2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида « ...иқтисодиётнинг энергия ва ресурслар сиғимларини қисқартириш, иқтисодиёт тармоқларида энергия сарфини камайтиришнинг мақсадли параметрларига мувофиқ амалга ошириладиган энергия тежовчи технологияларни ишлаб чиқаришга кенг жорий этиш... » вазифалари белгиланган ва бу вазифаларни бажариш учун хусусан, электр тармоқларининг оптимал параметрларини аниқлаш, уларнинг ишончлилигини оширишда назарий ва илмий ишларни олиб бориш ҳамда қишлоқ электр тармоқларини лойиҳалаш, қуриш, модернизация қилиш ва ишлатиш бўйича тегишли тавсиялар олиш муҳим масалалардан бири ҳисобланиши ўз аксини топган.

Калит сўзлар: иқтисодий интервал, эксплуатация, ҳисобий давр, силжиш коэффициенти, узоқ муддатли рухсат этилган юклама токи, кучланишнинг рухсат этилган йўқотилиши.

Annotation. In this article it is written about the implementation of extensive coverage measures on the use of modern approaches to the selection of the main parameters of the system in the development of electrical energy of the Republic, including the development of methods for optimization, renewal and reliability of power transmission networks, as well as the problem of selection of the optimal cross-section. In addition, in the strategy of action on further development of the Republic of Uzbekistan in 2017-2021 " ...reduction of the capacity of the economy in energy and resources, wide introduction into the production of energy-saving technologies, carried out in accordance with the target parameters of reducing energy consumption in economic sectors,..." one of the important issues is that the tasks are defined and considered to be one of the important issues in order to fulfill these tasks, in particular, to determine the optimal parameters of electricity networks, to carry out theoretical and scientific work to increase their reliability, and to receive appropriate recommendations for the design, construction, modernization and operation of Rural Electricity Networks.

Key words: economic interval, exploitation, accounting period, silage coefficient, long-term allowable load current, allowable discharge of voltage.

КИРИШ

Электр узатиш линиялари ўтказгичларини энг мақбул кўндаланг кесим юзасини танлаш муаммоси доимо бўлиб келган ва ҳозирги кунда бу муаммога катта эътибор



берилмоқда. Ушбу муаммони ҳал қилиш учун иқтисодий интерваллар усули кенг қўлланилади. Ушбу усулнинг назарий томонларини ривожлантириш академик Будзко И.А., Веников В.А., Левин М.С., Холмский В.Г., Блок В.Н., Ефентьев С.Н., Зуев Э.Н., Суворова И. А., Геркусов А.А., Фрайштетер В.П., Мартъянов А.С., Варыгина А.О., Федотов А.И.лар ва бошқа бир қатор тадқиқотчи олимларнинг асарларида ўз аксини топган [1,2,3,4,5,6,7,8,]. Бундан кейинги тадқиқотлар бу усулни ҳам назарий, ҳам амалий жиҳатдан асослаб берган ва такомиллаштирган. Сим ва кабеллар юкламалари учун иқтисодий интервалларининг мавжудлиги ва шартларни етарлиги [9] да кўрсатилган. Агар дастлаб юкламани иқтисодий интервали статик юклама учун аниқланган бўлса, кейин уларни аниқлаш жараёнида юкламани ўсиш динамикаси [10,11] ва электр узатиш линияларининг қайта қуриш имкониятлари ҳисобга олинган [11].

Бироқ шуни таъкидлаш керакки, асосан юкламаларнинг иқтисодий интерваллари ҳаво узатиш линияларининг симларини ҳисоблаш ва танлашда кенг фойдаланилган. Кабел линияларининг кўндаланг кесим юзаларини танлаш учун ҳозирги кунга қадар токнинг иқтисодий зичлиги кенг қўлланилиб келинмоқда, аммо бу энг кам умумий харажатлар шартига жавоб бермайди. Шу муносабат билан кабелларнинг кўндаланг кесим юзаларини танлаш учун юкламаларнинг иқтисодий интервалларини ва улар билан боғлиқ бўлган вазибаларни аниқлаш керак бўлди.

ТАДҚИҚОТ ОБЪЕКТИ ВА УСУЛЛАРИ

Юкламанинг иқтисодий интервалининг чегаралари қуйидаги шартдан аниқланади [12]:

$$Z_i = Z_{i+1} \quad (1)$$

бу ерда Z_i - F_i кўндаланг кесим юзали кабел линиясининг умумий харажати; Z_{i+1} - F_{i+1} кўндаланг кесим юзали кабел линиясининг умумий харажати.

Юкламаларнинг иқтисодий интервалларини аниқлашга келсак кабел линиялари учун умумий харажатлар қуйидагича аниқланади. Кабел линияларини қуришда капитал маблағлар одатда бир йил ичида амалга оширилади. Кабел линиясини ўтказиш қобилиятини ошириш учун уни реконструкция қилиш қийин ва хизмат муддати давомида мақсадга мувофиқ эмаслиги сабабли унга янги капитал харажатлар киритилмайди. Кабел линияларининг ушбу хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда ифодада кўрсатилган капитал харажат қуйидагича ёзилади:

$$E_M \sum_{t=1}^T K_t (1 + E_{MK})^{t-t} = E_M K \quad (2)$$

Бунда харажатлар эксплуатациянинг биринчи йилига киритилади деб қабул қиламиз яъни $\tau = 1$.

Капитал маблағлар ўзгармаслиги туфайли амортизация чиқимлари доимий бўлиб қолади, унда қуйидаги ифодани ёзишимиз мумкин:

$$\sum_{t=1}^T (U_{at} - U_{a(t-1)}) (1 + E_{MK})^{1-t} = U_{a1} = p_a K \quad (3)$$

Эксплуатация харажатлари кабелларнинг кўндаланг кесим юзасига боғлиқ эмас ва вақт ўтиши билан ўзгармайди. Шунинг учун юкламанинг иқтисодий интервалларини аниқлашда улар эътиборга олинмаслиги мумкин. Юкламаларнинг иқтисодий интервалларини аниқлашда электр узатиш линиялари узунлиги аҳамиятга эга эмас ва одатда 1 км деб қабул қилинади.

НАТИЖАЛАР ВА ТАҲЛИЛЛАР



Юқоридагиларни, шунингдек (2) ва (3) ифодаларни ҳисобга олган ҳолда электр узатиш линиясининг умумий харажатларини аниқлаш ифодасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$Z = (E_M + p_a)K \frac{U_H 10^{-5}}{U_H^2 \gamma F} \left[S_1^2 + \sum_{t=2}^T (S_t^2 - S_{t-1}^2) (1 + E_{MK})^{1-t} \right] \quad (4)$$

Қишлоқ жойлардаги кабел линияларининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари таҳлили шуни кўрсатдики, юкламаларнинг иқтисодий интервалларини мавжудлик шартларига мувофиқ кабелларнинг барча кесим юзалари иқтисодий интервалларига эга.

Агар кўриб чиқиладиган давр мобайнида юклама доимий бўлса ва вақт бўйича ўзгармаса, яъни

$$S_t = S_{t-1} = S$$

унда (4) га мувофиқ (1) ифодадаги Z_i ва Z_{i+1} қуйидаги кўринишни олади:

$$Z_i = (E_M + p_a)K_i + \frac{U_H S^2 10^{-5}}{U_H^2 \gamma F_i} \quad (5)$$

$$Z_{i+1} = (E_M + p_a)K_{i+1} + \frac{U_H S^2 10^{-5}}{U_H^2 \gamma F_{i+1}} \quad (6)$$

(1) шартга мувофиқ (5) ва (6) ифодаларни тенглаштириб ва олинган тенгламани юкламага нисбатан ечсак, биз юкламанинг ўсиш динамикасини ҳисобга олмайдиган ҳолат учун ўзаро боғланган кўндаланг кесим юзалари учун иқтисодий интервалларнинг чегараларини аниқлаш ифодасини топамиз.

$$S_{\text{чег}} = \sqrt{\frac{(E_M + p_a)(K_{i+1} - K_i)U_H^2 \gamma F_{i+1} F_i 10^5}{U_H (F_{i+1} - F_i)}} \quad (7)$$

(7) ифодада кўришиб турибдики, юкламанинг иқтисодий интерваллари чегараларини белгиладиган секторларни икки гуруҳга бўлиш мумкин: ўзгармас (доимий) ва ўзгарувчан. Биринчисига солиштирма ўтказувчанлик ва F_i ва F_{i+1} стандарт кўндаланг кесим юзалар киради. Доимий омиллар гуруҳига шартли равишда E_M - самарадорликни меъёрий коэффитциенти, p_a - амортизация чиқимларини меъёрий коэффиценти ва U_H - номинал кучланишни киритиш мумкин.

Юкламанинг иқтисодий интервалларига юкламанинг вақт бўйича ўзгариши мутлақо бошқача таъсир кўрсатади. Агар юкламанинг ўсиши ҳисобий даврнинг охиридаги қийматига нисбатан ифодаланган бўлса, унда иқтисодий юклама интервалларининг чегаравий қийматлари қуйидаги ифода билан аниқланиши мумкин [107].

$$S_{\text{чег}} = \sqrt{\frac{(E_M + p_a)(K_{i+1} - K_i)U_H^2 \gamma F_i F_{i+1} 10^5}{U_H (F_{i+1} - F_i)A}} \quad (8)$$

бу ерда A – юкламанинг ўсиш қонуниятларини аниқловчи коэффицент.

A коэффицентининг қиймати юклама ўсишининг экспоненциал, чизиқли, оддий ўзгартирилган экспоненциал қонуниятларига ва юкламанинг аррасимон тавсифига нисбатан мос равишда (10) – (15) ифодалар билан аниқланади.

Олинган (8) ифода шунга ўхшаш (7) ифодадан, юкламанинг ўсиш динамикасини ҳисобга олган ҳол учун, фақатгина $A^{-\frac{1}{2}}$ қисми билан фарқ қилади. Агар (7) ифода асос сифатида қабул қилинса, унда $A^{-\frac{1}{2}}$ ифодали қисми амалда иқтисодий юклама интерваллари чегарасининг нисбий қийматлари ҳисобланади. Биз уларни силжиш



коэффициентлари деб атаймиз ва уларни k_c орқали ифодалаймиз. Тадқиқот вақтида улар A нинг тегишли қийматига мос равишда қуйидагича аниқланади:

$$k_c = A^{-\frac{1}{2}} \quad (10)$$

$$A^{\text{Э}} = (1 + k_{\text{yc}})^{2(1-T)} + [1 - (1 - k_{\text{yc}})^{-2}] \sum_{t=2}^T (1 + k_{\text{yc}})^{2(t-T)} (1 + E_{\text{МК}})^{1-t} \quad (11)$$

$$A^{\text{Ч}} = (1 + k_{\text{yc}} T)^{-2} (1 + k_{\text{yc}})^2 + k_{\text{yc}} \sum_{t=2}^T (2 + 2k_{\text{yc}} t - k_{\text{yc}}) (1 + E_{\text{МК}})^{1-t} \quad (12)$$

$$A^{\text{МЭ}} = \left[1 - \left(1 - \frac{1}{k_T}\right)m\right]^2 + \sum_{t=2}^T \left\{ \left[1 - \left(1 - \frac{1}{k_T}\right)m^t\right]^2 - \left[1 - \left(1 - \frac{1}{k_T}\right)m^{t-1}\right]^2 \right\} \times (1 + E_{\text{МК}})^{1-t} \quad (13)$$

$$A^{\text{АЭ}} = (1 + k_{\text{yc}})^{2(t-\tau_M)} + [1 - (1 + k_{\text{yc}})^{-2}] \sum_{t=2}^{t_{p1}} (1 + k_{\text{yc}})^{2(t-t_{p1})} (1 + E_{\text{МК}})^{1-t} + [k_{\text{ТАК1}}^2 (1 + k_{\text{yc}2})^{2(t_{p1}-t_{p2}+1)} - 1] (1 + E_{\text{МК}})^{1-t_{p1}} + k_{\text{ТАК1}}^2 [1 - (1 + k_{\text{yc}})^{-2}] \sum_{t=t_{p1}+2}^{t_{p2}} (1 + k_{\text{yc}2})^{2(t-t_{p2})} (1 + E_{\text{МК}})^{1-t} + [k_{\text{ТАК2}}^2 (1 + k_{\text{yc}3})^{2(t_{p2}-T+1)} - k_{\text{ТАК1}}^2] (1 + E_{\text{МК}})^{1-t_{p2}} + k_{\text{ТАК2}}^2 [1 - (1 + k_{\text{yc}3})^{-2}] \sum_{t=t_{p2}+2}^T (1 + k_{\text{yc}3})^{2(t-T)} (1 + E_{\text{МК}})^{1-t} \quad (14)$$

$$A^{\text{АЧ}} = (1 + k_{\text{yc}1} t_{p1})^{-2} \left[(1 + k_{\text{yc}1})^2 + k_{\text{yc}1} \sum_{t=2}^{t_{p1}} (2 + 2k_{\text{yc}1} t - k_{\text{yc}1}) (1 + E_{\text{МК}})^{1-t} \right] + k_{\text{ТАК1}}^2 (1 + k_{\text{yc}2} t_{p2})^{-2} \{ [1 + k_{\text{yc}2} (t_{p2} + 1)]^2 (1 + E_{\text{МК}})^{-t_{p1}} + k_{\text{ТАК2}} \sum_{t=t_{p1}+2}^{t_{p2}} (2 + 2k_{\text{yc}2} t - k_{\text{yc}2}) (1 + E_{\text{МК}})^{1-t} \} + k_{\text{ТАК2}}^2 (1 + k_{\text{yc}3} T)^{-2} \times \{ [1 + k_{\text{yc}3} (t_{p2} + 1)]^2 (1 + E_{\text{МК}})^{-t_{p2}} + k_{\text{yc}3} \sum_{t=t_{p2}+2}^T (2 + 2k_{\text{yc}3} t - k_{\text{yc}3}) \times (1 + E_{\text{МК}})^{1-t} \} - (1 + E_{\text{МК}})^{-t_{p1}} [1 + k_{\text{ТАК1}}^2 (1 + E_{\text{МК}})^{t_{p1}-t_{p2}}] \quad (15)$$

Силжиш коэффициентини аниқлаш ифодаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, улар кабелларнинг кўндаланг кесим юасига боғлиқ эмас ва амалда юкланинги нисбий ўсиш коэффициенти (юклама ўсишининг карралиги) ҳамда ҳисобий давр билан аниқланади. A коэффициентидан фойдаланган ҳолда юклама ўсишининг ҳар қандай қонуниятини учун электр узатиш линиясининг умумий харажатлари ифодасини қуйидагича ёзиш мумкин.

$$Z_i = (E_M + p_a)(K_0 + kF_i) + \frac{U_{\text{и}} S_T^2 A 10^{-5}}{U_{\text{н}}^2 \gamma F_i} \quad (16)$$

Юклама ўсишининг турли хил қонуниятларини силжиш коэффициентларига таъсирини аниқлаш учун таққосланаётган вариантлар тенг бўлиши керак. Агар таққосланаётган ўсиш қонунлари юклама ўсишининг бир хил карралигини берса, унда таққослаш шартлари таъминланади. Шунинг учун юклама ўсишининг илгари келтирилган қонунларини ўсиш карралиги билан ифодалаш керак бўлади.



Экспоненциал ўсиш қонуни учун $t = T$ да юкламанинг ўсиш карралиги қуйидагича аниқланади:

$$k_T^{\text{э}} = \frac{S_T}{S_0} (1 + k_{\text{ўс}}^{\text{э}})^2 \quad (17)$$

Шунга ўхшаб юклама ўсишининг чизиқли қонуни учун

$$k_T^{\text{ч}} = \frac{S_T}{S_0} (1 + k_{\text{ўс}}^{\text{ч}})^2 \quad (18)$$

Агар юкламанинг ўсиш коэффициенти (17) ва (18) ифодалардан аниқланса, унда таққослаш шартлари бажарилади.

Юкламанинг берилган ўсиш карралиги:

$$k_{\text{ўс}}^{\text{э}} = \exp\left(\frac{\ln k_T}{T}\right) - 1 \quad (19)$$

$$k_{\text{ўс}}^{\text{ч}} = \frac{k_T - 1}{T} \quad (20)$$

Юкламани оддий ўзгартирилган экспоненциал қонуниятига мувофиқ ўсиши учун

$$\ln m = \frac{\ln 0,05 S_T - \ln(1,05 S_T - S_0)}{T}$$

ёки $k_T = S_T/S_0$ ни ҳисобга олган ҳолда,

$$\ln m = \frac{\ln 0,05 - \ln(1,05 - \frac{1}{k_T})}{T} \quad (21)$$

Юклама ўсишининг турли қонуниятларининг силжиш коэффициенти таъсирини ўрганиш учун тегишли ҳисоблар амалга оширилган. Ҳисоблаш натижалари 1-2 графикларда келтирилган.

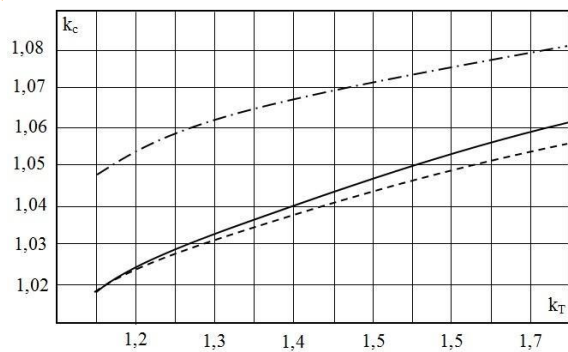
Силжиш коэффициентининг қиймати сезиларли даражада юкламанинг ўсиш қонунига, юкламанинг карралик ўсиш қийматига ҳамда ҳисобий давр T га боғлиқ бўлади.

Ҳисобий даврнинг давомийлиги силжиш коэффициентлари қийматига турлича таъсир кўрсатади. Юклама ўсишининг чизиқли қонуниятига ва ҳисобий даврнинг ҳар қандай давомийлигида силжиш коэффициенти экспоненциалга қараганда кам ва давомийлик T нинг ўсиб бориши билан улар орасидаги фарқ ошади.

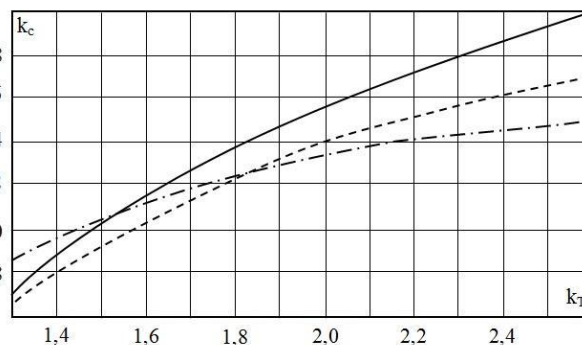
Бу фарқ юклама ўсиши карралигини ортиши билан ортади.

Оддий ўзгартирилган экспоненциалли қонунга биноан юкламанинг ўсиши ва ҳисобий даврнинг қисқа давомийлигида силжиш коэффициенти каттароқ бўлиб, ҳисобий даврнинг ошиши билан камаяди ва юкламанинг экспоненциалли ўсишига нисбатан кичикроқ бўлади. Юкламанинг каррали ўсиш ўзгаришига нисбатан силжиш коэффициентининг ўзгариш характеристикаси тахминан ҳисобий давр ўзгариши билан бир хил бўлади.

Юкламанинг аррасимон тавсифда ўзгаришидаги силжиш коэффициентларнинг таҳлили: уларнинг қиймати реконструкциялар орасидаги юкламаларнинг ўсиш қонуниятларига, юкламанинг ўсиш коэффициенти, юкламаларни тақсимлаш коэффициенти қийматига, реконструкция вақтига ва ҳисобий даврнинг давомийлигига боғлиқлигини кўрсатади.



а)



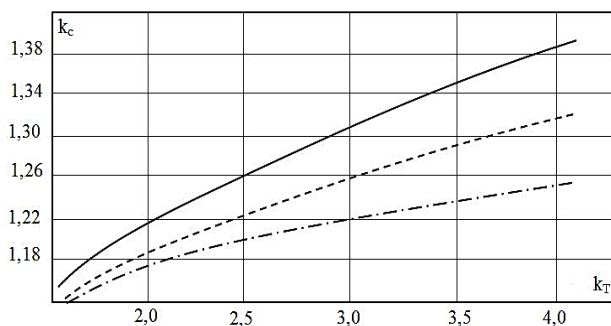
б)

1. График. а) $T = 5$ йил; б) $T = 10$ йил; учун силжиш коэффициентлари ўзгаришининг k_T га боғлиқлиги

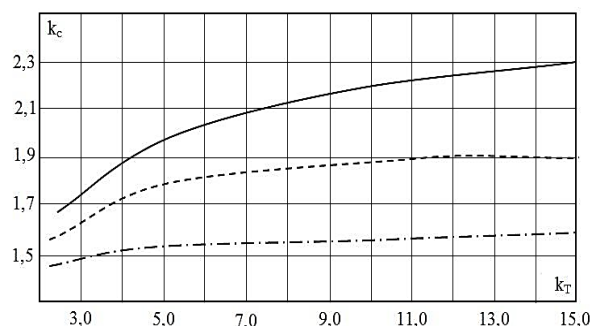
Таққосланадиган шароитларда $k_c^{\text{Э.ўс}}$ коэффициенти ҳар доим $k_c^{\text{ўс.ч}}$ дан каттароқ бўлади. Ўзгарувчан параметрларнинг кўплиги тегишли боғлиқликларни қуришга имкон бермайди.

Мумкин бўлган барча ҳолларда силжиш коэффициенти ҳар доим бирдан катта бўлади. Шундай қилиб, вақт ўтиши билан юкласи ўзгармайдиган линиялар учун кабелларнинг кўндаланг кесим юзаларини танлашда юкламаларни иқтисодий интервалларининг чегаралари ҳар доим юкласи ўзгарадиган линияларникидан катта бўлади.

— $k_c^{\text{Э}}$; --- $k_c^{\text{Ч}}$; - · - $k_c^{\text{МЭ}}$;



а)



б)

— $k_c^{\text{Э}}$; --- $k_c^{\text{Ч}}$; - · - $k_c^{\text{МЭ}}$;

2. График. а) $T = 15$ йил; б) $T = 30$ йил; учун силжиш коэффициентлари ўзгаришининг k_T га боғлиқлиги

Силжиш коэффициентининг юқори чегараси кабелдаги рухсат этилган юклама тоқлари билан чекланган. Агар узоқ муддатли рухсат этилган юклама тоқининг қийматини [13] тегишли кўндаланг кесим юзасига эга бўлган кабелларнинг, ўзгармас юкламалар ҳолати учун белгиланган иқтисодий интервалнинг юқори чегарасини олсак, техник жиҳатдан максимал рухсат этилган силжиш коэффициентларининг қийматларини оламиз. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, уларнинг қиймати 1,76 дан 4,47 гача ва кабелларнинг кўндаланг кесим юзаси ортиши билан рухсат этилган силжиш коэффициенти камаяди.



ХУЛОСА

Силжиш коэффициенти k_c қийматларининг таҳлили шуни кўрсатадики, экспоненциал қонуният бўйича юкларнинг йилига 12% га ошиши 20 йил бўлган ҳисобий давр учун унинг қиймати 1,735 ташкил этади. Шундай қилиб, узоқ муддатли рухсат этилган юкларга чекловлар динамикасини ҳисобга олган ҳолда юклар иқтисодий интерваллари бўйича кабелларнинг кўндаланг кесим юзларини танлашга деярли таъсир қилмайди.

Кучланишнинг рухсат этилган йўқотилиши бўйича чекловни ҳисобга олган ҳол янада мураккаброқ ҳисобланади. Иқтисодий юклар интерваллари ўшбу чекловни ҳисобга олмайди. Шунинг учун иқтисодий юклар интерваллари учун кабелларнинг кўндаланг кесим юзасини танлагандан сўнг рухсат этилган кучланиш исрофи бўйича танланган кўндаланг кесим юзасини текшириш шарт.

Шундай қилиб вақт бўйича юкларнинг ўзгаришини ҳисобга олмаган ҳолда юкларнинг иқтисодий интерваллари чегараларини аниқлаб ва иқтисодий интерваллари чегараларининг силжиш коэффициентларидан фойдаланиб юкларнинг ўсишининг ҳар қандай қонунияти учун иқтисодий интервалларнинг чегараларини аниқлаш мумкин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суворова И. А. Выбор сечений проводников и рациональных напряжений распределительных электрических сетей в современных условиях. Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Новочеркасск, 2015. – С. 91-121.
2. Геркусов А.А. Применение метода экономических интервалов при выборе сечений проводов с расщепленной фазой // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2017. - Том 23, №1. – С. 157-167. DOI: 10.18721/JEST.230115.
3. Фрайштетер В.П., Мартъянов А.С. Выбор экономически обоснованного сечения проводов и жил кабелей линий электропередачи при проектировании // Нефтяное хозяйство. - 2011. - №4. - С. 117-121.
4. Варыгина А.О., Савина Н.В. Развитие методов выбора сечений проводников и их адаптация к современным условиям. // Вестник АмГУ. - 2018. - Выпуск 81. – С. 50-54.
5. Федотов А.И., Геркусов А.А. Модернизация метода экономических интервалов при выборе сечений проводов воздушных линий электропередачи. // Проблемы энергетики. – 2003. - № 1-2. – С. 136-140.
6. Геркусов А. А. Анализ методик для выбора сечений проводов воздушных линий электропередачи // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, 2014, №3(202).– С.131-137.
7. Зуев Э.Н. Определение границ экономических токовых интервалов на основе минимума дисконтированных затрат // Вестник МЭИ. - 2000. - №4. – С. 75-77.
8. Ефентьев С.Н., Зуев Э.Н. Экономические токовые интервалы сечений проводов воздушных линий – вчера, сегодня, завтра // Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2005. – №3. – С. 43-48.
9. Ананичева С.С., Котова Е.Н. Проектирование электрических сетей: учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 164 с.
10. Ефентьев С. Н. Развитие методики технико-экономического анализа при выборе основных параметров электрических сетей с учетом неопределенности исходной информации: Дисс.канд. техн. наук. - М., 2004. – 135 с.
11. Зуев Э.Н., Ефентьев С.Н. Задачи выбора экономических целесообразных сечений проводов и жил кабелей. М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 83 с.
12. Taslimov A, Rakhimov F, Nematov L, Markaev N, Bijanov A and Yunusov R. Economic load intervals for selecting 10 kV cable cross sections for agricultural consumers// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) (doi:10.1088/1757-899X/883/1/012102).
13. Янукович Г.И. Расчёт линий электро-передачи сельскохозяйственного назначения. Учебн. пособие для студентов с. х. вузов. 2-е изд., доп. - Минск: БГАТУ, 2004. – 105 с.