



Elektr uzatish liniyalarining ko'ndalang kesim yuzalarini tanlash tahlili

Abduraxim D. Taslimov¹, Farrux M. Raximov², Feruz M. Raximov^{2,a)}

¹⁾ DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; ataslimov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2856-6287>

²⁾ PhD, dots., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, 210100, O'zbekiston; raximov-farrux@list.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8286-6163>

^{2,a)} ass, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, 210100, O'zbekiston; feruz.raximov.2017@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0008-6832-0509>

Dolzarbli: respublikamiz elektr energetikasini rivojlantirishda shunidek qishloq xo'jaligi va ishlab chiqarishni zarur miqdorda elektr energiyasi bilan ishonchli ta'minlashda elektr tarmoqlarining asosiy parametrlarini tanlash, zamonaviy yondashuvlardan foydalanish bo'yicha keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirish, jumladan elektr uzatish tarmoqlarini optimallashtirish, yangilash va ishonchligini oshirish usullarini ishlab chiqishda elektr uzatish liniyalari o'tkazgichlarini eng maqbul ko'ndalang kesim yuzasini tanlash muammosi dolzarb hisoblanadi. Bunday tashqari elektr tarmoqlarining optimal parametrlarini aniqlash, ularning ishonchligini oshirishda nazariy va ilmiy ishlarni olib borish hamda qishloq elektr tarmoqlarini loyihalash, qurish, modernizatsiya qilish va ishlatish bo'yicha tegishli tavsiyalar olish muhim masalalardan biri hisoblanmoqda. Ushbu muammoni muvaffaqiyatli hal qilish hamda istemolchilar elektr ta'minoti ishonchligini oshirish va uzatilayotgan elektr energiyasi sifatini oshirish uchun elektr uzatish liniyalari ko'ndalang kesim yuzasini iqtisodiy intervallar usuli asosida tanlashdir.

Maqsad: dinamik o'zgaruvchan yuklamali qishloq elektr tarmoqlarini ko'ndalang kesim yuzasini iqtisodiy intervallar usullaridan foydalanishni tahlil qilish va asoslash.

Usullari: iqtisodiy intervallar usuli hamda texnik iqtisodiy ko'rsatkichlarning qiyosiy tahlil usullaridan foydalaniladi.

Natijalar: dinamik o'zgaruvchan yuklamali qishloq elektr tarmoqlarini ko'ndalang kesim yuzasini tanlashda vaqt bo'yicha yuklamaning o'zgarishini hisobga olmagan holda yuklamaning iqtisodiy intervallari chegaralarini aniqlash zarur. Iqtisodiy intervallari chegaralarining siljish koeffitsiyentlaridan foydalanib yuklamaning o'sishining har qanday qonuniyati uchun iqtisodiy intervallarning chegaralarini aniqlash mumkin bo'ladi. So'ngra optimal ko'ndalang kesim yuzani tanlash bo'yicha qaror qabul qilinadi.

Kalit so'zlar: ko'ndalang kesim yuza, iqtisodiy interval, ekspluatatsiya, hisobiy davr, siljish koeffitsiyenti, uzoq muddatli ruxsat etilgan yuklama toki, kuchlanishning ruxsat etilgan yo'qotilishi, eksponensial qonun, modifikatsiyalangan eksponensial qonun, arrasimon eksponensial qonun, amortizatsiya xarajatlar.

For citation: Taslimov A.D.

Rakhimov F.M., Rakhimov F.M.

Analysis of the selection of cross-

sectional areas of power transmission

lines. Scientific and technical journal

of Problems of Energy and Sources

Saving, 2025, no. 2, pp. 137-144.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.16941677>

Received: 15.01.2025

Revised: 18.03.2025

Accepted: 12.05.2025

Published: 27.06.2025

Copyright: © Abdurakhim D.

Taslimov, Farrux M. Rakhimov,

Feruz, M. Rakhimov, 2025. Submitted

to Problems of Energy and Sources

Saving for possible open access

publication under the terms and condi-

tions of the Creative Commons Attri-

bution (CC BY) license ([https://](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

[creativecommons.org/licenses/by/](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

4.0/).

Анализ выбора сечения линий электропередачи

Абдурахим Д. Таслимов¹, Фаррух М. Рахимов², Феруз М. Рахимов^{2, а)}

¹⁾ DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; ataslimov@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-2856-6287>

²⁾ PhD, доц., Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, 210100, Узбекистан; raximov-farrux@list.ru <https://orcid.org/0000-0001-8286-6163>

^{2,a)} асс, Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, 210100, Узбекистан; feruz.raximov.2017@mail.ru <https://orcid.org/0009-0008-6832-0509>

Актуальность: В развитии электроэнергетики нашей республики, а также в надежном обеспечении сельского хозяйства и производства необходимым количеством электроэнергии, актуальной задачей считается выбор основных параметров электрических сетей с использованием современных подходов, а также реализация комплексных мер, таких как оптимизация, обновление и повышение надежности электрических передающих сетей. В частности, важной проблемой является выбор наиболее рациональной площади поперечного сечения проводов линий электропередачи. Кроме того, одной из приоритетных задач считается определение оптимальных параметров электрических сетей, проведение теоретических и научных исследований для повышения их надежности, а также разработка соответствующих рекомендаций по проектированию, строительству, модернизации и эксплуатации сельских электрических сетей. Успешное решение этой проблемы, повышение надежности электроснабжения потребителей и улучшение качества передаваемой электроэнергии возможно за счёт выбора площади поперечного сечения проводов линий электропередачи на основе метода экономических интервалов.

Цель: анализ и обоснование применения метода экономических интервалов для выбора сечения проводников сельских электрических сетей с динамически изменяющейся нагрузкой.

Методы: используются методы экономических интервалов, а также методы сравнительного анализа технико-экономических показателей.

Результаты: при выборе сечения сельских электрических сетей с динамически изменяющейся нагрузкой необходимо определить границы экономических интервалов нагрузки без учета её изменения во времени. При использовании коэффициентов смещения границ экономических интервалов становится возможным определение этих границ для любой закономерности роста нагрузки. Кроме того, на основе полученных данных принимается решение о выборе оптимального сечения.

Ключевые слова: сечение, экономический интервал, эксплуатация, расчётный период, коэффициент



сдвига, длительно допустимый ток нагрузки, допустимая потеря напряжения, экспоненциальный закон, модифицированный экспоненциальный закон, пилообразный экспоненциальный закон, пилообразный линейный закон, амортизационные расходы.

Analysis of the selection of cross-sectional areas of power transmission lines

Abdurakhim D. Taslimov¹, Farrukh M. Rakhimov², Feruz, M. Rakhimov^{2,a)}

¹⁾ DSc, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; ataslimov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2856-6287>

²⁾ PhD, assoc.prof, Navoi State Mining and Technology University, Navoi, 210100, Uzbekistan; rakhimov-farrux@list.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8286-6163>

^{2,a)} ass, Navoi State Mining and Technology University, Navoi, 210100, Uzbekistan; feruz.rakhimov.2017@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0008-6832-0509>

Relevance: In the development of the electric power industry of our republic, as well as in the reliable supply of the necessary amount of electric energy to agriculture and industry, the issue of selecting the main parameters of electrical networks, utilizing modern approaches, and implementing comprehensive measures—including optimizing, upgrading, and improving the reliability of power transmission networks—remains highly relevant. In particular, the problem of choosing the most optimal cross-sectional area of conductors for power transmission lines is of great importance. Furthermore, determining the optimal parameters of electrical networks, conducting theoretical and scientific research to enhance their reliability, and obtaining relevant recommendations for the design, construction, modernization, and operation of rural electrical networks are also critical issues. Successfully addressing this problem and improving the reliability of electricity supply to consumers, as well as enhancing the quality of transmitted electric energy, can be achieved by selecting the cross-sectional area of power transmission line conductors based on the economic interval method.

Aim: analysis and justification of the use of economic interval methods for selecting the cross-sectional area of rural power networks with dynamically varying loads.

Methods: the method of economic intervals and the comparative analysis methods of technical and economic indicators are used.

Results: when selecting the cross-sectional area of dynamically variable load rural power networks, it is necessary to determine the boundaries of economic load intervals without considering the time-based variation of the load. By using shift coefficients of the economic interval boundaries, it becomes possible to determine the boundaries of economic intervals for any law of load growth. Subsequently, a decision is made on selecting the optimal cross-sectional area.

Keywords: cross-section, economic interval, operation (or exploitation), calculation period, shift coefficient, long-term permissible load current, permissible voltage drop, exponential law, modified exponential law, sawtooth exponential law, sawtooth linear law, depreciation expenses.

1. Kirish (Introduction)

Elektr uzatish liniyalari uchun o'tkazgichlarning eng maqbul ko'ndalang kesim yuzasini tanlash masalasi har doim dolzarb bo'lib kelgan va bugungi kunda ham bu yo'nalishga katta e'tibor qaratilmoqda. Mazkur masalani yechishda iqtisodiy intervallar usulidan keng foydalanilmoqda. Bu usulning nazariy asoslari akademiklar Budzko I.A., Venikov V.A., Levin M.S., Xolmskiy V.G., Blok V.N., Yefentyev S.N., Zuyev E.N., Suvorova I.A., Gerkusov A.A., Fraysteter V.P., Martyanov A.S., Varьgina A.O., Fedotov A.I. va boshqa ko'plab olimlarning ilmiy ishlanmalarida yoritilgan [1,2,3,4,5,6,7,8]. Keyingi tadqiqotlar ushbu usulni nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham asoslab, uni yanada takomillashtirishga qaratilgan. Sim va kabellarning yuklamalari uchun iqtisodiy intervallar mavjudligi hamda ularning shartlari [9] manbasida batafsil ko'rsatilgan. Dastlab yuklamaning iqtisodiy intervallari statik yuklama sharoitida aniqlangan bo'lsa-da, keyingi bosqichlarda ularni aniqlash jarayonida yuklamaning o'sish dinamikasi [10,11] hamda elektr uzatish liniyalarini qayta qurish imkoniyatlari [11] hisobga olingan.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, yuklamalarning iqtisodiy intervallari asosan havo elektr uzatish liniyalaridagi simlarni hisoblash va tanlash amaliyotida keng qo'llanib kelgan. Shu bilan birga, kabel liniyalarining ko'ndalang kesim yuzasini tanlashda bugungi kungacha tokning iqtisodiy zichligi asosiy mezon sifatida ishlatiladi. Ammo ushbu usul minimal umumiy xarajatlar talabiga to'liq mos kelmaydi. Shu sababli, kabel o'tkazgichlari uchun ham yuklamalarning iqtisodiy intervallarini aniqlash va ularga mos masalalarni yechish zarurati paydo bo'ldi.

2. Materiallar va usullar (Methods and materials)

Yuklamaning iqtisodiy intervaliga tegishli chegaralar quyidagi ifoda asosida aniqlanadi [12]:

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



Bu yerda $3_i - F_i$ ko'ndalang kesim yuzasiga ega bo'lgan kabel liniyasi uchun umumiy xarajat; $3_{i+1} - F_{i+1}$ ko'ndalang kesim yuzasiga ega bo'lgan navbatdagi kabel liniyasi uchun umumiy xarajatni anglatadi.

Kabel liniyalari uchun yuklamalarning iqtisodiy intervallarini belgilash jarayonida umumiy xarajatlar quyidagi tartibda hisoblanadi. Amaliyotda kabel liniyasini qurish uchun zarur bo'lgan kapital mablag'lar odatda bir yillik muddat ichida to'liq ajratiladi. Kabel liniyasining uzatish quvvatini oshirish maqsadida uni qayta qurish texnik va iqtisodiy jihatdan murakkab bo'lib, foydalanish davrida bunday yechim ko'pincha maqbul bo'lmaydi. Shu sababli, xizmat muddati davomida kabel liniyasiga qo'shimcha kapital sarmoyalar kiritilishi rejalashtirilmaydi. Ushbu kabel liniyasiga xos bo'lgan xususiyatlardan kelib chiqib, formuladagi kapital xarajat quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

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

bu yerda: E_M - kapital qo'yilmalar samaradorligini ifodalovchi me'yoriy koeffitsiyent; K_t - t yilda ajratilgan kapital mablag' miqdori; E_{MK} - xarajatlarni turli vaqt nuqtalaridan yagona vaqtga keltirish uchun mo'ljallangan me'yoriy keltirish koeffitsiyenti; K - kapital mablag'; τ - xarajatlarni bir vaqtga keltirish yili bo'lib, barcha variantlar uchun bir xil hisoblanadi.

Bu holatda, barcha xarajatlar ekspluatatsiyaning birinchi yilida amalga oshiriladi, ya'ni $\tau=1$ deb hisoblanadi. Kapital qo'yilmalar o'zgarmas bo'lganligi sababli, amortizatsiya xarajatlari ham xizmat muddati davomida doimiy bo'lib qoladi. Shu asosda quyidagi ifodani yozish mumkin:

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

bu yerda U_{at} va $U_{a(t-1)}$ - mos ravishda t - yil hamda undan oldingi (t-1) yildagi liniyaning amortizatsiya bilan bog'liq xarajatlari; p_a esa - amortizatsiya xarajatlar uchun belgilangan me'yoriy koeffitsiyentni anglatadi.

Ekspluatatsiya bilan bog'liq xarajatlar kabel liniyasining ko'ndalang kesim yuzasiga bog'liq emas va vaqt o'tishi bilan o'zgarishga uchramaydi. Shu sababli, yuklamalarning iqtisodiy intervallarini aniqlashda bu turdagi xarajatlarni hisobga olish talab etilmaydi. Shuningdek, yuklamalarning iqtisodiy intervallarini belgilashda elektr uzatish liniyasining uzunligi muhim omil hisoblanmaydi va amaliyotda odatda 1 km deb qabul qilinadi.

Yuqorida keltirilgan fikrlar, shuningdek (2) va (3) formulalarga asoslanib, elektr uzatish liniyasining umumiy xarajatlarini aniqlash uchun quyidagi ifodadan foydalanish mumkin:

$$3 = (E_M + p_a) K \frac{U_H 10^{-5}}{U_H^2 \gamma F} \left[S_1^2 + \sum_{t=2}^T (S_t^2 - S_{t-1}^2) (1 + E_{MK})^{1-t} \right] ; \quad (4)$$

bu yerda $S_t, S_{(t-1)}$ - t va t-1 vaqtidagi yuklama kVA; U_H - nominal kuchlanish, kV; γ - tok o'tkazuvchi materialining solishtirma o'tkazuvchanligi, km/Om·mm²; F_i - o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi, mm²; U_H - elektr energiyasi isroflarini qoplash xarajatlari, so'm/(kVt·soat).

Qishloq hududlarida kabel liniyalarining texnik va iqtisodiy ko'rsatkichlarini o'rganish shuni ko'rsatdiki, yuklamalarning iqtisodiy intervallari mavjudlik shartlariga javob bergan holda, barcha ko'rib chiqilayotgan kabel kesim yuzalari uchun ham mavjuddir.

Agar tahlil qilinayotgan vaqt oralig'ida yuklama o'zgarmas bo'lib qolsa, ya'ni vaqtga bog'liq holda dinamik emas, balki doimiy bo'lsa, u holda:

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

unda (4) ga muvofiq (1) ifodadagi 3_i va 3_{i+1} quyidagi ko'rinishni oladi:

$$3_i = (E_M + p_a) K_i + \frac{U_H S^2 10^{-5}}{U_H^2 \gamma F_i} ; \quad (5)$$

$$3_{i+1} = (E_M + p_a) K_{i+1} + \frac{U_H S^2 10^{-5}}{U_H^2 \gamma F_{i+1}} . \quad (6)$$

(1) shart asosida (5) va (6) tengliklarni bir-biriga tenglashtirib, hosil bo'lgan tenglamani yuklama miqdoriga nisbatan yechish orqali, yuklamaning vaqt bo'yicha o'zgarishini hisobga olmagan holdagi holat uchun o'zaro bog'liq bo'lgan turli ko'ndalang kesim yuzalari orasida iqtisodiy intervallar chegaralarini aniqlovchi ifodani olish mumkin bo'ladi:

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

(7)-ifodadan ko'rinib turibdiki, yuklamaning iqtisodiy interval chegaralarini belgilovchi omillarni ikki asosiy toifaga ajratish mumkin: o'zgarmas (ya'ni doimiy) va o'zgaruvchan omillar. Doimiy omil-

lar tarkibiga solishtirma o'tkazuvchanlik, shuningdek, F_i va F_{i+1} kabi standart ko'ndalang kesim yuzalari kiradi. Ushbu o'zgarish omillar guruhiga shartli ravishda quyidagilarni kiritish mumkin: E_M - samaradorlikning me'yoriy koeffitsiyenti, p_a - amortizatsiya xarajatlari uchun belgilangan me'yoriy koeffitsiyent, va U_H - liniyaning nominal kuchlanishi.

Yuklamaning iqtisodiy intervallariga yuklamaning vaqt bo'yicha o'zgarishi mutlaqo boshqacha ta'sir ko'rsatadi. Agar yuklamaning o'sishi hisobiy davrning oxiridagi qiymatiga nisbatan ifodalangan bo'lsa, unda iqtisodiy yuklama intervallarining chegaraviy qiymatlari quyidagi ifoda bilan aniqlanishi mumkin:

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

bu yerda A - yuklamaning o'sish xarakterini ifodalovchi qonuniyatga mos koeffitsiyentdir. Ushbu A koeffitsiyentining aniq qiymati yuklamaning eksponensial, chiziqli, soddalashtirilgan eksponensial shakldagi o'sish qonuniyatlari yoki arrasimon o'zgarishiga qarab mos ravishda quyidagi (10) dan (15) gacha bo'lgan formulalar asosida aniqlanadi.

Olingan (8) - ifoda, yuklamaning o'sish dinamikasi inobatga olingan holat uchun, oldingi (7) - ifodaga o'xshash bo'lib, ular orasidagi farq faqat $A^{-1/2}$ koeffitsiyentida namoyon bo'ladi. Agar (7) - ifodani asosiy model sifatida qabul qilsak, unda $A^{-1/2}$ ko'rinishidagi ifoda amalda iqtisodiy yuklama intervallari chegarasining nisbiy qiymati sifatida talqin qilinadi. Ushbu nisbiy ko'rsatkichlar siljish koeffitsiyentlari deb ataladi va ular k_s belgisi orqali ifodalanadi. Tadqiqot davomida bu koeffitsiyentlar A ning mos qiymatlariga qarab quyidagicha aniqlangan:

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

$$A^E = (1 + k_{o's})^{2(1-T)} + \left[1 - (1 - k_{o's})^{-2}\right] \times \sum_{t=2}^T (1 + k_{o's})^{2(t-T)} (1 + E_{MK})^{1-t}; \quad (11)$$

$$A^{Ch} = (1 + k_{o's})^{-2} + (1 + k_{o's})^2 + \sum_{t=2}^T (1 + k_{o's})^{2(t-T)} (1 + E_{MK})^{1-t}; \quad (12)$$

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

$$\begin{aligned} A^{AE} = & (1 + k_{o's})^{2(t-\tau_M)} + \left[1 - (1 + k_{o's})^{-2}\right] \times \sum_{t=2}^{t_{r1}} (1 + k_{o's})^{2(t-t_{r1})} (1 + E_{MK})^{1-t} + \\ & + \left[k_{r1}^2 (1 + k_{o's2})^{2(t_{r1}-t_{r2}+1)} - 1 \right] \times (1 + E_{MK})^{1-t_{r1}} + \\ & k_{T1}^2 \left[1 - (1 + k_{o's})^{-2}\right] \sum_{t=t_{r1}+2}^{t_{r2}} (1 + k_{o's2})^{2(t-t_{r2})} (1 + E_{MK})^{1-t} + \left[k_{T1}^2 (1 + k_{o's3})^{2(t_{r2}-T+1)} - k_{T1}^2 \right] \times \\ & \times (1 + E_{MK})^{1-t_{r2}} + k_{T2}^2 \left[1 - (1 + k_{o's3})^{-2}\right] \sum_{t=t_{r2}+2}^T (1 + k_{o's3})^{2(t-T)} (1 + E_{MK})^{1-t}; \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} A^{ACh} = & (1 + k_{o's t_{r1}})^{-2} + \left[(1 + k_{o's1})^2 + k_{o's} \sum_{t=2}^{t_{r1}} (2 + 2k_{o's1}t - k_{o's1}) \times (1 + E_{MK})^{1-t} \right] + \\ & k_{T1}^2 (1 + k_{o's2} t_{r2})^{-2} \times \left\{ \left[1 + k_{o's2} (t_{r2} + 1)\right]^2 + (1 + E_{MK})^{-t_{r1}} + \right. \\ & \left. + k_{o's2} \sum_{t=t_{r1}+2}^{t_{r2}} (2 + 2k_{o's2}t - k_{o's2})(1 + E_{MK})^{1-t} \right\} + k_{T1}^2 (1 + k_{o's3} T)^{-2} \times \\ & \times \left\{ \left[1 + k_{o's3} (t_{r2} + 1)\right]^2 + (1 + E_{MK})^{-t_{r2}} + k_{o's3} \times \right. \\ & \left. \times \sum_{t=t_{r2}+2}^T (2 + 2k_{o's3}t - k_{o's3})(1 + E_{MK})^{1-t} \right\} - (1 + E_{MK})^{-t_{r1}} \left[1 + k_{T1}^2 (1 + E_{MK})^{t_{r1}-t_{r2}}\right]; \end{aligned} \quad 15$$

bu yerda A^E , A^{ME} , A^{AE} , A^{ACh} - mos holda eksponensial, modifikatsiyalangan eksponensial, arrasimon eksponensial va arrasimon chiziqli qonunlarda siljish koeffitsiyentlari; $k_{o's}$ - yuklamani o'sish koeffitsiyenti; m - yuklamaning dinamik o'sish koeffitsiyenti; k_r - yuklama o'sishining karralik koeffitsiyenti; t_{ri} - tarmoqni rekonstruksiya qilish vaqti; k_t - yuklamaning taqsimlash koeffitsiyenti.

Siljish koeffitsiyentlarini aniqlovchi ifodalarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, ushbu koeffitsiyentlar kabel liniyasining ko'ndalang kesim yuzasiga bog'liq emas. Ular, asosan, yuklamaning nisbiy



o'sish darajasi (ya'ni o'sishning necha baravarligi) hamda tanlangan hisobiy davrga qarab belgilanadi. A koeffitsiyentidan foydalanish orqali yuklama o'sishining istalgan qonuniyati uchun elektr uzatish liniyasi bo'yicha umumiy xarajatlar quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

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

Yuklama o'sishining turli xil qonuniyatlarining siljish koeffitsiyentlariga qanday ta'sir ko'rsatishini aniqlash uchun, taqqoslanayotgan variantlarning shartlari o'zaro teng bo'lishi lozim. Agar solishtirilayotgan o'sish qonunlari yuklama o'sishini bir xil karrada ifodalasa, taqqoslash uchun zaruriy sharoitlar yaratiladi. Shu sababli, ilgari bayon etilgan yuklama o'sish qonuniyatlarini o'sish karraliligi orqali ifodalash zarur bo'ladi.

Ayniqsa, eksponensial o'sish qonuniyati bo'yicha, $t=T$ bo'lgan holatda yuklamaning o'sish darajasi (karraliligi) quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$k_T^E = \frac{S_T}{S_0} (1 + k_{o's}^E)^2 . \quad (17)$$

bu yerda S_0 – boshlang'ich yuklama.

Shunga o'xshab yuklama o'sishining chiziqli qonuni uchun:

$$k_T^{Ch} = \frac{S_T}{S_0} (1 + k_{o's}^{Ch})^2 . \quad (18)$$

Agar yuklama o'sishining koeffitsiyenti (17) va (18) ifodalar yordamida aniqlansa, u holda taqqoslash uchun zarur bo'lgan shartlar bajarilgan hisoblanadi.

Berilgan yuklama o'sish o'sish karraligi quyidagicha ifodalanadi:

$$k_{o's}^E = \exp\left(\frac{\ln k_T}{T}\right) - 1 ; \quad (19)$$

$$k_{o's}^{Ch} = \frac{k_T - 1}{T} . \quad (20)$$

Yuklamani oddiy o'zgartirilgan eksponensial qonuniyatiga muvofiq o'sishi uchun:

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

yoki $k_T = S_T/S_0$ ni hisobga olgan holda:

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

3. Natijalar va muhokama (Results and discussion)

Yuklama o'sishining turli qonuniyatlari siljish koeffitsiyentiga qanday ta'sir ko'rsatishini aniqlash maqsadida tegishli hisob-kitoblar bajarildi. Ushbu hisob natijalari 1 va 2-rasmlarda grafik ko'rinishda tasvirlangan.

Siljish koeffitsiyentining qiymati asosan yuklama o'sishining tanlangan qonuniyatiga, o'sish karraliligi darajasiga va hisobiy davr T ning uzunligiga bevosita bog'liq bo'ladi.

Hisobiy davr davomiyligi turli qonuniyatlar uchun siljish koeffitsiyentlariga turlicha ta'sir ko'rsatadi. Masalan, agar yuklama chiziqli qonun asosida o'sayotgan bo'lsa, har qanday T qiymatida siljish koeffitsiyenti eksponensial o'sish holatiga nisbatan kichikroq bo'ladi. Hisobiy davr ortgani sari, ular orasidagi tafovut sezilarli darajada kengayadi. Bundan tashqari, yuklama o'sishining karraliligi oshgani sari bu farq ham ortadi.

Oddiy modifikatsiyalangan eksponensial qonun asosida yuklama qisqa davr ichida tez o'sadi va bu holatda siljish koeffitsiyenti yuqori bo'ladi. Biroq hisobiy davr cho'zilgani sari ushbu koeffitsiyent kamayadi va klassik eksponensial o'sishga qaraganda pastroq bo'ladi.

Shuningdek, yuklamaning karrali o'sishiga nisbatan siljish koeffitsiyentining o'zgarish tendensiyasi, deyarli, hisobiy davrning o'zgarishi bilan bir xil yo'nalishda kuzatiladi.

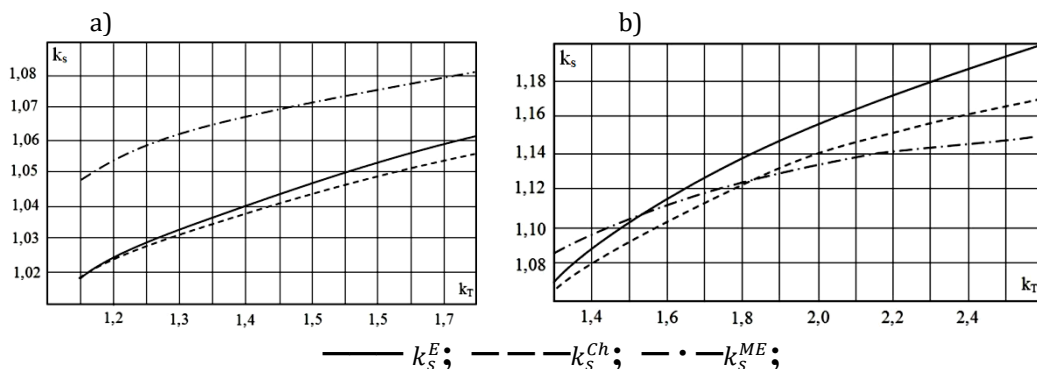
Yuklama arrasimon shaklda o'zgarish holatlarda siljish koeffitsiyentlari tahlili shuni ko'rsatadiki, ularning qiymatlari bir necha omillarga bog'liq bo'ladi. Ular orasida rekonstruksiya oralig'ida kuzatiladigan yuklama o'sish qonuniyatlari, yuklamaning o'sish koeffitsiyenti, yuklamalarni taqsimlash darajasi, qayta qurish vaqti hamda hisobiy davrning davomiyligi muhim ahamiyat kasb etadi.

Taqqoslash imkonini beruvchi bir xil sharoitlarda, $k^{e.o's}$ (eksponensial o'sishga mos siljish

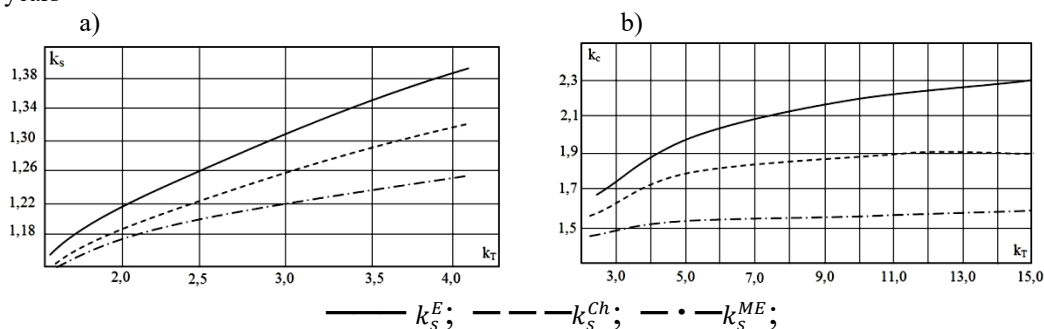
koefitsiyenti) har doim $k^{ch.o's}$ (chizqli o'sish holatidagi koefitsiyent) dan yuqori bo'ladi. Parametrlarning o'zgaruvchanligi juda keng bo'lgani sababli, ularning orasidagi qat'iy bog'liqlikni aniq ifodalovchi tenglama yoki grafik qurish imkoniyati mavjud emas.

Shunga qaramay, barcha ehtimoliy holatlarda siljish koefitsiyenti birdan katta bo'lib qoladi. Buning natijasida, yuklamasi vaqt davomida o'zgaraydigan elektr uzatish liniyalari uchun tanlanadigan kabelning ko'ndalang kesim yuzasi doimo yuklamasi o'zgaruvchan bo'lgan liniyalar uchun hisoblangan kesim yuzasidan kattaroq bo'ladi.

Siljish koefitsiyentining eng yuqori qiymati kabel orqali uzatishga ruxsat etilgan maksimal tok bilan chegaralanadi. Agar uzoq muddatli ishlash uchun ruxsat etilgan tok miqdori [13] manbada berilgan mos keluvchi ko'ndalang kesim yuzasiga ega kabel uchun, doimiy yuklama holatida aniqlangan iqtisodiy intervalning yuqori chegarasi sifatida olinadigan bo'lsa, u holda texnik jihatdan mumkin bo'lgan eng katta siljish koefitsiyenti qiymatlarini aniqlash mumkin bo'ladi.



1-rasm. Grafik: a) T=5 yil; b) T=10 yil; uchun siljish koefitsiyentlari o'zgarishining k_T ga bog'liqligi
Fig.1. The dependence of the change in the displacement coefficients on k_T for a) T=5 years; b) T=10 years



2-rasm. Grafik a) T=15 yil; b) T=30 yil; uchun siljish koefitsiyentlari o'zgarishining k_T ga bog'liqligi
Fig.2. Graph of the change in the displacement coefficients as a function of k_T for a) T=15 years; b) T=30 years

Olib borilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, bunday koefitsiyentlarning qiymati 1,76 dan 4,47 gacha oraliqda bo'lishi mumkin. Shuningdek, kabelning ko'ndalang kesim maydoni oshgan sari, ruxsat etilgan siljish koefitsiyenti pasayish tendensiyasiga ega bo'ladi.

4. Xulosa (Conclusion)

Siljish koefitsiyenti k_s qiymatlarining tahlili shuni ko'rsatadiki, eksponensial qonuniyat bo'yicha yuklamaning yiliga 12% ga oshishi 20 yil bo'lgan hisobiy davr uchun uning qiymati 1,735 tashkil etadi. Shunday qilib, uzoq muddatli ruxsat etilgan yuklamarga cheklovlar dinamikasini hisobga olgan holda yuklama iqtisodiy intervallari bo'yicha kabellarning ko'ndalang kesim yuzalarini tanlashga deyarli ta'sir qilmaydi.

Kuchlanishning ruxsat etilgan yuqotilishi bo'yicha cheklovni hisobga olgan hol yanada murakkabroq hisoblanadi. Iqtisodiy yuklama intervallari o'shbu cheklovni hisobga olmaydi. Shuning uchun iqtisodiy yuklama intervallari uchun kabellarning ko'ndalang kesim yuzasini tanlagandan so'ng ruxsat etilgan kuchlanish isrofi bo'yicha tanlangan ko'ndalang kesim yuzasini tekshirish shart.

Shunday qilib vaqt bo'yicha yuklamaning o'zgarishini hisobga olmagan holda yuklamaning iqtisodiy intervallari chegaralarini aniqlab va iqtisodiy intervallari chegaralarining siljish koefitsiyentlaridan foydalanib yuklamalarning o'sishining har qanday qonuniyati uchun iqtisodiy intervallarning chegaralarini aniqlash mumkin.



ADABIYOT

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., Мартьянов 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: Дис... 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) 012102 IOP Publishing (doi:10.1088/1757-899X/883/1/012102).
13. Янукович Г.И. Расчёт линий электропередачи сельскохозяйственного назначения. Учебн. пособие для студентов с. х. вузов. 2-е изд., доп. - Минск: БГАТУ, 2004. – 105 с.

REFERENCES

1. I.A. Suvorova. Choice of cross-sections of conductors and rational voltages of distribution electrical networks in modern conditions. Dissertations for the degree of candidate of technical sciences. – *Novocherkassk*. p. 91-121. (2015). (In Russ).
2. A.A. Gerkusov, Application of the method of economic intervals in choosing wire sections with a split phase. *St. Petersburg polytechnic university journal of engineering sciences and technology*, Vol. 23, №1 p. 157-167, (2017) DOI: 10.18721/JEST.230115. (In Russ).
3. Freishteter V.P., Martyanov A.S. Choice of an economically justified cross-section of wires and cable cores of power transmission lines during design. *Neftyanoye Khozyaistvo*. - №. 4. - p. 117-121. (2011). (In Russ).
4. Varygina A.O., Savina N.V. Development of methods for selecting conductor cross-sections and their adaptation to modern conditions. *Bulletin of AmSU*. -. - Issue 81. - p. 50-54. (2018). (In Russ).
5. Fedotov A.I., Gerkusov A.A. Modernization of the method of economic intervals in the selection of cross-sections of wires of overhead power lines. *Energy problems*. - №. 1 - p 136-140. (2003). (In Russ).
6. Gerkusov A. A. Analysis of methods for selecting the cross-sections of wires of overhead power lines. *Scientific and technical statements of the St. Petersburg State Polytechnic University*. - No. 3 (202). - p. 131-137. (2014). (In Russ).
7. Zuev E.N. Determining the boundaries of economic current intervals based on the minimum of discounted costs. *Vestnik MPEI*. - No. 4. - p. 75-77. (2000). (In Russ).
8. Efentiev S.N., Zuev E.N. Economic current intervals of wire cross-sections of overhead lines - yesterday, today, tomorrow. *Electrical engineering, electric power industry, electrical industry*. No. 3. - p. 43-48. (2005). (In Russ).



9. Ananicheva S.S., Kotova E.N. Design of electrical networks: a tutorial. - Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta, - p. 100-110. (2017). (In Russ).
10. Efentev S. N. Development of the technique of technical and economic analysis when choosing the main parameters of electrical networks, taking into account the uncertainty of the initial information: Dis... cand. tech. Sciences. Moscow. p. -85-88. (2004).
11. Zuev E.N. Determination of the economic current density based on the criterion of minimum discounted costs. Bulletin of MPEI. No. 3, p. 59-61. (2000). (In Russ).
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) 012102 IOP Publishing (doi:10.1088/1757-899X/883/1/012102).
13. Yanukovych G.I Calculation of power lines for agricultural purposes. Textbook for students of agricultural universities. 2nd ed., add. - Minsk: BGATU, - p 88-92. (2004). (In Russ).